

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

СБОРНИК ТРУДОВ  
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(БП И СОТ «ВИТЯЗЬ» – БП И СОТ «ЛИМАНЧИК»,  
22-23 ОКТЯБРЯ 2020 г.)

РОСТОВ-НА-ДОНУ – ТАГАНРОГ

2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»

Институт наук о Земле

Кафедра физической географии, экологии и охраны природы  
НОЦ «Глобальные и региональные географо-экологические исследования и инновационные технологии»

Российско-французская международная ассоциированная лаборатория  
«Трансформация загрязняющих веществ в аквальных экосистемах и оценка их уязвимости»

Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»



## **«Экологические проблемы. Взгляд в будущее»**

Сборник трудов

IX Международной научно-практической конференции

(БП и СОТ «Витязь» – БП и СОТ «Лиманчик»,  
22-23 октября 2020 г.)

Под редакцией профессора Ю. А. Федорова

*Посвящается 105-летнему юбилею Южного федерального университета  
Посвящается 105-летнему юбилею кафедры физической географии, экологии и охраны  
природы*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
2020

УДК 574+504 (063)

ББК 20.1+26 я43

Э40

**Редакционная коллегия:**

Ю. А. Федоров (ответственный редактор). М. А. Боровская,  
А. Н. Кузнецов, П. Фатгаль, В. Т. Богучарсков, С. А. Бузмаков, Д. Н. Гарькуша,  
С. А. Добролюбов, И. В. Доценко, А. А. Зимовец, В. Н. Зырянов, К. Кабанн,  
Н. С. Касимов, В. Б. Коробов, П. М. Лурье, Т. М. Минкина, А. В. Михайленко,  
О. В. Назаренко, А. Э. Овсепян, В. А. Савицкий, В. И. Чепурная,  
К. В. Чистяков, В. П. Шевченко

Э40 **Экологические проблемы. Взгляд в будущее** [Электронный ресурс]: сб. трудов IX Международной научно-практической конференции (БП и СОТ «Витязь» – БП и СОТ «Лиманчик», 22–23 октября 2020 г.) / Южный федеральный университет / ; под ред. Ю. А. Федорова. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 7,13 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Системные требования: процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше, 1 Гб оперативной памяти, Windows 7 SP1, Windows 8, 8.1, Windows 10 (32- и 64-разрядные версии), Acrobat Reader DC, привод DVD-ROM. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-9275-3616-0

В настоящем издании представлены работы, посвященные изучению современного состояния и развития водных и наземных природных и природно-техногенных комплексов в условиях хозяйственной деятельности человека. Важное место среди них занимают исследования биогеохимических особенностей миграции, аккумуляции и трансформации органических и неорганических поллютантов в поверхностных и подземных водах, донных отложениях, почвах и живых организмах. Особое внимание уделено социально-экономическим аспектам экологии, а также вопросам экологического воспитания и образования. Наряду с работами известных ученых, в сборнике традиционно широко представлены научные исследования студентов и аспирантов.

Сборник трудов конференции рассчитан на ученых, преподавателей, аспирантов, магистрантов и обучающихся бакалавриата, специализирующихся в различных областях науки, связанных с экологией, охраной окружающей среды и природопользованием.

Труды конференции публикуются в авторской редакции.

**ISBN 978-5-9275-3616-0**

УДК 574+504 (063)

ББК 20.1+26 я43

© Южный федеральный университет, 2020

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"Southern Federal University"

Institute of Earth Sciences

Department of Physical Geography, Ecology and Nature Protection  
REC "Global and Regional Geographical and Environmental Research  
and Innovation"

International Russian-French associated laboratory "Transformation of Pollutants in the  
Aquatic Ecosystems and their Vulnerability Assessment"

Non-governmental organization "Russian Geographical Society



## "Ecological Problems. A Look into the Future"

Proceedings  
of the IX International Scientific and Practical Conference

(recreation center "Vityaz" – recreation center "Limanchik", 22-23 October 2020)

Edited by Professor Yu.A. Fedorov

Dedicated to the 105th Anniversary of the Southern Federal University  
Dedicated to the 105th Anniversary of the Department of Physical Geography,  
Ecology and Nature Protection

Rostov-on-Don – Taganrog  
2020

**Editorial board:**

Yu.A. Fedorov (editor-in-chief), M.A. Borovskaya, A.N. Kuznetsov,  
P. Fattal, V.T. Bogucharskov, S.A. Buzmakov, D.N. Gar'kusha, S.A. Dobrolyubov,  
I.V. Dotsenko, A.A. Zimovets, V.N. Zyryanov, C. Cabanne, N.S. Kasimov,  
V.B. Korobov, P.M. Lourie, T.M. Minkina, A.V. Mikhaylenko, O.V. Nazarenko,  
A.E. Ovsepyan, V.A. Savitskiy, V.I. Chepurnaya, K.V. Chistyakov, V.P. Shevchenko

**Ecological Problems. A Look into the Future** [digital resource]: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference (recreation center “Vityaz” – recreation center “Limanchik”, 22-23 October 2020) / Southern Federal University / ed. by Yu.A. Fedorov. – Rostov-on-Don – Taganrog: Publishing House of Southern Federal University, 2020. – Digital textual data. (1 file: 7,13 Mb). – 1 compact disk, recordable (CD-R). – Requirement: Intel® or AMD processor; 1.5GHz or faster processor, 1GB of RAM, Windows 7 SP1, Windows 8, 8.1, Windows 10 (32- and 64-bit), Acrobat Reader DC, DVD-ROM-drive.

ISBN 978-5-9275-3616-0

The present edition contains scientific papers devoted to the study of the current state and evolution of aquatic and terrestrial natural and technogenically modified systems under the anthropogenic influence. The investigations of biogeochemical peculiarities of organic and inorganic pollutants' migration, accumulation and transformation in the surface and underground waters, bottom sediments, soils and living organisms are of particular consideration. Much attention is also given to the social and economic aspects of ecology as well as to the issues of ecological education. The proceedings traditionally contain not only the works of well-known scientists, but also an important number of scientific papers of graduate and postgraduate students.

The proceedings of the conference are intended for the scientists, teachers and students who specialize in different fields of science dealing with ecology, environment protection and management.

The papers are published in the authors' versions.

**ISBN 978-5-9275-3616-0**

## Содержание

<b>Предисловие</b> .....	29
<i>Антипов А. В.</i> Влияние искусственного интеллекта на социально-экономические исследования .....	31
<i>Анциферова Г. А., Русова Н. И.</i> Трансформация природных водоемов на особо охраняемых территориях.....	34
<i>Ахсалба А. К., Марандиди С. И., Эжба Я. А.</i> Исследование влияния температуры поверхности Черного моря на обмен углекислым газом с атмосферой.....	38
<i>Бакаева Е. Н., Тарадайко М. Н., Зубков Е. А.</i> Применение фитотестирования для оценки токсичности грунтовых вод .....	42
<i>Баранникова Н. Н., Федоров Ю. А., Лулудов Н. И.</i> Физико – химическая характеристика грязевых отложений туралинских озёр Республики Дагестан .....	46
<i>Барахов А. В., Лобзенко И. П., Черникова Н. П., Дудникова Т. С., Бурачевская М. В., Манджиева С. С., Минкина Т. М.</i> влияние диатомита на подвижность Си в сочетании загрязненном черноземе .....	52
<i>Баскакова А. Г., Куропан С. А.</i> Экологическая оценка качества речных вод территории донского бассейна .....	57
<i>Беспалова А. И., Таловская А. В., Язиков Е. Г.</i> Оценка уровня пылевого загрязнения снегового покрова на территории горно-обогатительного комбината (Республика Хакасия) .....	61
<i>Бесчетников В. В., Бауэр Т. В., Черкасова С. О., Цицуашивили В. С., Минкина Т. М., Манджиева С. С.</i> Сравнительная оценка термической стабильности углеродистых и минеральных сорбентов .....	66
<i>Битюкова В. Р.</i> Влияние топливной энергетики на состояние атмосферы городов России .....	71
<i>Будаева Ю. С., Таловская А. В.</i> Экологическая оценка городской территории на основе изучения техногенных частиц в снеговом покрове (на примере г. Юрга, Кемеровская область) .....	76
<i>Бузмаков С. А., Сивков Д. Е., Санников П. Ю., Дзюба Е. А.</i> Материалы комплексного экологического обследования участка территории, на котором предполагается создание особо охраняемой природной территории «Рассохинское болото».....	82
<i>Бузмаков С. А.</i> Устойчивое Развитие И Региональная Сеть Оопт .....	86
<i>Булавина Е. В.</i> Многолетняя Динамика Продолжительности И Устойчивости Холодного Периода В Г. Вологде .....	90
<i>Бурачевская М. В., Бауэр Т. В., Цицуашивили В. С., Лобзенко И. П., Барахов А. В., Погоньшев П. Д., Минкина Т. М.</i> Инактивация меди в черноземе обыкновенном при внесении биочаров, полученных из разного сырья .....	94

<i>Бучельников В. С., Таловская А. В., Язиков Е. Г., Тентюков М. П.</i> Эколого-минералогическая характеристика аэрозоля на фоновой и городской территории по данным послойного изучения снегового покрова (Томская область) .....	99
<i>Бычков О. А.</i> Рекомендации по проведению геоэкологических исследований и организации системы мониторинга на катыльгинском нефтяном месторождении Томской области.....	103
<i>Ваганов С. С., Блинов С. М.</i> Формирование режима заповедной части р. Вишеры за счет субаквальной разгрузки подземных вод .....	107
<i>Верех-Белоусова Е. И.</i> К вопросу негативного влияния породных отвалов угольных шахт Луганщины на прилегающие ландшафты .....	113
<i>Вовженяк И. С.</i> Декоративные растения в ландшафтно-архитектурной организации острова Русский (Приморский край).....	116
<i>Войтенкова Н. Н.</i> Проектно-исследовательская работа студентов в рамках подготовки специалиста-эколога .....	120
<i>Володина Д. А., Таловская А. В.</i> Изучение загрязнения снегового покрова в зоне влияния цементных заводов юга западной сибери .....	123
<i>Гаевая Э. А., Безуглова О.С.</i> Эрозия почвы в ростовской области и влияющие на нее факторы .....	128
<i>Галкина Е. С.</i> Анализ многолетней изменчивости стока взвешенных наносов рек Дона.....	133
<i>Галушин Д. А., Громов С. А., Жадановская Е. А., Авдеев С. М.</i> Сравнение методов пространственной интерполяции в геоинформационной системе QGIS для исследования распределения выпадения кислотных осадков .....	138
<i>Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Дмитрик Л. Ю.</i> Оценка отдельных элементов баланса метана в Черном море.....	143
<i>Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А.</i> Влияние ионного состава и солености (минерализации) вод на концентрации метана в водных экосистемах .....	151
<i>Гатина Е. Л.</i> Современное состояние охраняемых видов растений на территории охраняемого ландшафта регионального значения «нижневишерский».....	161
<i>Гоммерштадт О. М.</i> Изменение влияния наземного городского общественного транспорта на экологическую обстановку после внедрения электробусов (на примере г. Москвы).....	167
<i>Гордеев В. В., Стародымова Д. П.</i> Редкоземельные элементы в воде и взвеси северной дрины по данным 4-х лет исследований .....	172
<i>Гордеев В. В., Стародымова Д. П.</i> Классификация вод по содержанию АТФ в микропланктоне .....	177
<i>Григорьев И. И.</i> Возможности использования беспилотного летательного аппарата в эколого-географических исследованиях .....	182
<i>Гудкова Н. К.</i> Риски загрязнения и деградации водных экосистем, связанные с наличием геохимических аномалий в сочинском регионе.....	187

<i>Гусев А. П., Соколов А. С.</i> Характеристики островных лесов из <i>acer negundo</i> и <i>robinia pseudoacacia</i> в сельскохозяйственном ландшафте юго-востока Белоруссии .....	192
<i>Даниленко А. О., Давыдова Н. И.</i> Многолетняя динамика среднегодовых концентраций нефтепродуктов по длине р. Лена .....	196
<i>Дацык Н. А., Аннинский Б. Е., Финенко Г. А.</i> Зоопланктон глубоководных районов Чёрного моря в осенний период 2019 г .....	201
<i>Дега Н. С., Каракетов И. К.</i> Геоэкологическая оценка поверхностных вод реки Маруха Карачаево-Черкесской республики .....	206
<i>Дёмина Л. Л., Клювиткин А. А., Соломатина А. С.</i> Тяжелые металлы в вертикальных потоках осадочного вещества в северо-западной части Черного моря .....	211
<i>Дзюба Е. А.</i> Загрязнение почв макро- и микроэлементами на территории нефтяных месторождений Пермского края .....	215
<i>Доценко Н. В., Головков И. В., Станиславский К. С., Савицкий В. А.</i> Аналитический обзор ретроспективных исследований озер Малый Лиман и Абрау .....	221
<i>Дудникова Т. С., Сушкова С. Н., Минкина Т. М., Антоненко Е. М., Барбашев А. И.</i> Содержание полиаренов в растениях семейства мятликовые, произрастающих на территории многолетнего техногенного воздействия .....	235
<i>Ерохин В. Е., Гордиенко А. П.</i> Пути использования некондиционной по размеру мидии при сборе урожая на марихозяйствах России .....	239
<i>Жагина С. Н., Низовцев В. А., Светлосанов В. А., Пахомова О. М., Кудин В. Н.</i> Развитие туризма в Архангельской и Мурманской области и его влияние на экономику регионов после катастрофического воздействия – пандемии COVID-19 .....	245
<i>Жолудева И. Д.</i> Влияние угледобычи на популяцию степной растительности .....	250
<i>Журавлева О. В., Каранин А. В., Сухова М. Г.</i> Лавинная опасность муниципальных образований Республики Алтай .....	256
<i>Журавлева Е. А.</i> Особенности развития лечебно-оздоровительного туризма в Алтайском крае .....	261
<i>Зинченко В. В., Антоненко С. А., Федоренко Е. С., Лобзенко И. П., Горовцов А. В., Минкина Т. М.</i> Динамика нитрификационной активности лугово-черноземных почв поймы реки Северский Донец при внесении штаммов спорообразующих бактерий и биочара разной температуры пиролиза .....	266
<i>Зубкова П. С., Мовчан В. Н.</i> Сравнительная оценка экологических рисков для здоровья населения промышленных городов России .....	271
<i>Иванова Н. С.</i> Изменение некоторых метеорологических показателей за период с 2009 по 2019 гг. на территории г. Ростова-на-Дону .....	277
<i>Игнатов О. Р., Черных В. И.</i> Использование системного подхода при решении природоохранных задач .....	282
<i>Исламов Д. Ф.</i> Карстово-суффозионные процессы на полуострове Крым и причины его возникновения .....	286



<i>Караев Ю. И., Хосаев Х. С.</i> Глобальные геопарки ЮНЕСКО как оптимальная форма воплощения на практике концепции ООН устойчивое развитие в условиях горных территорий .....	291
<i>Карначевский А. М., Леднев С. А., Семенов И. С., Шаранова А. В., Королева Т. В.</i> использование снимков landsat для выявления пирогенно-трансформированных ландшафтов в Карагандинской области Казахстана .....	297
<i>Карпова Я. В.</i> Оценка состояния древесной растительности парковых зон г. Ростова-на-Дону .....	303
<i>Кассал Б. Ю.</i> Фауна гусей (anserinae), лебедей (cygninae) и пеганок (tadorninae) Омской обл. ....	306
<i>Кассал Б. Ю.</i> Волк, как регулятор численности хищных зверей в Омской области .....	310
<i>Кассал Б. Ю.</i> Позвоночные гидробионты среднего Иртыша .....	316
<i>Кассал Д. Б., Кассал Б. Ю.</i> Речная экспедиция «Омск – Салехард»: итоги изучения авифауны .....	321
<i>Китаев А. Б.</i> Оценка пространственно-временных изменений расходов воды в Камском водохранилище с использованием гидравлико-морфологического метода расчета .....	326
<i>Клюев Н. Н.</i> Изменения территориальной организации хозяйства в постсоветской России и их экологические последствия .....	332
<i>Кожухарь Т. А.</i> Оценка техногенных воздействий на окружающую среду при проведении реконструкции Чемальской ГЭС (Республика Алтай) и мероприятия по защите окружающей среды .....	337
<i>Коломина К. Н., Устинов Н. И.</i> Сельские агломерации как форма устойчивого развития.....	343
<i>Комаров Р. С.</i> Динамика стока рек Лаба и Белая (притоки реки Кубань) .....	346
<i>Комарчев Д. А., Красовская Т. М.</i> Сравнительная характеристика экосистемных услуг зеленой инфраструктуры городов умеренного и субарктического поясов.....	351
<i>Конюхова М. А.</i> Типология субъектов Российской Федерации по степени милитаризации.....	356
<i>Коробов В. Б., Шевченко В. П.</i> Исследование геоэкологических условий прибрежной зоны восточной части белого моря институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН.....	361
<i>Костенко С. С.</i> Социально-экономические выгоды рекультивации северной свалки города Ростова-на-Дону .....	366
<i>Котова Е. И., Коробов В. Б.</i> Влияние морского аэрозоля на состав снега прибрежной зоны западного сектора арктических морей .....	371
<i>Кравченко Е. Н., Лютенко Т. Ю., Маева С. Г.</i> Создание операционных баз данных и подготовка алгоритмов 3d модели стратиграфических подразделений Приднестровья .....	375
<i>Кравченко Е. Н., Маева С. Г.</i> Стратиграфические подразделения палеогена нижнего Приднестровья.....	380

<i>Кречетов П. П., Королева Т. В., Шарпова А. В., Семенков И. Н., Леднев С. А.</i> Механизмы буферной емкости почв к воздействию керосина .....	385
<i>Кузнецов А. Н., Федоров Ю. А., Фатталъ П., Фабри Л., Рязанцева И. А., Кузнецова Е. В.</i> Самоочищение морских побережий, загрязненных мазутом: результаты многолетних наблюдений, моделирование и картографирование .....	388
<i>Кузьмич В. Н., Янин Е. П., Иваницкий О. М. О региональных нормативах качества поверхностных пресных вод, устанавливаемых для химических показателей в границах бассейновых округов с учетом геохимических особенностей территорий .....</i>	394
<i>Кулакова С.А., Зайцев А. А.</i> К вопросу реконструкции объектов общего пользования (на примере липовой аллеи в г. Перми) .....	399
<i>Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я.</i> Оценка качества воды в карстовом озере Чваниха Кировской области по химическим показателям .....	403
<i>Кучкина А. А.</i> Распространение тростниковых ассоциаций на территории Астраханского государственного заповедника.....	407
<i>Леднев С. А., Шарпова А. В., Семенков И. Н., Королева Т. В.</i> Саморазвитие ландшафтов отвалов и терриконов подмосковного бурогоугольного бассейна в Тульской области: к вопросу о необходимости рекультивации .....	412
<i>Леухин И. В., Язиков Е. Г., Гончаров Е. А.</i> Специфика распределения неорганических поллютантов в почвенном и снежном покрове Йошкар-Олы.....	417
<i>Лунькова Н. И., Морозова М. А., Иванова Е. А., Доценко И. В., Димитрова Д. В.</i> Санитарно-микробиологическая оценка устриц и морской среды в районе мидийно-устричных ферм на озере Донузлав.....	422
<i>Малахова Л. В., Проскурнин В. Ю., Сидоров И. Г., Архипова С. И., Стецюк А. П., Лобко В. В., Чужикова-Проскурнина О. Д.</i> Оценка выноса антропогенных радионуклидов, микроэлементов и хлорорганических ксенобиотиков в Севастопольскую бухту со стоком реки Черной .....	427
<i>Меньшикова Е. А., Блинов С. М., Перевощиков Р. Д.</i> Естественные радионуклиды в отвалах Кизеловского угольного бассейна.....	433
<i>Мозжегорова Ю. В., Баранова К. О.</i> Оценка газовых эмиссий полигона захоронения твердых коммунальных отходов .....	438
<i>Морозова С. В., Алимбиева М. А.</i> Особенности формирования интенсивных волн тепла и холода на юго-западе ЕТР .....	443
<i>Морозова С. В., Алимбиева М. А.</i> Статистический анализ сумм осадков по данным метеостанции Саратов юго-восток.....	447
<i>Мощенко Д. И., Ширинова Б.Б., Манташян Э. А., Колесников С. И.</i> Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на активность каталазы в горно-луговой дерновой почве Центрального Кавказа.....	451
<i>Назаренко О. В.</i> Сезонные изменения осадков и температур в бассейне Азовского моря (1966 – 2015).....	454
<i>Назаренко А.Е.</i> Влияние овражной эрозии на потенциал экосистемных услуг Заринского района Алтайского Края.....	459

<i>Невидомская Д. Г., Минкина Т. М., Федоров Ю. А., Федоренко Г. М., Польшина Т. Н., Федоренко А. Г., Чаплыгин В. А., Хассан Т. М.</i> Адаптивный потенциал высшей водной растительности дельты реки Дон к воздействию потенциально токсичных элементов.....	464
<i>Овсеян А. Э.</i> Научно-исследовательская работа как компонент реализации проектной деятельности обучающихся .....	469
<i>Онищенко В. В., Липилин Д. А., Тохчуков Ш. Ю.</i> Диссипация тепловых и геосферных ресурсов в гляциально-нивальных ландшафтах северо-западного Приэльбрусья.....	473
<i>Опекунов А. Ю., Григорьев В. А., Опекунова М. Г.</i> Опыт определения скорости техногенного осадконакопления на основе <sup>210</sup> Pb (р. Ольховка, Санкт-Петербург) .....	480
<i>Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Лисенков С. А.</i> Результаты комплексных эколого-биогеохимических исследований ландшафтов в районах нефтегазодобычи арктики .....	485
<i>Павлов И. Н.</i> Динамика и сезонные вариации концентраций оксидов азота в атмосферном воздухе г. Вологды .....	490
<i>Пестрякова К. А., Чердакова А. С., Гальченко С. В.</i> Анализ современных технологий переработки отходов радиоэлектронной промышленности в России.....	495
<i>Погоньшев П. Д., Горовцов А. В., Зинченко В. В., Федоренко Е. С., Минкина Т. М., Бауэр Т. В., Лобзенко И. П.</i> Влияние металлоустойчивых бактерий и биочара на микробные сообщества загрязненных почв.....	499
<i>Погорелов А. В., Киселёв Е. Н.</i> Дистанционный мониторинг компонентов урбогеосистемы (по данным Краснодара).....	504
<i>Погорелов А. В., Лагута А. А.</i> Об эвтрофикации Краснодарского водохранилища (фактор фитопланктона).....	509
<i>Поливач М. С., Решин Н. А., Винокуров И. О.</i> Определение зон затопления на реке Тигода в черте города Любань .....	514
<i>Помазков Д. С., Карасёва А. Ю.</i> Выкос жесткой водной растительности в Цимлянском водохранилище .....	518
<i>Порозова А. С.</i> Перспективы исследования влияния сжигания попутного газа на древесной на территории Прикамья.....	522
<i>Потапов Е. Г., Федоров Ю. А., Дьяченко И. И.</i> Влияние метеорологических факторов на режим минеральных вод Пятигорского месторождения .....	527
<i>Прожорина Т. И., Куролап С. А.</i> Оценка риска для здоровья детского населения, проживающего в зоне влияния горнодобывающего предприятия «Павловскгранит» .....	532
<i>Прожорина Т. И., Преснякова Ю. А.</i> Оценка влияния шумового загрязнения от автотранспорта на здоровье населения г. Воронежа .....	537
<i>Прудаева В. А.</i> Природоохранная эффективность заказника Белоозерский.....	541

<i>Пуликова Е. П., Горовцов А. В.</i> Изучение процесса денитрификации в условиях почв города Ростов-на-Дону .....	545
<i>Решетняк О. С., Решетняк А. Н.</i> Состояние озера Малый Лиман по данным геоэкологических наблюдений .....	550
<i>Романчук Р. В.</i> Об оценке репрезентативности региональной системы особо охраняемых природных территорий Ростовской области в аспекте сохранения разнообразия чешуекрылых (insecta: lepidoptera) .....	555
<i>Сазонов А. Д., Комаров Р. С.</i> Сумма месячных осадков и среднемесячный расход воды реки Сал Ростовской области в 2008-2015 гг. ....	558
<i>Руденко А. В.</i> Проблемы исследования водородной дегазации в Германии.....	561
<i>Самигуллина Г. С.</i> Изучение эколого-географических проблем в процессе подготовки бакалавров педагогического образования.....	567
<i>Сарайкина Н. В., Гальченко С. В., Чердакова А. С.</i> Оценка фитотоксичности почв, загрязненных мазутом и дизельным топливом .....	571
<i>Семенова А. В., Буковский М. Е., Бердникова Я. С.</i> Динамика максимальных уровней воды во время весеннего половодья на реке Мокрая Панда .....	576
<i>Слащёв Д. Н.</i> Оптимизация сети охраняемых природных территорий Пермского Края .....	580
<i>Солодко Д. Ф., Чепурная В. И., Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Талпа Б. В., Михайленко А. В.</i> Экспедиция по изучению особенностей распределения хищных элементов в компонентах ландшафта г. Ростова-на-Дону.....	585
<i>Спирин Ю. А., Зотов С. И.</i> Гидрологические исследования как ключевой фактор в рациональном использовании гидротехнической мелиоративной сети Славского района .....	591
<i>Станиславский К. С., Головков И. В., Доценко Н. В., Савицкий В. А., Фёдоров Ю. А.</i> экспедиционные исследования бассейна озера Малый Лиман .....	596
<i>Сухоруков В. В., Трубник Р. Г., Федоров Ю. А.</i> Аналитический обзор: эмиссия и поглощение метана почвами.....	610
<i>Сушкова С. Н., Минкина Т. М., Дудникова Т. С., Антоненко Е. М., Барбашев А. И.</i> экстракция полиаренов из хемозема водой в субкритическом состоянии.....	620
<i>Тамбиева Н. С., Котова В. Е.</i> Фторида в питьевых водах г. Ростов-на-Дону и Ростовской области.....	624
<i>Тарадин С. А., Нежинская Е. Н., Мищенко А. В.</i> Водный режим чернозема обыкновенного и способы его улучшения при возделывании подсолнечника .....	628
<i>Тихомиров О. А.</i> Аккумуляция органических и минеральных веществ в аквальных комплексах водохранилищ верхней волги .....	633
<i>Трубник Р. Г., Федоров Ю. А., Швыдкая Е. А.</i> Сульфитредуцирующие кластридии в отложениях группы соленых озер Ставропольского Края .....	637
<i>Уфимцева А. А., Зубкова П. С.</i> Изучение и охрана природы в Нижне-Свирском государственном заповеднике .....	641

Федоренко Е. С., Зинченко В. В., Антоненко С. А., Пахота А. А. Горовцов А. В., Минкина Т. М. характеристика дегидрогеназной активности в почвах прибрежных территорий Таганрогского залива .....	646
Федоров Ю. А., Михайленко А. В., Гарькуша Д. Н., Доценко И. В., Дмитрик Л. Ю. О первых результатах экспедиционных работ по изучению содержания ртути в донных отложениях малых рек бассейна Дона .....	650
Финенко Г. А., Дацьк Н. А., Аннинский Б. Е., Загородняя Ю. А., Губарева Е. С. Пространственно-временная динамика медузы <i>aurelia aurita</i> linneus, 1758 и хищнический пресс на зоопланктон шельфовых районов Крыма (Черное море).....	656
Фролов Д. М., Киселева Т. Д. Экологические аспекты глобального изменения климата для горных территорий.....	661
Ханмагомедов Х. Л., Пайзулаева Р. М., Гебекова А. Н., Айламматова Д. А., Омаров Ш. К. русский почвовед А. С. Солдатов и его место в дагестановедении.....	664
Хорошевская В. О, Предеина Л. М. К вопросу о влиянии повышенных концентраций соединений ванадия и молибдена на показатели жизнедеятельности фитопланктона в Таганрогском заливе .....	670
Хоружая Т. А., Голубкина М. А. Экологическая опасность токсического загрязнения пресноводных экосистем: биотестирование .....	675
Чаплыгин В. А., Манджиева С. С., Невидомская Д. Г., Литвинов Ю. А., Замулина И. В., Федоренко А. Г. Аккумуляция Zn, Ni и Cu почвами и растениями тростника южного ( <i>phragmites australis</i> sav.) Импактной зоны озера Атаманское (г. Каменск-Шахтинский) .....	680
Чепурная В. И., Доценко И. В. Анализ ретроспективных данных по стоку фтора и других элементов в азовское море .....	686
Черных В. И., Черных А. В. Перспективы использования техногенно нарушенных земель Луганского региона .....	691
Чернышова Н. А. Организация мониторинга геологической среды нефтяного месторождения «Майское» .....	696
Чижова В. П., Дубровская А. И. Ландшафтное планирование инклюзивного экологического туризма: особенности и методы (на примере национального парка «Смоленское Поозерье»).....	701
Шаймарданова В. В. Функциональное зонирование города при прогнозировании состояния окружающей среды .....	707
Шевченко В. П., Стародымова Д. П., Коробов В. Б., Алиев Р. А., Булохов А. В. Кокрятская Н. М., Котова Е. И., Лохов А. С., Чупаков А. В. Исследование загрязнения водосборного бассейна Двинского залива Белого моря тяжелыми металлами, поступающими из атмосферы .....	710
Шестакин Н. С., Недопекин Ф. В., Несова А. В., Хархордин Е. В., Юрченко В. В. Спутниковый мониторинг корреляции подземных вод и растительности в трансграничном бассейне реки Северский Донец .....	716

<i>Щербакова Е. А.</i> Сравнительный анализ современной сети ООПТ Оренбургской области в пределах Приволжского Федерального Округа .....	721
<i>Щербина В. Г., Горбунова Т. Л.</i> Аллелопатическая активность лесной подстилки в буковых лесах сочинского причерноморья .....	725
<i>Щербина В. Г.</i> Аллелопатическая индикация рекреационной нагрузки в лесах влажных субтропиков .....	729
<i>Щукова И. В.</i> Химический состав природных вод Соликамского района (Пермский край) .....	733
<i>Юмашева А. К., Харыбина А. С., Ильченко А. А.</i> Исследование геоэкологических рисков арктического шельфа.....	738
<i>Янин Е. П.</i> Техногенные речные илы: вещественный состав и геохимические особенности .....	744
<i>Akhmedinova K. K, Kenzhin Zh. D</i> Problems Of applying analytical control methods in the field of urban environmental monitoring .....	749
<i>Bakaeva E. N., AL-Ghizzi M. A. , Taradayko M. N.</i> Bioindication Methods for studying the state of aquatic ecosystems .....	753
<i>Kotova V. E., Andreev Yu. A.</i> A Study of hydrocarbons contamination of Rostov Region Rivers .....	756
<i>Nkurunziza R. M.</i> Suivi De L'evolution ecologique des etangs de la banlieue De Moscou Et leur rehabilitation .....	761
<i>Safitri D. A., Bepalova L. A.</i> land cover changes in coastal surabaya with remote sensing data (1994-2018).....	766
<i>Stefanus W., Ciptaningsih P.</i> Development Of oil bioremediation research on marine environment in Jakarta Marine environment .....	771
<i>Yamaris Swaby, Quao Sara Fernández Cruz</i> Adaptación Al cambio climático: un reto para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas ganaderos.....	778
<i>Zimovets A. A.</i> Assessment of self-cleaning ability of the Northern Dvina River estuary .....	784

## CONTENTS

<i>Antipov A.V.</i> Influence of artificial intelligence for socio-economic research .....	31
<i>Antsiferova G. A., Rusova N. I.</i> Transformation of natural water bodies in specially protected .....	34
<i>Akhsalba A. K., Marandidi S. I., Ekba Y. A.</i> The study of temperature influence of the Black Sea surface to exchange carbon dioxide with the atmosphere.....	38
<i>Bakaeva E. N., Taradayko M. N., Zubkov E. A.</i> Application of phytotesting for groundwater toxicity assessment.....	42
<i>Barannikova N. N., Fedorov Yu. A., Luludov N. I.</i> Physico-chemical characteristics of mud sediments of Turalinsky lakes, Republic of Dagestan .....	46
<i>Barakhov A. V., Lobzenko I. P., Chernikova N. P., Dudnikova T. S., Burachevskaya M. V., Mandzhieva S. S., Minkina T. M.</i> Effect of diatomite on cu mobility in combined polluted chernozem .....	52
<i>Baskakova A. G., Kurolap S. A.</i> Ecological assessment of river water quality Don basin territories.....	57
<i>Bespalova A.I., Talovskaya A.V., Yazikov E.G.</i> Assessment of particulate pollution of snow cover within sorsk mining and processing plant (Republik Khakassia) .....	61
<i>Beschetnikov V.V., Bauer T.V., Cherkasova S.O., Tsitsuashvili V.S., Minkina T.M., Mandzhieva S.S.</i> Comparative estimation of thermal stability of carbon and mineral sorbents .....	66
<i>Bityukova V. R.</i> Fuel energy influence on the russian cities' atmosphere state .....	71
<i>Budaeva Y.S., Talovskaya A.V.</i> Ecological assessment of urban area based on study of technogenic particles in the snow cover (on the example of Yurga, Kemerovskaya Region).....	76
<i>Buzmakov S. A., Sivkov D. E., Sannikov P. Yu., Dzyuba E. A.</i> Materials of the comprehensive environmental survey of the area of the territory on which is proposed to create a specially protected natural territory “Rassokhinskoe Boloto” .....	82
<i>Buzmakov S. A.</i> Sustainable development and regional network of protected areas .....	86
<i>Bulavina E. V.</i> Long-term dynamics of duration and stability of the cold period in Vologda.....	90
<i>Burachevskaya M. V., Bauer T. V., Tsitsuashvili V. S., Lobzenko I. P., Barakhov A. V., Pogonyshchev P. D., Minkina T. M.</i> Copper inactivation in haplic chernozem by adding biochars obtained from different raw materials .....	94
<i>Buchelnikov V. S., Talovskaya A. V., Yazikov E. G., Tentyukov M. P.</i> Ecological and mineralogical characteristics of aerosol in background and urban territory according to layer study data of snow cover (Tomsk Region) .....	99
<i>Bychkov O. A.</i> Recommendations for conducting geoecological research and organization of the monitoring system at the Katylginsky oil field, Tomsk Region .....	103

<i>Vaganov S. S., Blinov S. M.</i> Formation of the regime of the reserved part of the Vishera River due to subaquatic discharge of underground water .....	107
<i>Verekh-Belousova E. I.</i> On the issue of negative influence of rock dumps of the Luganshina coal mines on the adjacent landscapes .....	113
<i>Vovzhenyak I. S.</i> Decorative plants and landscape architecture of Russky island (Primorsky Region) .....	116
<i>Voitenkova N. N.</i> The design and research work of the students within the framework of training a specialist-ecologist .....	120
<i>Volodina D. A., Talovskaya A. V.</i> Study of pollution of snow cover in the area of influence of cement plants in the south of Western Siberia .....	123
<i>Gaevaya E. A., Bezuglova O. S.</i> Soil erosion in the Rostov Region and factors affecting it.....	128
<i>Galkina E. S.</i> Analysis of multi-year variations in the runoff of suspended sediments rivers of the don .....	131
<i>Galushin D. A., Gromov S. A., Zhadanovskaya E.A., Avdeev S. M.</i> Comparison of spatial interpolation methods in the QGIS geoinformation system for researching the distribution of acid precipitation .....	138
<i>Gar'Kusha D. N., Fedorov Yu. A., Tambieva N. S., Dmitrik L. Yu.</i> Assessment of individual elements of the methane balance in the Black Sea .....	143
<i>Gar'Kusha D. N., Fedorov Yu. A.</i> Influence of ionic composition and salinity (mineralization) the effect of water on methane concentrations in water ecosystems.....	151
<i>Gatina E. L.</i> The current state of protected plant species in the territory of the protected landscape of regional significance "Nizhnevishersky" .....	161
<i>Gommershtadt O. M.</i> Public transport environmental impact change after the start of electric buses work (example of Moscow) .....	167
<i>Gordeev V. V., Starodymova D. P.</i> Rare earth elements in water and suspended matter of the Severnaya Dvina River on a base of data of 4 years investigations .....	172
<i>Gordienko A. P., Erokhin V. E.</i> Classification of waters by ATP content in microplankton .....	177
<i>Grigor'ev i. i.</i> Possibilities of using an unmanned aerial vehicle in ecological and geographical investigations .....	182
<i>Gudkova N. K.</i> Risks of pollution and degradation of water ecosystems associated with the presence of geochemical anomalies in the Sochi region.....	187
<i>Gusev A. P., Sokolov A. S.</i> Characteristics of island forests from <i>acer negundo</i> and <i>robinia pseudoacacia</i> in agricultural landscape of South-Eastern .....	192
<i>Danilenko A. O., Davydova N. I.</i> The long-term dynamic of oil products' mean concentrations along the Lena River.....	196
<i>Datsyk N. A., Anninsky B. E., Finenko G. A.</i> Zooplankton of open regions of the Black Sea in autumn 2019 .....	201
<i>Dega N. S., Karaketov I. K.</i> Geoecological assessment of surface waters of the Marukha River Karachay-Cherkess Republic.....	206



<i>Demina L. L., Klyuvitkin A. A., Solomatina A. S.</i> Heavy metals in vertical streams of sedimentary matter in the northwestern Black Sea.....	211
<i>Dziuba E. A.</i> Soil pollution with macro- and micro-elements in the territory of oil deposits of the Perm Krai.....	215
<i>Dotsenko N. V., Golovkov I. V., Stanislavskiy K. S., Savitskiy V. A.</i> Analytical review of retrospective researches of lakes Maly Liman and Abrau .....	221
<i>Dudnikova T. S., Sushkova S. N., Minkina T. M., Antonenko E. M., Barbashev A. I.</i> Contents of polycyclic aromatic hydrocarbons in plants of the myatlikovy family, growing in the territory of multi-year technogenic influence .....	235
<i>Erokhin V. E., Gordienko A. P.</i> Ways to use substandard-sized mussels at harvesting on russian marine farms .....	239
<i>Zhagina S. N., Nizovtsev V. A., Svetlosanov V. A., Pakhomova O. M., Kudin V. N.</i> The velopment of tourism in the Arkhangelsk and Murmansk regions and its impact on the regional economies after the catastrophic impact -the COVID-19 pandemic .....	245
<i>Zholudeva I. D.</i> Influence of coal mining on the population of steppe vegetation.....	250
<i>Zhuravleva O.V., Karanin A.V., Sukhova M.G.</i> Avalanche hazard of municipal formations in the Republic of Altai.....	256
<i>Zhuravleva E. A.</i> Features of development of medical and health tourism in the Altai territory.....	261
<i>Zinchenko V.V., Antonenko S.A., Fedorenko E.S., Lobzenko I.P., Gorovtsov A.V., Minkina T.M.</i> Dynamics of nitrification activity of meadow chernozem soils of the Severky Donets River floodplain with the application of spore-forming bacteria strains and biochar with different pyrolysis temperatures .....	266
<i>Zubkova P. S., Movchan V. N.</i> Comparative assessment of ecological risks for the population health of industrial cities in Russia.....	271
<i>Ivanova N. S.</i> Changes in some meteorological indicators for the period from 2009 to 2019 in Rostov-on-Don.....	277
<i>Ignatov O. R., Chernykh V. I.</i> Using a systematic approach to environmental issues .....	282
<i>Islamov D. F.</i> Karst-suffusion processes on the Crimean Peninsula and the reasons for its occurrence .....	286
<i>Karaev Yu. I., Hosaev H. S.</i> UNESCO global geoparks as the optimal form of implementing the UN concept of sustainable development in practice in mountainous areas .....	291
<i>Karpachevskiy A. M., Lednev A. S., Semenov I. S., Sharapov V. A., Koroleva T. V.</i> Using landsat images for identification of pyrogenically transformed landscapes in the Karaganda Region of Kazakhstan.....	297
<i>Karpova Ya.V.</i> Assessment of the state of woody vegetation of park zones of Rostov-on-Don .....	303
<i>Kassal B. Yu.</i> Fauna of geese (anserinae), swans (cygninae) and pegans (tadorninae) of Omsk Region .....	306
<i>Kassal B. Yu.</i> Wolf as a regulator of numbers predatory animals in the Omsk Region .....	310

<i>Kassal B. Yu.</i> Vertebrate hydrobionts of the Middle Irtysh .....	316
<i>Kassal D. B., Kassal B. Yu.</i> River expedition "Omsk - Salekhard": the results of the study of avifauna .....	321
<i>Kitaev A. B.</i> Estimation of spatio-temporal changes in water flow in the Kama reservoir using the hydraulic-morphological calculation method.....	326
<i>Klyuev N.N.</i> Changes in the territorial organization of economy in post-soviet Russia and their environmental .....	332
<i>Kozhukhar T. A.</i> Assessment of technogenic impacts on the environment during the reconstruction of the Chemalskaya HPP (Altai Republic) and measures for the protection of the environment.....	337
<i>Kolomina K., Ustinov N.</i> Rural agglomerations such a foms of sustainable development.....	343
<i>Komarov R. S.</i> Dynamics of runoff of the Laba and Belaya Rivers (tributaries of the Kuban River).....	346
<i>Komarchev D. A., Krasovskaya T. M.</i> Comparative characteristic of urban green infrastructure ecosystem services in temperate and subarctic zones .....	351
<i>Konyukhova M. A.</i> Typology of entities of the Russian Federation by degree of militarization .....	356
<i>Korobov V. B., Shevchenko V. P.</i> Study of the geoecological conditions of the coastal zone of the eastern part of the White Sea by the Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences.....	361
<i>Kostenko S. S.</i> Socio-economic benefits of reclamation of the northern landfill in Rostov-on-Don.....	366
<i>Kotova E. I., Korobov V. B.</i> Influence of sea aerosol on the snow composition in the coastal zone of the arctic seas (western sector).....	371
<i>Kravchenko E. N., Lutenko T. Y., Maeva S. G.</i> Creation of operational databases and preparation of algorithms of 3d model of stratigraphic units of .....	375
<i>Kravchenko E. N., Maeva S. G.</i> Stratigraphic subdivisions of the paleogene of the Lower Transnistria .....	380
<i>Krechetov P. P., Koroleva T. V., Sharapova A. V., Semenov I. N., Lednev S. A.</i> Mechanisms of the buffer capacity of soils to the impact of kerosine.....	385
<i>Kuznetsov A. N., Fedorov Yu. A., Fattal P., Fabri L., Ryazantseva I. A., Kuznetsova E. V.</i> Natural attenuation of spilled fuel oil on the seacoasts: results of long-term observations, modeling and cartography.....	388
<i>Kuzmich V. N., Yanin E. P., Ivanitsky O. M.</i> On regional quality standards for surface fresh water established for chemical indicators in the boundaries of basin districts taking into account the geochemical features of territories.....	394
<i>Kulakova S. A., Zaitsev A. A.</i> On the issue of reconstruction of public facilities (on the example of the linden alley in Perm) .....	399
<i>Kutyavina T. I., Ashikhmina T. Ya.</i> Assessment of water quality of the karstic lake Chvanikha in Kirov Region by chemical indicators .....	403

<i>Kuchkina A. A.</i> Distribution of reed associations on the territory of the Astrakhan State Reserve .....	407
<i>Lednev S.A., Sharapova A.V., Semenov I.N., Koroleva T.V.</i> Self-development of landscapes of coal dumps and spoil heaps in the Moscow lignite basin (Tula Region): on the necessity of reclamation.....	412
<i>Leuhin I. V., Yazikov E. G., Goncharov E. A.</i> Specific distribution of inorganic pollutants in the soil and snow cover of Yoshkar-Ola .....	417
<i>Lunkova N. I., Morozova M. A., Ivanova E. A., Dotsenko I. V., Dimitrova D. V.</i> The sanitary and microbiological assessment of oysters and the marine environment in the area of mussel and oyster farms of Lake Donuzlav .....	422
<i>Malakhova L. V., Proskurnin V. Yu., Sidorov I. G., Arkhipova S. I., Stetsyuk A. P., Lobko V. V., Chuzhikova-Proskurnina O. D.</i> Estimation of anthropogenic radionuclides, microelements and organochlorine compounds entry into the Sevastopol bay with the Chernaya River .....	427
<i>Menshikova E. A., Blinov S. M., Perevoshnikov R. D.</i> Natural radionuclides in the dumps of the Kiselevskiy coal basin .....	433
<i>Mozzhegorova Yu. V., Baranova K. O.</i> Assessment of gas emissions of municipal solid waste landfill .....	438
<i>Morozova S. V., Alimpieva M. A.</i> Features of formation of intensive waves of heat and cold in the south-western part .....	443
<i>Morozova S. V., Alimpieva M. A.</i> Statistical analysis of precipitation amounts according to data from Saratov meteorological station Yugo-Vostok.....	447
<i>Moshchenko D. I., Shirinova B. B., Mantashyan E. A., Kolesnikov S. I.</i> Influence of pollution with heavy metals and oil on catalase activity in the mountain-meadow soddy soil of the Central Caucasus .....	451
<i>Nazarenko O. V.</i> Seasonal changes in precipitation and temperature in the basin of the Azov Sea (1966 - 2015).....	454
<i>Nazarenko A. E.</i> Influence of gully erosion on the potential of ecosystem services in Zaratinsky Region of the Altai Krai .....	459
<i>Nevidomskaya D. G., Minkina T. M., Fedorov Yu. A., Fedorenko G. M., Pol'shina T. N., Fedorenko A. G., Chaplygin V. A., Hassan T. M.</i> Adaptive potential of higher aquatic vegetation in the Don River delta to exposure to potentially toxic elements .....	464
<i>Ovsepyan A. E.</i> Research work as a component of the implementation of students' project activities .....	469
<i>Onishchenko V. V., Lipilin D. A., Tokhchukov Sh. Yu.</i> Dissipation of thermal and geospheric resources in the glacial-nival landscapes of the Northwestern Elbrus.....	473
<i>Opekunov A. Yu., Grigoriev V. A., Opekunova M. G.</i> Experience of determining the rate of tectogenic sedimentation based on <sup>210</sup> Pb (the Olkhovka River, Saint Petersburg).....	480
<i>Opekunova M. G., Opekunov A. Yu., Kukushkin S. Yu., Lisenkov S. A.</i> The results of complex ecological and biogeochemical studies of landscapes in the regions of oil and gas production in the Arctic .....	485

<i>Pavlov I. N.</i> Dynamics and seasonal variations of the nitrogen oxides concentrations in the air of Vologda .....	490
<i>Pestryakova K. A., Cherdakova A. S., Galchenko S. V.</i> Analysis of modern technologies for processing waste from the radio-electronic industry in Russia.....	495
<i>Pogonyshchev P. D., Gorovtsov A. V., Zinchenko V. V., Fedorenko E. S., Minkina T. M., Bauer T. V., Lobzenko I. P.</i> Influence of metal-resistant bacteria and biochar on microbial communities of contaminated soils .....	499
<i>Pogorelov A. V., Kiselev E. N.</i> Remote monitoring of urbogeosystem components (according to Krasnodar data).....	504
<i>Pogorelov A. V., Laguta A. A.</i> To eutrofication of the Krasnodar reservoir (phytoplankton factor).....	509
<i>Polivach M. S., Reshin N. A., Vinokurov I. O.</i> Determination of flood zone on Tigoda River near Luban .....	514
<i>Pomazkov D. S., Karaseva A. Yu.</i> , Mowing rigid water growth in the Tsimlyansky Reservoir .....	518
<i>Porozova A. S.</i> Prospects for studying the impact of associated gas combustion on forest stands in the Kama Region .....	522
<i>Potapov E. G. , Fedorov Yu. A., Dyachenko I. I.</i> Influence of meteorological factors on the regime of mineral waters of the Pyatigorsk deposit.....	527
<i>Prozhorina T. I., Kurolap S. A.</i> Risk assessment for children's health, living in the zone of influence of the mining the company "Pavlovskgranit».....	532
<i>Prozhorina T. I., Presnyakov A. Yu.</i> Assessment of the impact of noise pollution from motor transport on the health of the population of Voronezh .....	537
<i>Prudaeva V. A.</i> Environmental efficiency of the Beloozersky Nature Reserve .....	541
<i>Pulikova E. P., Gorovtsov A. V.</i> Study of denitrification process in soil conditions of Rostov-on-Don .....	545
<i>O.S. Reshetnyak I., A. N. Reshetnyak</i> The state of Lake Maly Liman according to geocological observations .....	550
<i>Romanchuk R. V.</i> On the assessment of the representativeness of the Rostov Region system of specially protected natural areas in terms of preserving of lepidoptera diversity .....	555
<i>Rudenko A. V.</i> Problems of investigation of hydrogen degassing in .....	558
<i>Sazonov A. D., Komarov R. S.</i> Monthly precipitation and average water discharge of the Sal River in 2008-2015 (Rostov Region, Russian Federation).....	561
<i>Samigullina G. S.</i> Studying ecological and geographical problems in the process of training bachelors of pedagogical education .....	567
<i>Saraykina N. V., Galchenko S. V., Cherdakova A. S.</i> Estimation of the phytotoxicity of soils contaminated with oil and diesel fuel .....	571
<i>Semenova A. V., Bukovskiy M. E., Berdnikova Y. S.</i> Dynamics of maximum water level during spring flood on the Mokraya Panda River.....	576
<i>Slashev D. N.</i> Optimization of Perm Krai nature protected areas network.....	580

<i>Solodko D. F., Chepurayaya V. I., Fedorov Yu. A., Garkusha D. N., Talpa B. V., Mikhailenko A. V.</i> The expedition to study the elemental composition distribution in the landscape components of Rostov-on-Don .....	585
<i>Spirin Y. A. Zotov S. I.</i> Hydrological research as a key factor in the rational use of the hydrotechnical reclamation network of the Slavsky District .....	591
<i>Stanislavskiy K. S., Golovkov I. V., Dotsenko N. V., Savitskiy V. A., Fedorov Yu. A.</i> Expeditionary research of the Maly Liman Lake basin .....	596
<i>Sukhorukov V. V., Trubnik R. G., Fedorov Yu. A.</i> Analytical review: emission and absorption of methane by soils.....	610
<i>Sushkova S. N., Minkina T. M., Dudnikova T. S., Antonenko E. M., Barbashev A. I.</i> Extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from soils by water in a subcritical state.....	620
<i>Tambieva N. S., Kotova V. E.</i> Fluorides in drinking water of Rostov-on-Don and Rostov Region .....	624
<i>Taradin S. A., Nezhinskaya E. N., Mishchenko A. V.</i> Water regime of common chernozem and ways to improve it in sunflower cultivation .....	628
<i>Tikhomirov O.A.</i> Accumulation of organic and mineral substances in aqual complexes of reservoirs of the Upper Volga .....	633
<i>Trubnik R. G., Fedorov Yu. A., Shvydkaya E. A.</i> Sulphite-reducing clostridia in sediments salt lakes Stavropol Region.....	637
<i>Ufimtceva A. A., Zubkova P. S.</i> Nature research and nature conservation in a Nizhne-Svirsky state nature reserve .....	641
<i>Fedorenko E. S., Zinchenko V. V., Antonenko S. A., Pahota A. A. Gorovtsov A. V., Minkina T. M.</i> Characteristics of dehydrogenase activity in the soils of the coastal territories of the Taganrog .....	646
<i>Fedorov Yu. A., Mikhailenko A. V., Garkusha D. N., Dotsenko I. V., Dmitrik L. Yu.</i> On the first results of expedition work to study the mercury content in the bottom sediments of small rivers in the Don basin .....	650
<i>Finenko G. A., Dazyk N. A., Anninsky B. E., Zagorodnyaya Ju. A., Hubareva E. S.</i> Spatio-temporal dynamics of jellyfish aurelia aurita linnaeus, 1758 and predatory impact on zooplankton in Crimean shelf areas (the Black Sea) .....	656
<i>Frolov D. M., Kiseleva T. D.</i> Ecological aspects of global climate warming for mountain .....	661
<i>Khanmagomedov Kh. L., Paizulayeva R. M., Gebekova A. N., Ailammatova D. A., Omarov Sh. K.</i> Russian soil scientist a. S. Soldatov and his place in dagestani studies .....	664
<i>Khoroshevskaya V. O., Predeina L. M.</i> To the issue of the influence of increased concentrations of vanadium and molybdenum compounds on phytoplankton life indicators in the Taganrog Gulf .....	670
<i>Khoruzhaya T. A., Golubkina M. A.</i> Environmental hazard of toxic pollution of freshwater ecosystems: biotesting .....	675

<i>Chaplygin V. A., Mandzhieva S. S., Nevidomskaya D. G., Litvinov Yu. A., Zamulina I. V., Fedorenko A. G.</i> Accumulation of Zn, Ni, and Cu by soils and reed plants of the south (phragmites australis cav.) Impact zone of the lake Atamanskoe (Kamensk-Shakhtinsky).....	680
<i>Chepurnaya V. I., Dotsenko I. V.</i> Analysis of retrospective data on fluorine and other element flows in the Azov Sea.....	686
<i>Chernykh V. I., Chernykh A.V.</i> Prospects for the use of man-disturbed lands, Luhansk region .....	691
<i>Chernyshova N. A.</i> Organization of geological environment monitoring of the Mayskoe oil field .....	696
<i>Chizhova V. P., Dubrovskaya A. I.</i> Landscape planning of inclusive ecotourism: features and methods (on the example of a national park "Smolenskoe Poozerye").....	701
<i>Shaimardanova V. V.</i> Functional zoning of the city in forecasting the state of the environment .....	707
<i>Shevchenko V. P., Starodymova D. P., Korobov V. B., Aliev R. A., Bulokhov A. V., Kokryatskaya N. M., Kotova E. I., Lokhov A. S., Chupakov A. V.</i> Research of pollution of the catchment area of the Dvinsky Bay of the White Sea by heavy metals coming from the atmosphere.....	710
<i>Shestavin N. S., Nedopekin F. V., Nesova A. V., Kharkhordin E. V., Yurchenko V. V.</i> Satellite monitoring of groundwater and vegetation correlation in the transboundary basin of the Severky Donets River.....	716
<i>Shcherbakova E. A.</i> Comparative analysis of the modern network of protected areas in the orenburg region within the Volga Federal District .....	721
<i>Scherbina V. G., Gorbunova T. L.</i> Allelopathic activity of forest layer in beech forests the Sochi Black Sea region .....	725
<i>Scherbina V. G.</i> Allelopathic indication of recreation load in the forests of humid subtropics.....	729
<i>Shchukova I. V.</i> Chemical composition of natural waters of the Solikamsky district (Perm Krai) .....	733
<i>Yumasheva A. K., Kharybina A. S., Ilchenko A. A.</i> Study of geocological risks of the arctic shelf .....	738
<i>Yanin E. P.</i> Technogenic river silts: material composition and geochemical characteristics.....	744
<i>Akhmedinova K. K, Kenzhin Zh. D.</i> Problems of applying analytical control methods in the field of urban environmental monitoring .....	749
<i>Bakaeva E. N., Al-Ghizzi M. A. , Taradayko M. N.</i> Bioindication methods for studying the state of aquatic ecosystems .....	753
<i>Kotova V. E., Andreev Yu. A.</i> A study of hydrocarbons contamination of Rostov region rivers.....	756
<i>Nkurunziza R. M.</i> Monitoring of the ecological evolution of ponds in the Moscow suburbs and their rehabilitation .....	761

<i>Safitri D. A., Bepalova L. A.</i> Land cover changes in coastal surabaya with remote sensing data (1994-2018).....	766
<i>Stefanus W., Ciptaningsih P.</i> Development of oil bioremediation research on marine environment in Jakarta marine environment.....	771
<i>Yamaris Swaby Quao Sara Fernández Cruz</i> Adaptation to the climatic change: a challenge for the sustainable development of the cattle agroecosistemases .....	778
<i>Zimovets A. A.</i> Assessment of self-cleaning ability of the northern Dvina River estuary .....	784

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*Ни вода, ни воздух, ни ветер не являются частной  
собственностью. Это – всеобщие блага»*

### **Уважаемые участники IX Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы. Взгляд в будущее»! Дамы и господа!**

Считаю за честь обратиться к авторам представленных докладов со словами приветствия по случаю выхода в свет материалов, к сожалению, не состоявшейся с Вашим личным участием IX конференции, лейтмотивом которой служат слова эпиграфа. Это произошло в связи с глобальной эпидемией гриппа Covid 19. С 2004 г. по 2017 г. конференция всегда проходила в возможно весьма «диких», но по своему очаровательных условиях БП и СОТ «Лимничик» и «Витязь», расположенных на берегу Черного моря. Мы приняли нелегкое решение не проводить конференцию в дистанционном режиме, в надежде на то, что она все же пройдет в 2021 г. и Мы вновь, как и ранее, воочию встретимся с Вами. По Вашей просьбе Мы приняли решение все же опубликовать в электронном виде присланные доклады в сборнике трудов IX конференции.

География конференции масштабна. Доклады представлены учеными из Абхазии, Белоруссии, Приднестровья, России, Украины, Франции, Индонезии, Кубы; городов: Москва, Воронеж, Ольгин, Сурубая, Казань, Санкт-Петербург, Томск, Пермь, Сыктывкар, Луганск, Владивосток, Смоленск, Севастополь, Ижевск, Сочи, Гомель, Карачаевск, Горно-Алтайск, Лодейное Поле, Владикавказ, Омск, Курск, Тирасполь, Карачевск, Нант, Киров, Сухум, Саратов, Барнаул, Краснодар, Рязань, Пятигорск, Ессентуки, Тюмень, Рязань, Тамбов, Калининград, Тверь, Махачкала, Донецк, Оренбург, Ростов-на-Дону.

В работе конференции приняли участие более 200 участников представляющих 70 учебных, научно-исследовательских и производственных организаций: Казанский Федеральный Университет, Воронежский государственный университет, Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» Россия, Институт водных проблем РАН, Гидрохимический институт Росгидромета, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Пермский государственный национальный исследовательский университет, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, ФГБОУ Томский государственный архитектурно-строительный университет, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», Дальневосточный федеральный университет, ФГБОУ ВО Смоленский государственный университет, Воронежский государственный университет, ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», Институт Географии РАН, РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Пермский государственный университет, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени



А. О. Ковалевского РАН, Удмуртский государственный университет, Филиал института природно-технических систем в г. Сочи, УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, ФГБУ «Гидрохимический институт», Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный университет, Нижне-Свирский государственный природный заповедник, Автономная некоммерческая организация "Международный инновационный научно-технологический центр "Устойчивое развитие горных территорий. Горы" Северо-Кавказского горно-металлургического института, ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики, Курский Государственный Университет, Приднестровский Государственный университет им. Т. Г. Шевченко, Университет Нанта, АНО Национальное информационное агентство «Природные ресурсы», Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Вятский государственный университет, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Институт экологии Академии наук Абхазии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, Кубанский государственный университет, Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, ООО «АГМ Системы», Донской государственный технический университет, Пятигорский НИИ курортологии ФМБА России, АО «Кавминкурортресурсы», Тюменский государственный университет, Христианский университет Петры, Университет Эйрланга, Университет Ольгина, Российский университет дружбы народов, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Институт степи Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова РАН, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Южный федеральный университет, «Институт водных проблем РАН», «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», «Дагестанский государственный аграрный университет», Дагестанский институт развития образования, Федеральный исследовательский центр Институт биологии южных морей РАН, Тверской государственный университет, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина

Председатель и организаторы конференции приносят свои глубокие и искренние извинения в связи произошедшим, но мы полны оптимизма, и желаем Вам всем здоровья и процветания в это нелегкое для всего человечества время. До встречи в 2021 году!

Председатель, д. г. н, профессор Ю. А. Федоров

## ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Антипов А. В.

Казанский Федеральный Университет, г. Казань

e-mail: sasha.antipov031000@mail.ru

## INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SOCIO-ECONOMIC RESEARCH

Antipov A.V

Kazan Federal University, Kazan

e-mail: sasha.antipov031000@mail.ru

**Аннотация.** В данный момент идет активное развитие информационного сектора, который способствует внедрению новых технологий для проведения социально-экономических исследований. Применяя данные способы автоматизации, можно добиться улучшения эффективности и качества жизни городского населения, экономики определенного региона, а также прогнозирования климатических изменений и катастроф.

**Ключевые слова:** информационные технологии, искусственный интеллект, перспективы экономико-географических исследований, экологические проблемы.

**Abstract.** At the moment, the information sector is actively developing, which contributes to the introduction of new technologies for conducting social and economic research. Using these automation methods, it is possible to improve the efficiency and quality of life of the urban population, the economy of a particular region, as well as forecasting climate change and disasters.

**Keywords:** information technology, artificial intelligence, prospects for economic and geographical research, ecological problems.

Результатом статьи было выявление определенных тенденции в развитии искусственного интеллекта, которые могут поспособствовать в прогрессе географии, картографии, ГИС, ДЗЗ (т. к в наше время область дзз очень активно развивается и именно благодаря ей многие процессы можно упростить).

Актуальностью статьи стали экологические и социально экономические проблемы в крупных городах, оказывающих негативное влияние на экономику и природную среду. С целью решения данных проблем мы обратились к искусственному интеллекту, который предусматривает огромную значимость во влиянии экологического развития и экономического роста городов с учетом улучшения эффективности и качества городского населения [1].

Искусственный интеллект – способность машины выполнять ряд человеческих действий, направленных на улучшение качества жизни в различных сферах деятельности. В его основе лежит программа, которая дает установку постановить невозможно создаваемые задачи с целью получения необходимых знаний для решения людских проблем [2].

Благодаря технологиям самообучения, компьютерная система может прогнозировать природно-стихийные бедствия (цунами, землетрясения, извержения вулканов), наносящие огромный ущерб городским агломерациям и здоровью населения [3]. Вследствие чего можно проводить комплекс мероприятий по защите и охране того или иного региона, страны, чтобы

обыграть различные природные катастрофы. (Предсказание урожайности с помощью ИИ и фотографий со спутника, переигрывание приходящих стихийных бедствий при помощи раннего информирования искусственной машины населению и т. д)

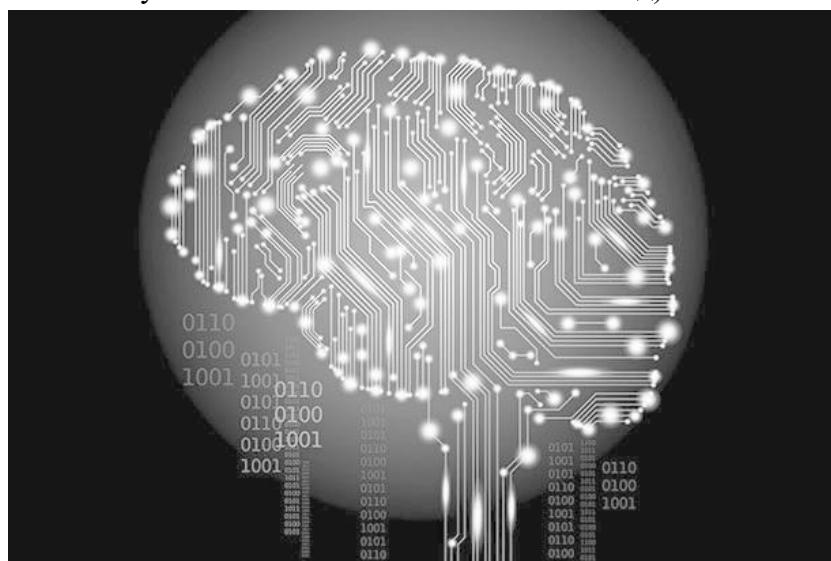


Рис. 1. Искусственный интеллект [5].

Кроме прогноза стихийных бедствий, искусственный интеллект позволит более эффективно повлиять на геологоразведку, которая включает в себя бурение скважин, переработку и безопасность, с целью увеличения добычи полезных ископаемых в десять раз быстрее и точнее по отношению к рабочим людям-экспертам [4].

Так-же хочется отметить, что на уровне проектирования, мониторинга и оптимизации происходит повышение эффективности энергоресурсов в электроэнергетике при помощи ИИ, обуславливающий кражу «полезных» энергоресурсов и улучшенное прогнозирование автоматизации новых продуктов [6].

Ко всему прочему, одним из важных аспектов ИИ, прогнозирующего статические данные на примере погоды являются нейронные сети, которые применяются для предотвращения технических ошибок и компьютерных операций [7].

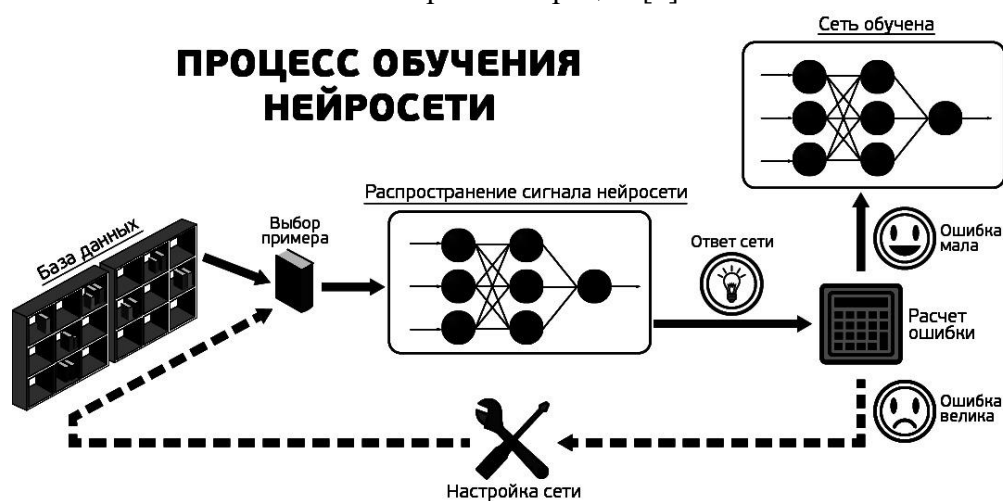


Рис. 2. Процесс обучения нейросети.

Исходя из вышесказанного, мы пришли к выводу, что информационные технологии принесут огромную перспективу экономико-географическим исследованиям, где человек не

будет страдать в своей деятельности, и не будет нести убытки и издержки в связи с природными явлениями и экономическими ресурсами. А также будет подготовлен к тем или иным последствиям, при которых будет выявлен прогноз искусственным интеллектом.

#### Список литературы

1. Ляховенко, О. И. Основные экологические проблемы российских городов и стратегия их разрешения / О. И. Ляховенко, Д. И. Чулков. – // Русская политология. – 2017. – № . – С. 21-26.
2. Блануца, В. И. Перспективы экономико-географических исследований в области искусственного интеллекта / В. И. Блануца. – // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2019. – № ВАК. – С. 1-8.
3. Ваганов, П. А. Моделирование рисков природных катастроф / П. А. Ваганов. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земл. – 2003. – № 23. – С. 3-13.
4. Сибирская нефть. – // Искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение: история развития и применения : [сайт]. – URL: (дата обращения: 13.09.2020).
5. Применение алгоритмов искусственного интеллекта в мировой энергетике. – // Энергетика и промышленность России : [сайт]. – URL: <https://www.eprussia.ru/epr/345-346/4513899.htm> (дата обращения: 13.09.2020).
6. Искусственный интеллект (ИИ) Artificial intelligence (AI). – Текст : электронный // Tadmister summit : [сайт]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82\\_\(%D0%98%D0%98,\\_Artificial\\_intelligence,\\_AI\)#.D0.98.D0.98\\_.D0.B2\\_.D1.8D.D0.BB.D0.B5.D0.BA.D1.82.D1.80.D0.BE.D1.8D.D0.BD.D0.B5.D1.80.D0.B3.D0.B5.D1.82.D0.B8.D0.BA.D0.B8](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82_(%D0%98%D0%98,_Artificial_intelligence,_AI)#.D0.98.D0.98_.D0.B2_.D1.8D.D0.BB.D0.B5.D0.BA.D1.82.D1.80.D0.BE.D1.8D.D0.BD.D0.B5.D1.80.D0.B3.D0.B5.D1.82.D0.B8.D0.BA.D0.B8) (дата обращения: 13.09.2020).
7. Саиян, С. А. Использование нейронных сетей на основе многослойного персептрона для прогнозирования статистических данных на примере погоды / С. А. Саиян, И. В. Лезина. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – № . – С. 381-382.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Г. А. Анциферова<sup>1</sup>, Н. И. Русова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет Россия, Воронеж.

e-mail: g\_antsiferova@mail.ru

<sup>2</sup>Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» Россия, г. Санкт-Петербург.

e-mail: nadezhda\_minnikova@mail.ru

## TRANSFORMATION OF NATURAL WATER BODIES IN SPECIALLY PROTECTED TERRITORIES

G. A. Antsiferova<sup>1</sup>, N. I. Rusova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh state university,

Russia Federation, Voronezh

e-mail: g\_antsiferova@mail.ru

<sup>2</sup>Naval Polytechnic Institute VUNTs of the Navy «Naval Academy»,

Russia Federation, St. Petersburg.

e-mail: nadezhda\_minnikova@mail.ru

**Аннотация:** Рассмотрены трансформации природных водоемов заповедника «Воронинский» с целью получения критериев для выявления степени нарушенности экологического состояния поверхностных вод. В условиях глобальных климатических изменений происходит обмеление и зарастание водных объектов, что сопровождается трансформацией таксономического состава сообществ микроводорослей и цианобактерий.

**Ключевые слова:** биоиндикация, водная экосистема, микроводоросли.

**Annotation:** Transformations of natural reservoirs of the «Voroninsky» reserve are considered in order to obtain criteria for identifying the degree of disturbance of the ecological state of surface waters. Under the conditions of global climatic changes, water bodies become shallow and overgrown, which is accompanied by the transformation of the taxonomic composition of communities of microalgae and cyanobacteria.

**Keywords:** bioindication, water ecosystems, microalgae.

В государственном природном заповеднике «Воронинский», расположенном в среднем течении р. Ворона в Тамбовской области, нами с 2007 года проводится геоэкологический мониторинг состояния водоемов и водотоков. Водные экосистемы заповедника рассматриваются как природные водоемы, для которых прямая антропогенная нагрузка ограничена. Изучение природных трансформаций водоемов особо охраняемых природных территорий, проводится с целью получения критериев для выявления степени нарушенности экологического состояния поверхностных вод урбанизированных территорий.

Современное состояние изученности эколого-биологического статуса природных водоемов, основано на данных, полученных методами биоиндикации по сообществам фитопланктона и микрофитобентоса, представленных микроводорослями и цианобактериями.

В качестве примера природных водоемов заповедника «Воронинский» детально изучены проточно-руслловые мелководные и среднеглубокие озера Рамза и Кипец, которые представляют единую водную экосистему. По трофическому статусу, то есть по степени обеспеченности биогенами, по определенному соотношению процессов продуктивности, аккумуляции и деструкции органического вещества, озера относятся к эвтрофному типу. Функционирование сложнейшей системы, представленной высшей водной растительностью и сообществами микроводорослей и цианобактерий определяется обеспеченностью биогенными веществами.

Развитие водоемов в течение временного интервала 2007–2009 годов происходило в среднестатистических для региона климатических условиях. Солнечная радиация и теплообмен с атмосферой обеспечивают термический режим в водоемах. Внутригодовые изменения температуры вод р. Ворона прослежены Л. Е. Борисовой по материалам наблюдений на гидрологическом посту в с. Чутановка (2003–2007 годы), а также наблюдений за гидрологическим режимом на территории заповедника. Они соответствуют колебаниям температуры атмосферного воздуха. Установлено, что при глубинах до 4 м разница температур в верхнем и нижнем горизонтах в р. Ворона, обычно составляет не более 0,2°C. В летний период разница температур на участках с большой глубиной и спокойным течением на стрежне потока может достигать 1,5°C [1].

Экстремально высокие летние температуры воздуха 2010–2012 годов показали значимость природного фактора, в данном случае термического, для водных экосистем. Исследования 2013–2014 годов, а также 2018 и 2019 годов, позволили проследить и оценить проявления процессов, направленных на сохранение устойчивости и стабильности озерных экосистем, их открытость потокам энергии и информации. Данные процессы нашли отражение в изменении таксономического и экологического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса, то есть микроводорослей и цианобактерий. Спутниковые материалы (космофотоснимки) и визуальные наблюдения позволили проследить влияние природных и антропогенных процессов, которые проявляются в трансформации водных экосистем [2, 3, 4].

В условиях глобальных климатических изменений трансформация водоемов повсеместно направлена на изменение их морфометрических и морфологических параметров. Дальнейшее обмеление и зарастание таких водоемов как оз. Рамза, и части акваторий оз. Кипец (залив Мохов Угол и залив Кипец). Прибрежные зоны мелеющих озер заиливаются, зарастают высшей водной растительностью, частично заболачиваются. Часть акваторий оз. Кипец (заливы Бутыркин и Митькин Угол), которые объединяет речной поток, продолжают существование как мелководные и среднеглубокие озера.

Начиная с 2007–2008 годов ниже по течению от интенсивно мелеющего оз. Рамза произошло заложение, и в дальнейшем интенсивное развитие нового озеровидного расширения русла реки, обозначенного нами как «Новая Заводь». К 2017–2019 годам озерная акватория оформилась практически полностью, и как можно предположить с большой долей вероятности, в течение ближайшего десятка лет войдет в систему озера Рамза. Формирующееся озеровидное расширение положительно влияет на качество вод. Здесь широко распространены заросли макрофитов, представляющие естественные биофильтры, наблюдается высокая степень аэрации вод под влиянием мощного водного потока, существующего между озерами Рамза и Кипец протяженностью около 3 км.

Более ранние исследования показали, что в 2007–2012 годах индекс сапробности вод руслового потока, вытекающего из оз. Рамза, равнялся 1,83 и 1,70. Ниже по течению от озера

Рамза на экологическое качество вод отрицательно влияют стоки с территорий с. Рамза и с. Коммунарка. Их отрицательное воздействие сохранялось до поступления водного потока в оз. Кипец, индекс сапробности вод повышается до 2,09. Однако как показывают данные биоиндикации 2013–2014 и 2018–2019 годов, пройдя через акваторию «Новой Заводи», экологическое качество вод улучшается, о чем свидетельствует изменение значений индекса сапробности до 1,49 и 1,58. В данном случае проявляется положительное влияние деятельности естественных биофильтров новой акватории [4].

Трансформации морфометрических и морфологических параметров водоемов, связанные с их обмелением и зарастанием, создают широкий диапазон гидрофизических и гидрохимических условий и многообразие биотопов, благодаря чему наблюдается чрезвычайное видовое богатство сообществ фитопланктона и микрофитобентоса. Соответственно данный процесс сопровождается трансформацией таксономического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса, что является индикатором эколого-биологического состояния вод, на чем и базируется метод биоиндикации [3].

В условиях каждого вегетационного сезона, в середине лета в озерах Рамза и Кипец развиваются сообщества цианобактерий, которые отличает разнообразный видовой и экологический состав. Отдельные виды достигают массового развития, однако «цветения» вод не наблюдается, поскольку в них реализуется свойство многих представителей цианобактерий, наряду с высшими водными растениями, диатомовыми водорослями и бактериями, включаться в общую систему процессов фотосинтеза, круговорота биогенных веществ, переработки органического вещества вплоть до его минерализации. Это обуславливает способность данных водных экосистем сохранять и поддерживать свою стабильность. Функционирование сложнейшей системы, представленной высшей водной растительностью и сообществами микроводорослей и цианобактерий определяется обеспеченностью биогенными веществами.

В составе сообществ диатомовых водорослей с оценками обилия «в массе», «очень часто», «часто» представлены такие виды как *Melosira varians* Ag., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Asterionella gracillis* (Hantzsch.) Heib., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Grun. et var. *aequalis* (Kütz.) Hust., *S. tabulata* (Ag.) Kütz., *Navicula radiosa* Kütz., *Gomphonema augur* Ehr., *Gomphonema acuminatum* var. *coronatum* (Ehr.) W. Sm., *Gomphonema constrictum* Ehr., *Gomphonema intricatum* Kütz. et var. *pumilum* Grun., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Epithemia sorex* Kütz. et var. *gracilis* Hust., *Epithemia zebra* (Ehr.) Kütz. et var. *porcellus* (Kütz.) Grun.

Среди цианобактерий повсеместно наблюдаются *Dactylococcopsis raphidioides* Hansg., *Merismopedia glauca* f. *insignis* (Schkorb.) Geitl., *Pseudoholopedia convoluta* (Bréb.) Elenk., *Microcystis hansgirgiana* (Hang.) Elenk., *Microcystis pulvereae* (Wood) Forti emend. Elenk., *Microcystis pulvereae* f. *holsatica* (Lemm.) Elenk.

Трудно переоценить значение речных водоемов бассейна Среднего Дона, расположенных в пределах территории заповедника «Воронинский» для понимания того, насколько изменения условий обитания влияют на таксономический и экологический состав сообществ фитопланктона и микрофитобентоса. Повсеместное распространение, помимо вышеприведенных таксонов, характерных для загрязненных вод, таких видов как *Ostiilatoria granulata* Cardner, *Ostiilatoria guttalata* van Goor, *Ostiilatoria lauterbornii* Schmidle, *Ostiilatoria princeps* Vauch., *Ostiilatoria putrida* Schmidle, *Ostiilatoria tenius* Ag., а также *Spirulina okensis* Meyer, *Lyngbya majuscula* Harvey, *Schizothrix calcicola* (Ag.) Gom. подтверждает остроту экологиче-

ской ситуации, опасность распространения загрязнения поверхностных вод, сложившейся в настоящее время.

#### Список литературы

1. Анциферова Г. А. Озера долины реки Ворона как естественный современный рефугиум диатомовых водорослей центра Восточно-Европейской равнины. / Г. А. Анциферова, Л. Е. Борисова // Вестник Воронежского университета. Серия: География. Геоэкология, Воронеж, 2009. – № 2 – С. 85–92.

2. Анциферова Г. А. Долгосрочные последствия влияния аномально высоких летних температур воздуха 2010-2012 годов на водные экосистемы лесостепной зоны / Г. А. Анциферова, Н. И. Русова // Вестник Воронежского университета. Серия: География. Геоэкология, Воронеж, 2017. – № 2. – С. 5–12.

3. Анциферова Г. А. Сообщества микроводорослей и биоиндикация проточно-русловых озер лесостепной провинции Приволжской возвышенности // Г. А. Анциферова, Н. И. Русова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2019. – 200 с.

4. Шевырев С. Л. Анализ космических снимков как метод контроля природных и антропогенных процессов на примере среднего течения Вороны (Тамбовская область) / С. Л. Шевырев, Г. А. Анциферова, Н. И. Русова, М. Ж. Хамзикеева // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 2013. – № 1. – С. 35–39.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОБМЕН УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ С АТМОСФЕРОЙ

Ахсалба А. К., Марандиди С. И., Экба Я. А.

Институт экологии Академии наук Абхазии, г.Сухум, Республика Абхазия

## THE STUDY OF TEMPERATURE INFLUENCE OF THE BLACK SEA SURFACE TO EXCHANGE CARBON DIOXIDE WITH THE ATMOSPHERE

Akhsalba A. K., Marandidi S. I., Ekba Y. A.

Institute of ecology Of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Republic of Abkhazia

Asida\_cen@mail.ru, sofa-291088@mail.ru, ekba-yan@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние температуры поверхности моря на обмен углекислым газом с атмосферой ( $\text{CO}_2$ ) в различных временных масштабах, которое носит разнонаправленный характер. Осуществлено построение статистических моделей оценки результирующего глобального потока  $\text{CO}_2$  на основе данных об аномалиях температуры поверхности моря. Даны выводы по статистической значимости корреляции углекислого газа от средних максимальных значений скорости ветра и высоты волны.

**Ключевые слова:** мониторинг, морская вода, газоперенос, углекислый газ, эвазия.

**Abstract.** The article deals with the influence of sea surface temperature on the exchange of carbon dioxide with the atmosphere ( $\text{CO}_2$ ) on different time scales, which has a multidirectional character. Statistical models for estimating the resulting global  $\text{CO}_2$  flux are constructed based on data on sea surface temperature anomalies. Conclusions are made on the statistical significance of the correlation of carbon dioxide from the average maximum values of wind speed and wave height.

**Keywords:** monitoring, sea water, gas transfer, carbon dioxide, evasias.

Как известно, моря являются крупными резервуарами углерода на планете: его запасы превосходят запасы углерода в атмосфере в десятки раз. Море является активным поглотителем углекислого газа, тем самым ослабляя антропогенный парниковый эффект, обусловленный выбросами от сжигания ископаемого топлива и производства цемента.

Температура морской поверхности является наиболее важным фактором, определяющим не только величину, но и направление потока  $\text{CO}_2$  на поверхности моря. В частности, от температуры поверхности моря почти полностью зависит растворимость углекислого газа в морской воде. С повышением температуры воды растворимость  $\text{CO}_2$  снижается, а с понижением – повышается [5, 6]. От пространственного распределения температуры зависит жизнедеятельность морских организмов, за счет которой возникают мощные источники и стоки  $\text{CO}_2$ . Их действие обусловлено процессами поглощения  $\text{CO}_2$  при фотосинтезе и, наоборот, его выделением при окислении органического вещества. Если влияние температуры поверхности моря на растворимость углекислого газа является понятным и однозначным, то связь биологических процессов с температурой и их взаимное влияние весьма сложно и многообразно. В общем случае распределение биомассы фитопланктона и его чистая первичная продукция определяются температурой воды, наличием света и питательных веществ (в первую очередь, азота и фосфора). Эти лимитирующие рост фитопланктона факторы в свою очередь

подвергаются влиянию процессов циркуляции моря, динамики слоя перемешивания и апвеллинга [6, 7]. В результате все факторы, оказывающие влияние на величину и направление потока  $\text{CO}_2$ , а также на особенности его пространственно-временной изменчивости, связаны между собой как прямыми, так и обратными зависимостями, которые при определенных условиях способны либо усиливать, либо подавлять эффект их совместного воздействия. В частности, температура поверхности моря, помимо прямого влияния на растворимость  $\text{CO}_2$  в морской воде, оказывает опосредованное воздействие на величину чистой первичной продукции фитопланктона, которая тесно связана с процессами биологического потребления углерода, а, следовательно, с потоками  $\text{CO}_2$  на поверхности раздела море–атмосфера. В связи с этим представляется весьма важным выявление влияния температуры поверхности моря на обмен углекислым газом с атмосферой в различных пространственно-временных масштабах.

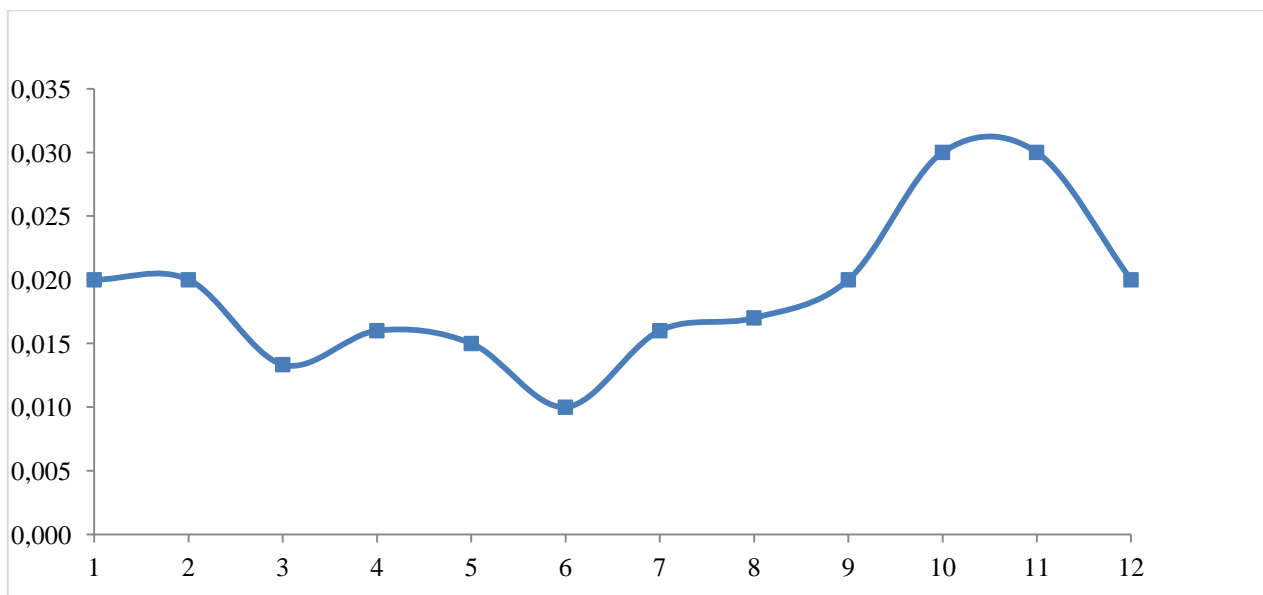
Согласно существующим представлениям, даже небольшие изменения средней скорости ветра над морской поверхностью могут заметно сказаться на среднем газообмене: изменится вероятность сильных ветров, которые вносят существенный вклад в средний поток  $\text{CO}_2$  и почти полностью определяют средний поток кислорода. Вклад сильного ветра в перенос кислорода и  $\text{CO}_2$  сильно различается. Изменение температуры проявляется по-разному в различных деталях механизма газопереноса, но изменение менее чем на  $5^\circ\text{C}$  представляется мало существенным [1, 2, 3].

По данным Я. А. Экба и Р. С. Дбар [4] многолетняя изменчивость среднегодовой температуры морской воды в акватории г.Сухум находится в пределах  $15,2\text{--}17,6^\circ\text{C}$ . При общем положительном тренде температуры верхнего горизонта моря, составляющем  $0,4\text{--}0,5^\circ/100$  лет, с начала XX века и до 90-х гг. она понижалась. Начиная с 1994 г., температура воды стала повышаться синхронно с повышением температуры воздуха [1]. За последние десятилетия температура верхнего горизонта сухумской акватории повысилась на  $1,1^\circ\text{C}$ . Наименьшая средняя месячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне наблюдается в феврале, что в целом согласуется с общим ходом теплового баланса. Наибольшая среднемесячная температура наблюдается в августе. Годовые колебания температуры охватывают поверхностный слой в 150 м, а глубже температура остается почти неизменной и в течение всего года составляет  $8\text{--}9^\circ\text{C}$ , что соответственно и оказывает влияние на газообмен сред: вода–воздух.

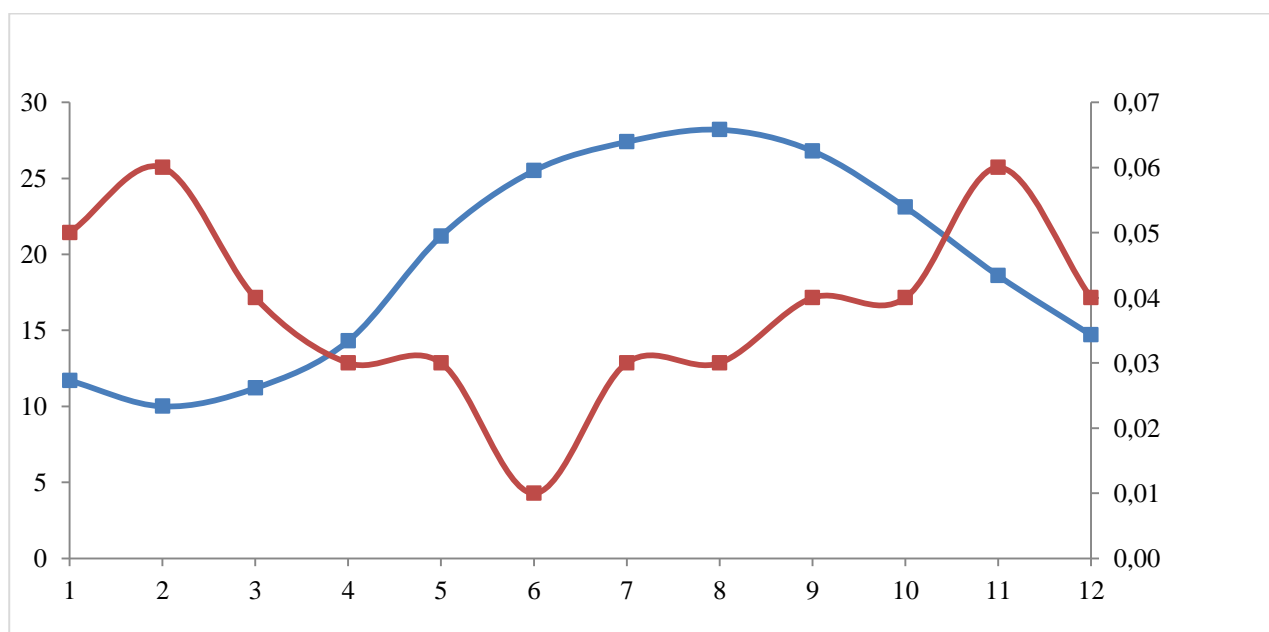
*Объекты и методы исследований.* Проведен анализ динамики концентрации углекислого газа и кислорода в атмосфере прибрежной части Абхазии за период с 2011 по настоящее время по данным мониторинга метеостанции «Маяк», г. Сухум, РА. Непрерывные измерения концентрации  $\text{CO}_2$  на метеостанции «Маяк» г.Сухум были начаты в 2011 г., измерения проводились с помощью газоанализатора ПГА-7 и с 2016 года производятся многокомпонентным анализатором газов МАГ – 6П.

Усредненные среднемесячные значения концентрации  $\text{CO}_2$  в приморской зоне г.Сухум позволила получить временные ряды потока  $\text{CO}_2$ . Максимальные значения отмечаются в октябре-ноябре, минимальные в июне (рис.1).

В целях выявления зависимости потока  $\text{CO}_2$  от температуры поверхности моря рассмотрены их максимальные значения (рис. 2). Видно, что реакция потоков углекислого газа на границе раздела море-атмосфера на изменение температуры поверхности моря имеет противоположные тенденции. При росте температуры поверхности моря происходит уменьшение потока  $\text{CO}_2$  в море. Достаточно очевидно, что распространенное мнение о безусловном усилении поглощения  $\text{CO}_2$  морской воды при уменьшении температуры воды соответствует действительности.



**Рис.1.** Среднемесячные потоки углекислого газа в прибрежной зоне г.Сухум за период 2017-2019 гг.



**Рис.2.** Годовой ход концентрации углекислого газа в прибрежной зоне г.Сухум за период 2017-2019 гг.

Результаты расчётов корреляционной зависимости углекислого газа от гидрофизических параметров произведены нами с помощью коэффициента корреляции  $R$  по следующей формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}}$$

Статистическая значимость  $R$  определяется из условия  $R \geq R^*$ , где  $R^*$  – критическое значение коэффициента корреляции, определяемое по таблице при заданном числе степеней свободы ( $\nu$ ) и уровне значимости ( $\alpha$ ), где

$$\nu = n - 2, \quad n - \text{объём ряда, } \alpha = 5 \%$$

Выводы по статистической значимости корреляции углекислого газа от средних максимальных значений скорости ветра: так как коэффициент корреляции  $0,625761 \geq 0,576$

(критического значения), то с вероятностью 0,95 концентрация углекислого газа зависит от скорости ветра.

Нами также произведён расчёт по статистической значимости корреляции углекислого газа от высоты волны: так как коэффициент корреляции  $0,134632 < 0,576$  (критического значения), то с вероятностью 0,95 концентрация углекислого газа не зависит от высоты волны (табл.).

Таблица

**Критические значения коэффициента парной корреляции**

Число степеней свободы ( $\nu$ )	Уровень значимости ( $\alpha$ )	
	5 %	1 %
10	0,576	0,708
11	0,553	0,684
12	0,532	0,661

Видно что, изменение скорости ветра приводит к существенным изменениям эвазии  $\text{CO}_2$  в атмосфере прибрежной зоны. Максимальные потоки концентрации углекислого газа, хорошо коррелирующие со скоростью ветра, выявлены в осенне-зимний период.

Таким образом на основе анализа среднемесячных и максимальных значений  $\text{CO}_2$  выявлены особенности распределения и оценена взаимосвязь потока  $\text{CO}_2$  с температурой поверхности моря и скорости ветра. Ярко выраженные противоположные тенденции отмечаются во взаимосвязях значений температуры поверхности моря и потока  $\text{CO}_2$ . Полученные результаты вполне согласуются с общими физико-географическими характеристиками Черного моря.

#### Список литературы

1. Ахсалба А. К Многолетние изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Абхазии // Известия вузов Северо-Кавказского региона. – 2007. – № 5. – С. 10-17.
2. Ахсалба А. К., Эмба Я. А., Марандиди С. И. Влияние моря на газовый состав атмосферного воздуха побережья Абхазии. Известия ЮФУ. Технические науки. Таганрог. 2013. Вып. №9 (146). С.30-34.
3. Бортковский Р. С. К оценке среднего обмена кислородом и  $\text{CO}$  [2] между океаном и атмосферой в ключевых районах океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 250-257.
4. Гицба Я. В., Дбар Р. С., Эмба Я. А. Окислительно-восстановительные реакции в черноморской акватории Абхазии // Труды третьей региональной конференции «Биоразнообразие Кавказа». – Нальчик, 2004. – С. 34-37.
5. Эмба Я. А., Дбар Р. С.. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. – Сочи, 2007. – 324 с.
6. Weiss R.F. Carbon dioxide in water and seawater: the solubility of a nonideal gas // Marine Chemistry. 1974. № 2. P. 203–215.
7. Behrenfeld M. Climatedriven trends in contemporary ocean productivity // Nature. 2006. № 444. P. 752 – 755.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Бакаева Е. Н.<sup>1,2,3</sup>, Тарадайко М. Н.<sup>1,2,3</sup>, Зубков Е. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Гидрохимический отдел, Институт водных проблем РАН, г. Ростов-на-Дону

<sup>2</sup>Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

<sup>3</sup>Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

rotaria@mail.ru, marusi\_2010@mail.ru

## APPLICATION OF PHYTOTESTING FOR GROUNDWATER TOXICITY ASSESSMENT

Bakaeva E.N.<sup>1,2,3</sup>, Taradayko M.N.<sup>1,2,3</sup>, Zubkov E.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hydrochemical department, Water Problems Institute of RAS, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>Hydrochemical Institute of Roshydromet, Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup>Institute of Earth Science, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

rotaria@mail.ru, marusi\_2010@mail.ru

**Аннотация.** Исследована фитотоксичность грунтовых вод левобережья Нижнего Дона. Выбор тест-объектов для фитотестирования определяется минерализацией вод. Желательно одновременное применение солеустойчивого и несолеустойчивого растения. Фитотоксичность была выявлена только с несолеустойчивым тест-объектом *Raphanus sativus*. В отношении солеустойчивого растения тестируемые воды не проявили токсичность. Однако применение воды тестируемых проб в целях орошения опасно возможными последствиями осолонцевания почв.

**Ключевые слова:** фитотестирование, биотестирование, грунтовые воды, токсичность.

**Abstract.** The phytotoxicity of groundwater on the left bank of the Lower Don was investigated. The choice of test objects for phytotesting is determined by water salinity. The simultaneous use of a salt-tolerant and a non-salt-tolerant plant is desirable. Phytotoxicity was detected only with the non-salt tolerant test-object *Raphanus sativus*. The tested waters did not show toxicity for the salt-tolerant plant. However, the use of water from the tested samples for irrigation purposes is dangerous with the possible consequences of alkalization of soils.

**Keywords:** phytotesting, bioassay, groundwater, toxicity.

Грунтовые воды формируются в основном за счёт инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, их химический состав зависит также от состава почвы. Несмотря на относительно слабую защищенность от загрязнения, грунтовые воды имеют распространенное применение как источники водоснабжения населенных пунктов Ростовской области. Воды первого от поверхности водоносного горизонта с помощью колодцев и неглубоких скважин почти повсеместно используются местным населением для питья, водопоя скота и хозяйственных нужд. В силу природных факторов грунтовые воды исследуемой территории характеризуются большой уязвимостью по отношению к техногенному загрязнению и классифицируются как незащищенные или слабо защищенные [1]. С загрязнением вод связана одна из характеристик качества вод, определяющих их пригодность для сельскохозяйствен-

ного использования и питьевых целей – токсичность. Информацию об общей токсичности с учетом эффектов всех присутствующих в среде веществ получают на основе реакций живых организмов – методом биотестирования. При использовании в биотестировании высших растений оценивают фитотоксичность, как способность компонентов окружающей среды подавлять рост и развитие растений, обусловленную действием присутствующих веществ.

Ввиду климатических особенностей, для степной зоны юга России, в которую входит Ростовская область, характерно малое количество атмосферных осадков и интенсивное испарение вод, это предполагает относительно высокие значения минерализации поверхностных и грунтовых вод, что следует учитывать при подборе тест-объектов для проведения фитотестирования.

На территории Ростовской области широко развита сельскохозяйственная деятельность, поэтому выбор тест-объектов проводился из числа культур, возделываемых на данной территории, а также обладающих устойчивостью к достаточно высокому содержанию солей. Среди солеустойчивых культур был выбран ячмень *Hordeum vulgare* [2, 6]. Как неустойчивая к засолению культура, но хорошо зарекомендовавший себя в фитотестировании тест-объект использован редис *Raphanus sativus* [3]. Одновременное использование двух культур: однодольного и двудольного растений соответствует требованиям методики [3].

Для фитотестирования использовали семена выбранных высших растений. В ходе опыта фиксировали тест-показатели: всхожесть семян, количество ростков, длину стеблей, длину корней. Критерием токсичности служили отклонения значений тест-показателей на 50% от контроля. В качестве контрольных приняты значения аналогичных тест-показателей семян, полученные в дехлорированной водопроводной воде.

Исследовали токсичность грунтовых вод территории левобережья Нижнего Дона, отобранных в июле 2020 г. Места отбора проб из колодцев и скважин указаны в таблице. В пробах грунтовых вод, отобранных для биотестирования определены значения сухого остатка [5] (таблица).

Анализ полученных результатов биотестирования показал, что реакция использованных тест-объектов была выразительной по метрическим показателям и имела некоторые общие тенденции. Отмечалось ингибирующее действие большинства проб грунтовых вод по росту корней (рисунок).

Однако токсичность грунтовых вод была обнаружена лишь в пробе 5 из колодца в станице Хомутовской при помощи фитотеста с редисом по тест-показателю «длина корней». Указанная проба воды выделялась среди прочих по суммарному содержанию растворенных в воде минеральных веществ, о котором судили по сухому остатку (таблица). Значение сухого остатка в ней было наибольшим –  $4,5 \text{ г/дм}^3$ , это позволяет отнести пробу воды по типу к солоноватым. По данным многолетних исследований химического состава грунтовых вод [4] воды из колодца в станице Хомутовской относятся к типу сульфатных, для них характерно высокое содержание не только сульфатов, но и ионов кальция, магния, натрия (в среднем 2-4 ПДК для воды питьевого назначения), высока жёсткость.

Воды остальных проб характеризовались как слабосолоноватые, оказывали угнетающее, но не токсическое действие на ростовые характеристики используемых растений.

Реакция редиса на воздействие грунтовых вод была более острой ввиду его большей чувствительности к высокому содержанию солей. В контроле сухой остаток имел значение около  $0,8 \text{ г/дм}^3$ , что в 1,8-5,6 раз меньше значения данного показателя в тестируемых грунтовых водах. Однако для вод, забираемых из поверхностных водных объек-

тов в целях орошения сельхозугодий характерно значение сухого остатка близкое 0,8 г/дм<sup>3</sup>.

Пригодными для орошения принято считать воды с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup>. Однако в практике имеются примеры успешного использования для орошения почв легкого механического состава воды с минерализацией 5-6 г/ дм<sup>3</sup>, среднего и тяжелого механического состава – до 2–3 г/ дм<sup>3</sup>, для супесчаных и песчаных почв – 10-12 г/дм<sup>3</sup> [2].

Среднегодулетние значения минерализации грунтовых вод исследуемой территории, выше определенных в отобранных нами пробах. Также для грунтовых вод характерна изменчивость солевого состава [4].

Опасность развития негативных процессов при поливе определяется концентрацией и соотношением главных ионов: хлоридного засоления, натриевого и магниевого осолонцевания. Опасность осолонцевания почв поливной водой с неблагоприятным катионным составом была определена нами по величине натриевого адсорбционного отношения SAR (таблица), рассчитанному по формуле Ричардса [2]. Для расчета были использованы среднегодулетние значения концентрации главных ионов и минерализация [4]. Выявлено, что применение проб воды из колодцев и скважин в хуторах Елки и Красный, станицах Манычской и Хомутовской в целях орошения опасно возможными последствиями осолонцевания почв.

Таблица

Местоположение пунктов отбора проб, характеристики проб грунтовых вод

№ пробы	Населенный пункт	Сухой остаток, г/дм <sup>3</sup>	Опасность осолонцевания по SAR по [4]
1	х. Елкин	1,624	опасно
2	ст. Багаевская	2,232	не опасно
3	ст. Манычская	2,085	опасно
4	х. Красный	2,885	опасно
5	ст. Хомутовская	4,515	опасно
6	с. Самарское	1,409	не опасно
7	г. Зерноград	1,894	не опасно

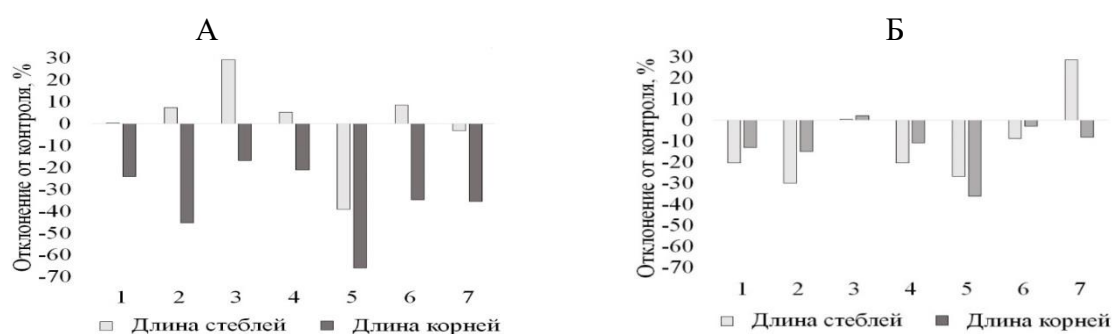


Рис.1. Результаты биотестирования грунтовых вод с тест объектами редис (А), ячмень (Б)

**Выводы.** Применение фитотестирования приемлемо для оценки токсичности грунтовых вод. Одним из определяющих моментов при выборе тест-объектов для фитотестирования грунтовых вод является их достаточно высокая минерализация. Кроме того, значение данного показателя имеет свойство изменяться в широком диапазоне, поэтому для фитотестирования желательно применение двух культур высших растений, одна из которых является солеустойчивой.

Токсичность грунтовых вод была выявлена при фитотестировании только с несолеустойчивым тест-объектом *Raphanus sativus* в пробе с наибольшим значением минерализации. Таким образом, данный тест-объект можно использовать при фитотестировании грунтовых вод с минерализацией порядка 4 г/дм<sup>3</sup> и менее.

В отношении солеустойчивого растения тестируемые грунтовые воды не проявили токсичность, однако применение воды большинства проб в целях орошения опасно с возможными последствиями осолонцевания почв.

Авторы искренне благодарят старшего научного сотрудника лаборатории методов и технических средств анализа вод Гидрохимического института Тамбиеву Н. С. за помощь в проведении химического анализа тестируемых вод.

#### Список литературы

1. Белоусова А. П., Агеева И. В., Руденко Е. Э. Оценка защищенности подземных вод юга европейской части России // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 2. С. 131–141.
2. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Экология почв. Учебное пособие для студентов вузов. Часть 2. Разрушение почв. Дегумификация. Нарушение водного и химического режима почв. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.
3. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М.: Стандартинформ, 2010. – 15 с.
4. Зубков Е. А., Гарькуша Д. Н., Барцев О. Б., Никаноров А. М. Грунтовые воды юга Ростовской области и их влияние на подтопление территорий населенных пунктов. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2019. 196 с.
5. РД 52.24.468-2019. Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом. Ростов-на-Дону, 2020. 23 с.
6. Изучение и подбор солеустойчивых сельскохозяйственных культур для возделывания на засоленных почвах. Практическое руководство. – Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций и Общественный фонд “Центр обучения, консультации и инновации”. Бишкек, 2018. 23 с.



**ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРЯЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ТУРАЛИНСКИХ ОЗЁР РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН**

Н. Н. Баранникова, Ю. А. Федоров, Н. И. Лулудов  
кафедра физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле  
Южного федерального университета,  
г. Ростов-на-Дону  
nnbarannikova@sfedu.ru

**PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF MUD SEDIMENTS OF TURALINSKY  
LAKES, REPUBLIC OF DAGESTAN**

N.N. Barannikova, Yu.A. Fedorov, N.I. Luludov

**Аннотация.** Экологическое состояние грязевых отложений озёр Большое и Малое Турали в Республике Дагестан вызывает серьёзные опасения в научных кругах. В результате неконтролируемой деятельности человека происходит загрязнение водоёмов, изменяется их гидрологический и гидрохимический режим, что вызывает повсеместное ухудшение качества лечебных грязей. Донные отложения Туралинских озёр относят к лечебным грязям. В сообщении представлены результаты изучения водородного показателя, окислительно-восстановительного потенциала, плотности, влажности, содержания метана и сульфидов, которые свидетельствуют о деградации и ухудшении качества лечебных грязей.

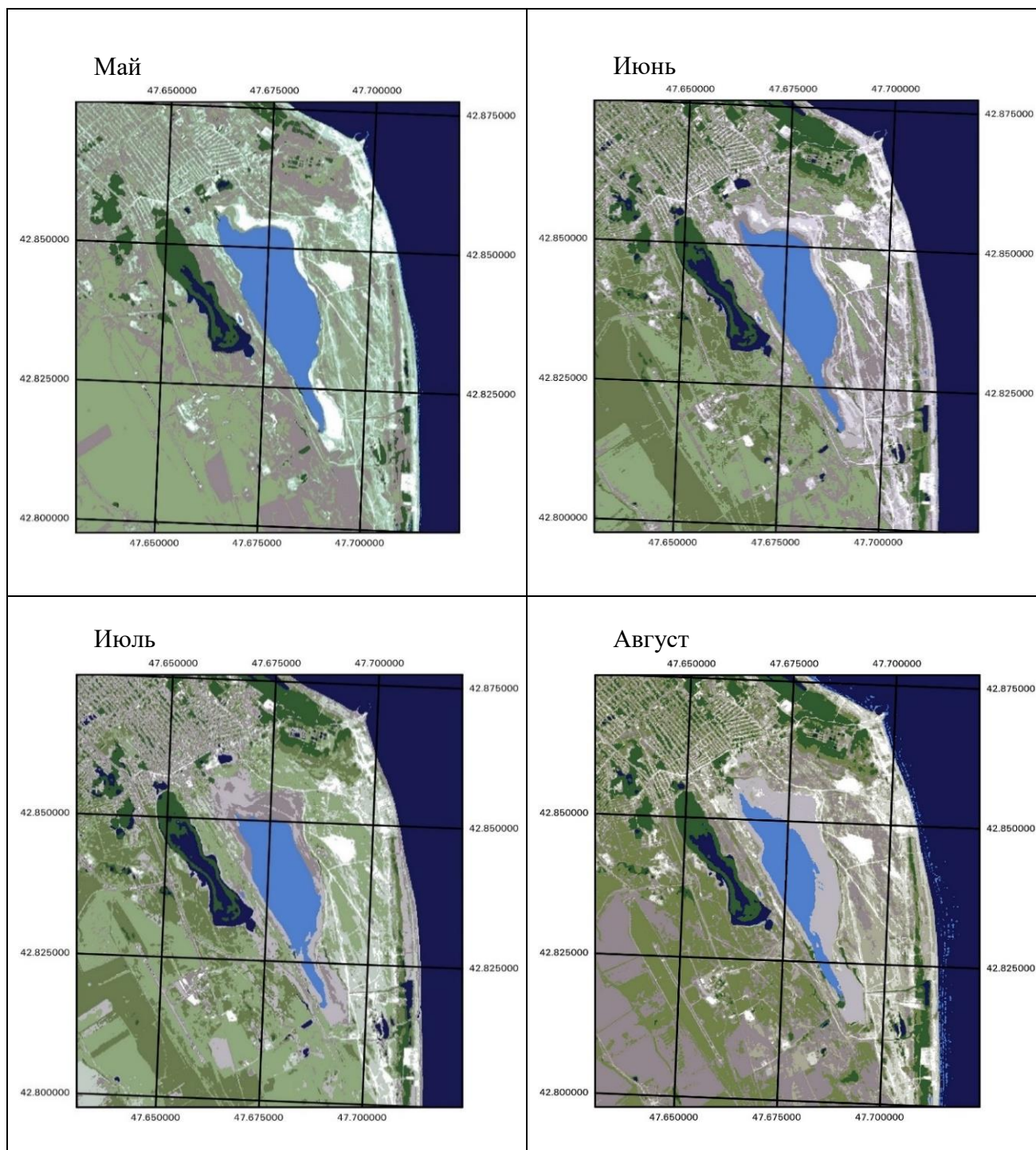
**Ключевые слова:** Республика Дагестан, грязевые озёра, Малое и Большое Турали, лечебные грязи, донные отложения, пелоиды, Юг России.

**Abstract.** The ecological state of mud sediments of the Bolshoye and Maloye Turali lakes in the Republic of Dagestan raises serious concerns in scientific circles. As a result of uncontrolled human activity, water bodies are polluted, their hydrological and hydrochemical regimes change, which causes a widespread deterioration in the quality of therapeutic mud. The bottom sediments of the Turalin lakes are classified as curative mud. The report presents the results of studying the hydrogen index, redox potential, density, moisture, methane and sulphide content, which indicate the degradation and deterioration of the quality of therapeutic mud.

**Keywords:** Republic of Dagestan, mud lakes, Small and Big Turali, therapeutic muds, bottom sediments, peloids, Russian South.

Большое и Малое Турали – естественные приморские водоёмы лагунного происхождения. Экологическое состояние грязевых отложений озёр Большое и Малое Турали в Республике Дагестан вызывает серьёзные опасения в научных кругах. В результате неконтролируемой деятельности человека происходит загрязнение водоёмов, изменяется их гидрологический и гидрохимический режим, что вызывает повсеместное ухудшение качества лечебных грязей. Донные отложения Туралинских озёр относят к лечебным грязям. Они представлены осадком от светло-серого до темно-серого и буровато-коричневого цвета, различной плотности и консистенции [1].

Глубина озёр весной не превышает 1,2 м, а к концу августа озеро Большое Турали сильно пересыхает, что отражается на его морфометрических показателях (рис.1).

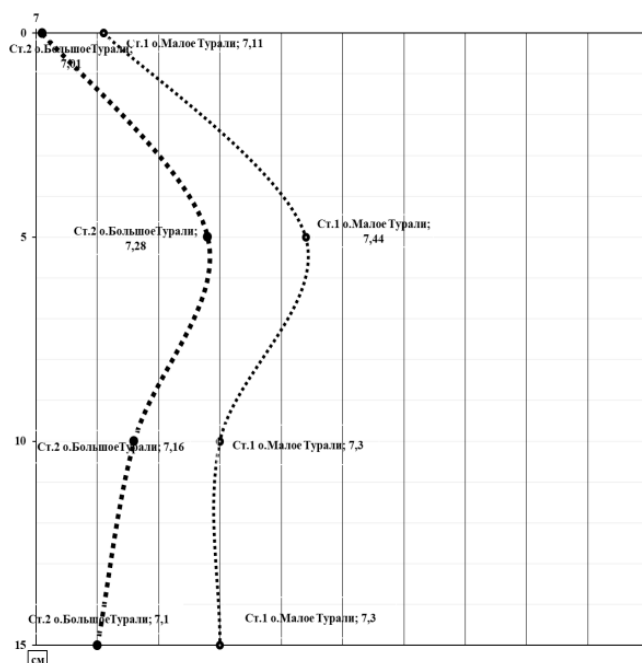


**Рис. 1.** Изменение площади водного зеркала озера Большое Турали в период с мая по август 2018 г.

Дно водоёмов преимущественно илистое, состоит из вязкого тёмно-серого ила и грязей, достигающих местами мощности до 0,6 м. Большая солёность воды в озёрах, препятствует развитию растительности. Лишь участки мелководий озера Малое Турали покрыты тростниковыми зарослями (рис. 1).

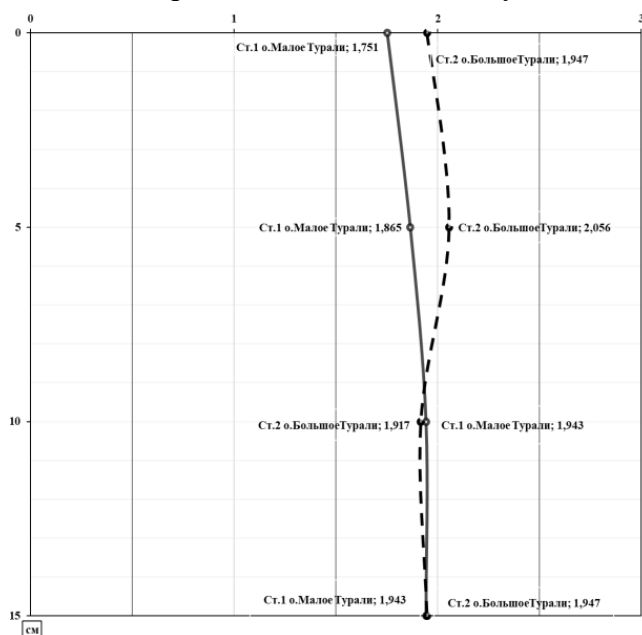
Значения рН в озере Малое Турали изменялись в пределах 7,1–7,44 (в среднем 7,29), в озере Большое Турали – 7,01–7,3 (в среднем 7,13). Не отмечено каких-либо существенных флюктуаций по глубине донных отложений (рис. 2).

Грязевые отложения Туралинских озёр отнесены нами к слабощелочным.



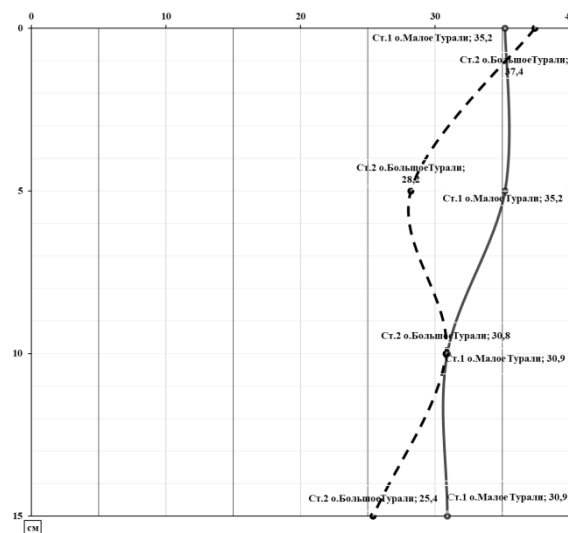
**Рис. 2.** Распределение значений рН по вертикальному профилю грязевых отложений Туралинских озёр

Показатели: плотность и влажность являются одними из важных реологических свойств грязей. Распределение значений плотности ( $\rho$ ) по вертикальному профилю донных отложений Туралинских озёр варьировалось от 1,751 до 2,056 г/см (рис. 3). В озере Малое Турали наблюдается тенденция возрастания плотности с глубиной донных отложений.



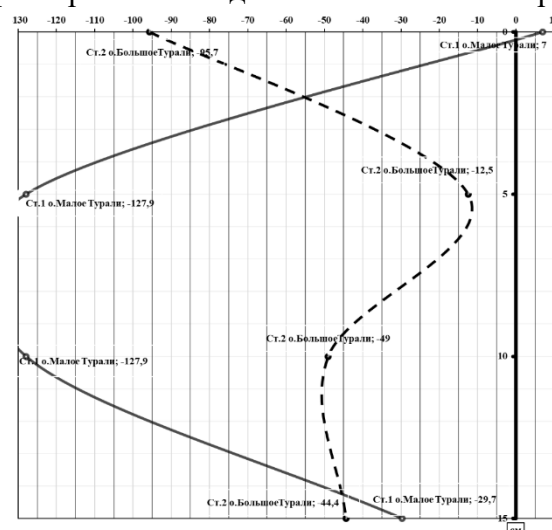
**Рис. 3.** Распределение значений плотности (в г/см) по вертикальному профилю грязевых отложений Туралинских озёр

Влажность донных отложений изменялась в среднем на 29,7 %. Судя по рисунку, в озере Малое Турали наблюдается тенденция к увеличению, тогда как в озере Большое Турали – к незначительному снижению этого показателя с глубиной погружения донных отложений (рис. 4).



**Рис. 4.** Распределение значений влажности (в %) по вертикальному профилю грязевых отложений Туралинских озёр

Значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) по вертикальному профилю донных отложений Туралинских озёр варьировался от -127,9 до +7 мВ. Наиболее высокими значениями Eh характеризовались донные отложения озера Малое Турали (рис. 5).

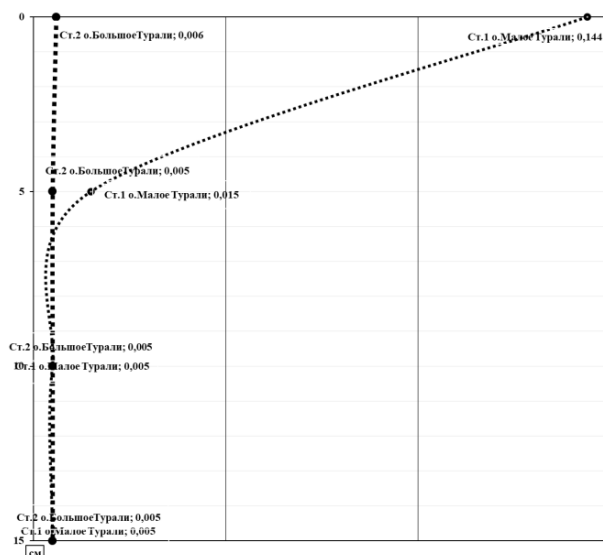


**Рис. 5.** Распределение значений Eh по вертикальному профилю донных отложений Туралинских озёр

Как показывает рисунок 5 каждое из исследованных озёр характеризуется особым распределением показателей Eh с глубиной в донных отложениях. Так, в озере Малое Турали этот показатель до глубины 5 см снижается, а затем опять происходит увеличение почти до первоначальных значений. Озеро Большое Турали отличается от озера Малое Турали практически противоположным характером распределения показателей Eh – изменение показателей с -95,7 мВ до -44,4 мВ. В методических рекомендациях указано, что норма иловой грязи составляет -500 – +50,0 мВ [2].

Большой интерес в бальнеологическом отношении представляет наличие метана и общего (суммарного) сероводорода [5, 6].

Содержание суммарного сероводорода в донных отложениях изучаемых озёр находилось в пределах от 0,005 до 0,144 мг/г вл. в.

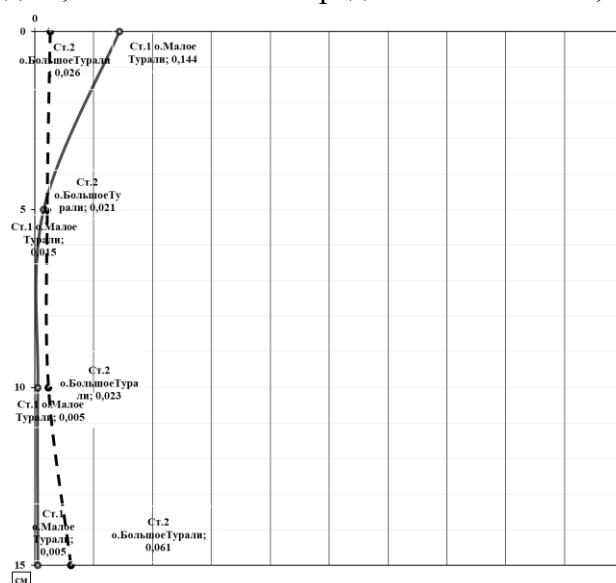


**Рис. 6.** Распределение значений  $\Sigma H_2S$  (мг/г) по вертикальному профилю донных отложений Туралинских озёр

Наибольшие значения отмечены в верхних горизонтах озера Малое Турали 0,144 мг/г вл. в., значит грязевые отложения относятся к слабосульфидным (0,01 – 0,15%) или (0,1 – 1,5 мг/г вл. в.), по другой (Михеева, 1983) – к бессульфидным (ниже 0,01% или 0,1 мг/г вл. в.). В обоих случаях можно сделать заключение о низком содержании суммарного сероводорода в донных осадках грязевых озёр.

Метан и сероводород являются главными восстановленными газами водных экосистем, формирующиеся, в основном, вследствие протекания в донных отложениях сложных метаболических процессов [1,4]. Между процессами сульфатредукции и метаногенеза в зависимости от условий, складывающихся в водных объектах, могут наблюдаться как конкурентные, так и синтрофные взаимоотношения, проявляющиеся в характере связи между концентрациями метана и сероводорода [3].

Содержание метана в донных отложениях исследуемых озёр варьировалось в пределах от 0,012 мкг/г вл. в. до 0,12 мкг/г вл. в. со средним значением 0,04 мкг/г вл. в.



**Рис. 7.** Распределение значений  $CH_4$  (мкг/г) в донных отложениях по вертикальному профилю Туралинских озёр

Наиболее высокие значения этого показателя отмечены в озере Большое Турали. Самые низкие концентрации значений  $\text{CH}_4$  по вертикальному профилю донных отложений наблюдались в озере Малое Турали – 0,005 мкг/г вл. в. В донных отложениях озера Большое Турали самая высокая концентрация метана отмечена на глубине 15 см – 0,061 мкг/г вл. в. У берега Большого Турали отмечены микропроявления грязевого вулканизма.

Высыхание и деградация грязевых отложений были зафиксированы на озере Большое Турали Республики Дагестан во время экспедиционных исследований, что подтвердилось результатами анализа такого бальнеологического показателя как содержание сульфидов, которое указывает на их снижение в период с 1978 по 2018 г. в грязевых отложениях. Определённые реологические свойства, содержание сульфидов и метана позволило нам отнести лечебные грязи по классификации Федорова Ю. А. [4] к деградированным.

#### Список литературы

1. Грязевые озёра Республики Дагестан: прошлое и настоящее / Ю. А. Федоров, Н. Н. Баранникова, И. В. Доценко, Н. И. Лулудов. Донской издательский дом, Ростов-на-Дону, 2019 – 107 с.
2. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания N 2000/34".31.03.2000 Категория: Россия (по состоянию на август 2014г.)
3. Кузнецов С. И., Саралов А.Е., Назина Т.Н. Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах. – М.: Наука, 1985. – 213с.
4. Федоров Ю. А. К вопросу о классификации лечебных грязей // Экологические проблемы. Взгляд в Будущее: сб. трудов VIII Международной научно-практической конференции (БП и СОТ «Витязь» – БП и СОТ «Лиманчик» 8-11 сентября; 2017). Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017, с. 447 – 456.
5. Fedorov Yu.A., Ruban D.A. Peloids as important resource for regional sustainable development: conceptual considerations // *Espacios*, 2018, Vol. 39, № 51, p. 21.
6. Fedorov Y.A., Ruban D.A. Geoheritage Resource of Small Mud Lakes in the Semi-Arid Environments of the Russian South // *Resources*, 2019, Vol. 8, 75.

## ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА НА ПОДВИЖНОСТЬ Cu В СОЧЕТАНО ЗАГРЯЗНЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

Барахов А. В., Лобзенко И. П., Черникова Н. П., Дудникова Т. С., Бурачевская М. В., Манджиева С. С., Минкина Т. М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

г. Ростов-на-Дону

e-mail: tolik.barakhov@mail.ru

## EFFECT OF DIATOMITE ON Cu MOBILITY IN COMBINED POLLUTED CHERNOZEM

Barakhov A.V., Lobzenko I. P., Chernikova N. P., Dudnikova T. S., Burachevskaya M. V., Mandzhieva S. S., Minkina T. M.

Southern Federal University

Rostov-on-Don

e-mail: tolik.barakhov@mail.ru

**Аннотация:** Исследовано изменение подвижности Cu при использовании диатомита в почве модельного лабораторного опыта при сочетанном загрязнении бенз(а)пиреном и Cu. Показана тенденция к увеличению количества непрочно связанных соединений (обменных, комплексных и специфически сорбированных) при загрязнении почвы. Благодаря высокой сорбционной способности диатомита, его применение привело к уменьшению содержания всех мобильных соединений Cu, а, следовательно, и ее подвижности в загрязненной почве.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды, сочетанное загрязнение, минеральный сорбент

**Abstract:** The change in Cu mobility was studied when diatomite was used in the soil of a model laboratory experiment with combined contamination of Benz(a)pyrene and Cu. The tendency to increase the number of loosely bound compounds (exchangeable, complex and specifically sorbed) during soil contamination is shown. Due to the high sorption capacity of diatomite, its use has led to a decrease in the content of all mobile Cu compounds, and, consequently, its mobility in contaminated soil.

**Keywords:** heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, combined pollution, mineral sorbent

Почва является ключевым звеном биогеохимических циклов химических элементов [3], поскольку в ней происходит перераспределение всех веществ, поступающих из окружающей среды. В техногенно загрязненных почвах происходит изменение их физических, химических и биологических свойств [7]. Одними из наиболее опасных загрязняющих почвы веществ являются тяжелые металлы (ТМ) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [12]. Влияние загрязнения отдельных органических и неорганических поллютантов на окружающую среду хорошо изучено, однако работ, посвященных сочетанному воздействию ТМ и ПАУ, значительно меньше [14].

Медь относится к группе ТМ по своим физико-химическим свойствам [8]. По распространенности в природных средах Cu является микроэлементом: кларк в верхней части континентальной коры составляет 39,0 мг/кг, а среднемировое содержание в почвах – 38,9 мг/кг [10]. В почвах Cu встречается в самородной форме, в виде сульфидов, оксидов и гидроксидов, карбонатов.

Бенз(а)пирен (БаП), один из самых опасных соединений группы ПАУ, относится к ксенобиотикам [15]. БаП представляет собой высокомолекулярное органическое соединение (формула  $C_{20}H_{12}$ ), образованное из пяти конденсированных бензольных колец с молекулярным весом 252,31 г/моль [11]. ПАУ, так же, как и ТМ, поступают в почвы как из природных источников, так и вследствие антропогенной деятельности [9].

Универсального метода восстановления почв, подвергшихся загрязнению ТМ и ПАУ, не существует. Основные подходы к восстановлению сочетано загрязненных почв состоят либо в снижении концентраций поллютантов до безопасного уровня, либо в стабилизации и иммобилизации поллютантов для снижения их биодоступности [12]. Мелиоранты, как правило, также обладают выраженными сорбционными свойствами в отношении различных поллютантов. Применение сорбентов не только малозатратно, но и просто в применении и высокоэффективно как в отношении селективного удаления поллютантов, так и в части восстановления качества почв [4]. Диатомит – это минеральный сорбент состоящий преимущественно из аморфного диоксида кремния, содержание которого в нем доходит до 70%. Диатомит представлен рентгеноаморфным опалом и  $\alpha$ -модификацией кварца. Опал-кристобалитовые породы используются в качестве сырья в промышленности, в том числе и в строительной области. Значительная часть диатомитового сырья используется для производства сорбентов и фильтров.

Цель работы – определить эффективность применения минерального сорбента (диатомита) на подвижность Cu в сочетано загрязненном черноземе (медь и БаП).

Для достижения поставленной цели был заложен модельный опыт. Для закладки модельного опыта использовался верхний слой чернозема обыкновенного карбонатного (Haplic Chernozem). Исследуемая почва обладает следующими физико-химическими свойствами: pH – 7.3; содержание физической глины – 48.1%; ила – 28.6%; органического углерода – 3.7%; карбонатов – 0.1%.

В пластиковые емкости помещали по 50 г почвы, просеянной через сито диаметром ячеек 2 мм, добавляли водный раствор ацетата Cu и раствор БаП в ацетонитриле. Доза внесения металла 5 ПДК (275 мг/кг, [5] и 10 ПДК БаП (200 мг/л) [13]. Через 2 месяца после закладки опыта в загрязненную почву добавляли сорбент (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 % от массы почвы). В качестве сорбента вносили диатомит. Опыт заложен в трехкратной повторности по следующей схеме: 1) Контроль; 2) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu; 3) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu + диатомит 0,5%; 4) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu + диатомит 1,0%; 5) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu + диатомит 1,5%; 6) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu + диатомит 2,0%; 7) 10 ПДК БаП + 5 ПДК Cu + диатомит 2,5%.

Для изучения процессов трансформации Cu в загрязненных почвах использовали подход, предложенный Минкиной Т. М. [6]. В почвах выделяются две наиболее важные с экологической точки зрения группы соединений металлов: прочно и непрочно связанные с почвенными компонентами. Непрочно связанные соединения (НС) ТМ наиболее важны с экологической точки зрения, так как они способны переходить из почв в сопредельные среды (в растения и природные воды). Содержание непрочно связанных соединений ТМ в почве



определено на основе результатов экстракции их из почвы тремя параллельными вытяжками, позволяющими извлекать обменные, комплексные и специфически сорбированные соединения металлов из почвы.

Общее содержание Cu в исследуемой почве соответствует фоновому содержанию Cu в черноземах обыкновенных [1]. Содержание непрочно связанных соединений Cu в незагрязненной почве не превышает ПДК для подвижных форм (3 мг/кг) [2] (табл. 1). Основная доля в составе группы НС соединений представлена специфически сорбированными формами. Содержание обменных и комплексных соединений металла незначительное. Низкая концентрация наиболее подвижных (обменных) соединений Cu в черноземе обыкновенном карбонатном объясняется присутствием карбонатов, их высоко дисперсной мицелярной формой и слабощелочной реакцией среды [1].

При искусственном загрязнении общее содержание Cu увеличивается в соответствии с дозой загрязнения (табл. 1). Однако оценка экологического состояния загрязненных почв сводится к выявлению не столько увеличения в них общего содержания ТМ, сколько установлению изменений их подвижности. Установлено, что содержание всех форм НС соединений Cu увеличилось в несколько раз при внесении в почву органического и неорганического поллютантов. При внесении поллютантов доля НС соединений от общего содержания Cu увеличивается и составляет 49 %. При внесении сорбентов подвижность Cu заметно снижается до 11-42%, особенно эффективно при использовании дозы 2,5% диатомита (табл. 1). Ионный обмен между ионами Cu (II) и протонами или другими ионными компонентами на поверхности минеральных сорбентов является основным механизмом, участвующим в процессе иммобилизации ТМ [16]. В адсорбционную полость могут проникать лишь те молекулы, кристаллический размер которых меньше пор сорбента. Происходит явное снижение доли обменных и комплексных форм Cu, при увеличении доли специфически сорбированных форм (табл.1).

Таблица 1

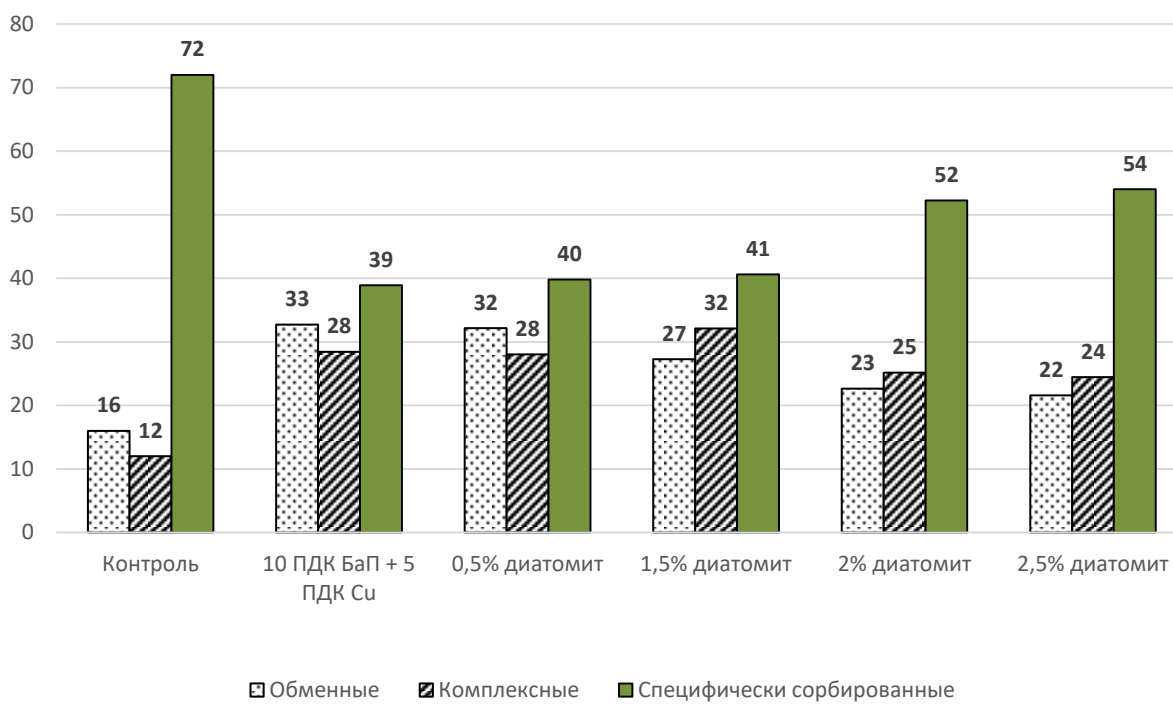
**Содержание НС соединений Cu в черноземе обыкновенном модельного лабораторного эксперимента, мг/кг**

Вариант опыта	Общее содержание	Обменные	Комплексные	Специфически сорбированные	Сумма НС
Контроль	44,0±2,4*	0,4±0,1	0,3±0,1	1,8±0,1	2,5
10 ПДК BaП + 5 ПДК Cu	321,0±11,0	51,7±3,7	45,0±2,9	61,5±5,1	158,2
10 ПДК BaП + 5 ПДК Cu + 0,5% диатомит	328,0±12,0	43,9±3,2	38,3±2,2	54,4±3,3	136,6
10 ПДК BaП + 5 ПДК Cu + 1,5% диатомит	313,0 ±10,0	24,8±1,5	29,2±1,8	36,9±2,7	90,9
10 ПДК BaП + 5 ПДК Cu + 2% диатомит	312,0±15,0	13,5±1,0	15,0±0,8	31,2±2,5	59,7
10 ПДК BaП + 5 ПДК Cu + 2,5% диатомит	315,0±12,0	7,5±0,7	8,5±0,5	18,8±1,1	34,8

\* – ошибка средней

При сочетанном загрязнении почвы происходит изменение в групповом составе непрочно связанных соединений Cu: увеличилась доля обменных и комплексных соединений за счёт уменьшения доли специфически сорбированных соединений, практически в 2 раза

(рис. 1). При добавлении сорбента к загрязнённой почве содержание подвижных форм Cu снижалось на всех уровнях загрязнения (рис. 1). Доза диатомита 0,5 % не оказывала значительного эффекта на содержание НС соединений Cu, однако даже при такой низкой дозе сорбентов прослеживается тенденция к снижению содержания подвижных форм Cu (рис. 1). С увеличением дозы сорбента его эффект усиливался, заметные изменения прослеживались на дозах внесения 2% и 2,5% диатомита (рис.1).



**Рис.1.** Групповой состав Cu в загрязненной почве при внесении диатомита, % от НС

Таким образом, установлено, что внесение в почву поллютантов привело к увеличению подвижности Cu в почве модельного лабораторного эксперимента. В группе НС соединений Cu в чернозёме обыкновенном преобладают специфически сорбированные соединения, являющиеся ближайшим резервом прочно удерживаемых соединений металла. При этом при сочетанном загрязнении БаП и Cu, доля обменных и комплексных форм Cu увеличивалась за счёт уменьшения доли специфически сорбированных форм металла. Внесение сорбента способствовало иммобилизации Cu в почве. При этом снижалось в первую очередь содержание наиболее подвижных – обменных форм Cu. Диатомит показал свою эффективность при его внесении в почву, содержание НС соединений Cu снизилось до значений, близких к контрольным.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-29-05265 и гранта Президента № МК- 2244.2020.5*

#### Литература

1. Акимцев В. В., Болдырева А. В., Голубев С. Н., Кудрявцев М. И., Руденская К. В, Садименко П. А., Собдорникова И. Г. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области // Материалы Третьего межвузовского совещания «Микроэлементы и естественная радиоактивность почв». – 1962. – С. 37-42.

2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические стандарты. Введ. 2006-04-01. М.: Роспотребнадзор. 2006. 15 с.
3. Ермаков А. А., Карпова Е. А., Шохин В. А., Парубец Ю. С. Сравнение альтернативных вариантов подготовки почвенных проб для оценки обеспеченности почв микроэлементами // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 3. – С. 52–55.
4. Копчик Г. Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 851–868.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – Введ. 1992-04-10.- М., 1992. – 27 с.
6. Минкина Т. М., Мотузова Г. В., Назаренко О. Г. Комбинированный прием фракционирования соединений металлов в почвах // Почвоведение. – 2008. – № 11. – С. 1324-1333.
7. Минкина Т. М., Назаренко О. Г., Мотузова Г. В., Манджиева С. С., Бурачевская М. В. Групповой состав соединений тяжелых металлов в почвах агроценозов, загрязненных аэрозольными выбросами Новочеркасской ГРЭС // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С. 68–77.
8. Antoniadis V., Shaheen S. M., Levizou E., Shahid M., Niazi N. K., Vithanage M., Ok Y. S., Bolan N., Rinklebe J. A critical prospective analysis of the potential toxicity of trace element regulation limits in soils worldwide: Are they protective concerning health risk assessment? – A review // Environment International. – 2019. – Vol. 127. – P. 819–847.
9. Haritash A. K., Kaushik C. P. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – Vol. 169. – P. 1–15.
10. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. – Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2011. – 548 p.
11. Mackay D., Shiu W. Y., Ma K.-C., Lee S. C. Handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals. 2nd ed.: in 4 vol. – Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group: Introduction and Hydrocarbons, 2006. – 919 p.
12. Rajput V., Minkina T., Semenov I., Klink G., Tarigholizadeh S., Sushkova S. Phylogenetic analysis of hyperaccumulator plant species for heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons // Environmental Geochemistry and Health. – 2020.
13. Sushkova S., Minkina T., Deryabkina I., Rajput V., Antonenko E., Nazarenko O., Hakki E., Mohan D // Environmental pollution of soil with PAHs in energy producing plants zone // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 655. – P. 232-241.
14. Wang C., Yang Z., Zhang Y., Zhang Z., Cai Z. PAHs and heavy metals in the surrounding soil of a cement plant Co-Processing hazardous waste // Chemosphere. – 2018. – Vol. 210. – P. 247–256.
15. Xinxin Y., Shenghong K., Huimin W., Hongying L., Yunxia Z., Guozhong W., Huijun Z. Modified natural diatomite and its enhanced immobilization of lead, copper and cadmium in simulated contaminated soils Journal of Hazardous Materials. – 2015. – Vol. 289. – P. 210–218

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ДОНСКОГО БАССЕЙНА

Баскакова А. Г., Куролап С. А.  
Воронежский государственный университет, Воронеж  
geoecolog@mail.ru

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF RIVER WATER QUALITY DON BASIN TERRITORIES

Baskakova A.G., Kurolap S. A.  
Voronezh State University  
geoecolog@mail.ru

**Аннотация.** В статье описан метод экологической оценки качества речных вод в верхнем и среднем течении реки Дон и его притоков на территории Воронежской области. Использован удельный комбинаторный индекс загрязнения вод (УКИЗВ), значения которого позволяют дифференцировать водные объекты по классам и категориям качества вод, а также служат основой планирования водоохранных мероприятий и создания банков данных для национального мониторинга рек.

**Ключевые слова:** качество поверхностных вод, бассейн реки Дон, удельный комбинаторный индекс загрязнения вод.

**Abstract.** The article describes a method for environmental assessment of the quality of river water in the upper and middle reaches of the Don River and its tributaries in the Voronezh region. Used combinatorial specific pollution index (UKIZV) whose values allow us to water bodies by class and category of water quality, as well as serve as a basis for planning water protection measures and the creation of a data bank for the national river monitoring.

**Keywords:** surface water quality, Don river basin, combinatory index of water pollution

Антропогенное давление на водные объекты особенно сильно проявляется в бассейнах малых рек в промышленно развитых и сельскохозяйственных регионах, к числу которых относится и Воронежская область. Малые водотоки имеют большое хозяйственное и рекреационное значение, но при этом они наиболее уязвимы и восприимчивы к внешним воздействиям окружающей среды.

Актуальность исследований обусловлена тем, что проблема обеспечения населения чистой водой имеет глобальный характер. Водные ресурсы бассейна р.Дон широко используются в различных целях, определяя экономику и развитие народного хозяйства региона.

Целью настоящего исследования являлось апробирование метода расчета УКИЗВ для экологической оценки качества речных вод с учетом региональных геохимических характеристик.

Исследуемая территория принадлежит бассейну реки Дон на территории Воронежской области.

Первичный материал для расчета комплексных индексов и оценки экологического состояния водотоков собирался в летний сезон 2019-2020 годов. Всего исследовано 45 проб воды из речных водотоков региона.

Гидрологическое районирование исследуемой области позволяет разделить все реки региона на 5 гидрологических районов: Девицкий, Воронежский, Битюго-Хоперский, Чернокалитвинский и Подгоренский (табл. 1).

Кроме того, была изучена оценка содержания генотоксических соединений в природных водах [1]. Все исследования выполнялись стандартными методами, принятыми в практике мониторинга водных объектов аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ.

Таблица 1

**Гидрологическое районирование исследуемой территории**

Гидрологический район	Водный объект
Воронежский район	<ul style="list-style-type: none"> <li>Воронежское водохранилище,</li> <li>р. Дон,</li> <li>пруд-охладитель АЭС г.Нововоронеж, р.Воронеж</li> </ul>
Девицкий район	<ul style="list-style-type: none"> <li>р.Девица,</li> <li>р.Ведуга,</li> <li>р.Дон</li> </ul>
Чернокалитвинский район	<ul style="list-style-type: none"> <li>р.Дон,</li> <li>р.Черная Калитва,</li> <li>р.Тихая сосна.</li> </ul>
Подгоренский район	<ul style="list-style-type: none"> <li>р.Дон</li> </ul>

Для методики УКИЗВ был выбран перечень ингредиентов химического состава воды, непосредственно оказывающий влияние на качество воды в исследуемом регионе. При установлении перечня показателей целесообразно исходить главным образом из целей оценки, конкретной ситуации на водном объекте и состава поступающих в поверхностные воды загрязняющих веществ [3].

По результатам химического анализа воды реки Дон и его притоков произвели расчет комбинаторного индекса загрязненности воды проводят в соответствии с алгоритмом расчета, изложенном в методических указаниях [2]. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды**

Ингредиенты и показатели загрязненности	Общее число результатов химического анализа ингредиентов, $n_i$	Число результатов химического анализа по ингредиенту, в которых содержание превышает ПДК, $n'_i$	Повторяемость случаев загрязненности ( $\alpha_i$ )	Частный оценочный балл ( $S_{\alpha i}$ ) из приложения Е	Кратность превышения ПДК по ингредиенту для створа, ( $\beta_j$ )	Среднее значение кратности превышения ПДК ( $i$ )	Частный оценочный балл по кратности превышения ( $S_{\beta j}$ )	Обобщенный оценочный балл ( $S_i$ )
1	2	3	4	5	6	7	8	9

По каждому из этих показателей определяются частные оценочные баллы ( $S_{\alpha}$  и  $S_{\beta}$ ) – условные величины. Произведение оценочных баллов является обобщенным оценочным

баллом (S). Сумма обобщенных оценочных баллов по всем ингредиента в створе является комбинаторным индексом загрязненности воды (КИЗВ) [2].

УКИЗВ вычисляется как отношение КИЗВ к количеству ингредиентов, участвовавших в его оценке. Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16.

#### Результаты исследования

Для территории Воронежской области характерен 3 класс качества воды по показателю УКИЗВ, что свидетельствует о необходимости проведения мероприятий по улучшению качества водных объектов (табл. 3).

Таблица 3

#### Результаты расчета УКИЗВ

Гидрологический район	УКИЗВ	Класс качества	Категория вод
Воронежский район	2,8708	3 «А»	загрязненная
Девицкий район	4,4375	4 «А»	грязная
Чёрнокалитвинский район	3,3711	3 «Б»	очень загрязненная
Подгоренский район	2,216	3 «А»	загрязненная

Характерными загрязняющими веществами воды притоков Верхнего и Среднего течений р.Дон являются:

- гидрокарбонаты – в реках Тихая Сосна (1,1 ПДК), Черная Калитва (1,3 ПДК), Дон в Семилукском районе (1,5 ПДК), Девица (1,3 ПДК);

- сульфаты – в реках Тихая Сосна ниже сброса с о/с "АВАНГАРД\_АГРО"(1,3ПДК), Черная Калитва (1,2 ПДК), Дон, Колодежное (1,4 ПДК), Дон, Монастырщина (1,5 ПДК), пруд-охладитель АЭС г.Нововоронеж (3 точки отбора, кратность превышения ПДК от 1 до 1,4 ПДК);

- нитритный азот – Воронежское водохранилище (3 точки отбора, кратность превышения ПДК от 1,2 до 5,8 ПДК), Дон, Колодежное (4,4 ПДК), Дон, Центральный пляж г.Павловска (8 ПДК), Дон на территории Семилукского района (кратность превышения ПДК колеблется от 1,2 до 2,3 ПДК);

- нитратный азот – в реках Дон, Лесково(1,5 ПДК), Дон, Лесково, ГСМ 2 (2 ПДК), Девица, Свинокомплекс (2,2 ПДК);

- соединения железа – в реках Дон, Колодежное (1,2 ПДК), Дон, Центральный пляж г.Павловска (2 ПДК), Дон, Монастырщина (1,6 ПДК), Девица, ЖД мост (1,5 ПДК), Дон, СНТ САЛЮТ (2 ПДК).

Основной источник загрязнений водных объектов бассейна р. Дон – антропогенный: промышленность (накопители отходов и сточных вод, промплощадки, склады ГСМ, нефтебазы, промышленные сточные воды), сельскохозяйственные предприятия (накопители отходов, поля фильтрации, сбросные воды с полей орошаемых земель, сточные воды животноводческих комплексов, ядохимикаты и удобрения), объекты коммунального хозяйства городов и сёл (хозяйственно-бытовые отходы и сточные воды).

Для качественного улучшения водных ресурсов региона основными и приоритетными мероприятиями являются следующие:

- ремонт, строительство, расширение технического уровня и надежности функционирования систем водоснабжения и водоотведения городов и населенных пунктов с обеспечением подачи населению питьевой воды, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям, и нормативной очисткой сточных вод; решение проблемы очистки ливневых стоков;
- соблюдение режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах и проведение противоэрозионных мероприятий;
- строительство на промышленных предприятиях систем повторного и оборотного водоснабжения, локальных очистных сооружений, а также внедрение водосберегающих технологий;
- принятие соответствующих нормативных правовых актов, определение задач и ответственности всех уровней государственной власти, создание системы бесперебойного финансирования противопаводковых мероприятий;
- разработка и выполнение Программы по охране малых рек;
- повышение ответственности за негативное воздействие на окружающую среду;
- дальнейшее расширение существующей наблюдательной сети /мониторинг качества вод/.

***Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 20-05-00779***

#### Список литературы

1. Баскакова А. Г., Иванова Е. Ю., Куролап С. А. 2020. Оценка содержания генотоксических соединений в поверхностных водах Донского бассейна на территории Воронежской области. Региональные геосистемы, 44(2): DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-2-221-230
2. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – СПб.: Гидрометиздат, 2002.-49с.
3. Каверина Н. В. Расчет индекса загрязненности воды: учебное пособие / Н. В. Каверина, В. И. Ступин. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. <http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-180.pdf>

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА НА  
ТЕРРИТОРИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА (РЕСПУБЛИКА  
ХАКАСИЯ)**

Беспалова А. И., Таловская А. В., Язиков Е. Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск  
bespalova.nastena@mail.ru

**ASSESSMENT OF PARTICULATE POLLUTION OF SNOW COVER WITHIN SORSK  
MINING AND PROCESSING PLANT (REPUBLIC KHAKASSIA)**

Bespalova A.I., Talovskaya A.V., Yazikov E.G.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

**Аннотация.** Снеговой покров – это индикатор загрязнения атмосферы. В работе представлена оценка пылевого загрязнения снегового покрова на территории Сорского ГОКа. Проанализирован методами микроскопии минерально-вещественный состав проб твердой фазы снега в районах расположения основных источников загрязнения на предприятии. Выявлены природные и техногенные типы частиц, отражающие воздействие ГОКа.

**Ключевые слова:** снеговой покров, природные и техногенные частицы, сканирующая электронная микроскопия, бинокулярная микроскопия

**Abstract.** Snow cover is an indicator of air pollution. This paper shows the results of snow cover pollution assessment within the area of Sorsk mining-and-processing integrated works. Mineral-matter composition of snow solid residue is studied using microscopic methods. The natural and anthropogenic particles were identified. They reflected the impact of the mining-and-processing integrated works.

**Keywords:** snow cover, natural and anthropogenic particles, scanning electron microscopy, binocular microscope

**Введение.** Горнодобывающая промышленность оказывает негативное воздействие на все компоненты природной среды и значительно влияет на экологическую обстановку территории [4]. При этом наблюдается непосредственное воздействие на атмосферный воздух во время буровзрывных работ, транспортировке добытой руды, процессов обогащения, и пыления с отвалов и хвостохранилищ. Учитывая, что в современном мире активно ведется добыча полезных ископаемых, изучение влияния предприятий на окружающую среду является актуальной проблемой. Присутствие загрязняющих веществ и их примесей в атмосферном воздухе существенно воздействует на здоровье человека. Не менее 40 – 50 % заболеваний человека, по данным ВОЗ, также связано с загрязнением атмосферного воздуха [2]. Снеговой покров обладает высокой сорбционной способностью и является одним из самых доступных и достоверных показателей состояния атмосферного воздуха в зимнее время года [1].

Целью работы является оценка уровня пылевого загрязнения в зоне воздействия территории одного из крупных горнодобывающих предприятий в стране, Сорского горно-обогатительного комбината, на основе изучения минерально-вещественного состава твердой фазы снега.



Сорское медно-молибденовое месторождение было открыто в 1937 году И. С. Цейклиным. Разработка месторождения началась в 1952 году. Горно-обоганительный комбинат находится в пределах Батенёвского кряжа в восточных отрогах Кузнецкого Алатау, в районе города Сорска на территории Усть-Абаканского района Республики Хакасия, в 105 км к северо-западу от города Абакан. Российские балансовые запасы меди составляют 92,7 млн т, молибдена – 1956 тыс. т (на 2011 год). Доказанные запасы Сорского месторождения составляют около 58,1 млн. тонн разведанных запасов молибденовой руды, прогнозные запасы – 140,3 млн [4]. На Сорском медно-молибденовом месторождении получают медный и молибденовый концентраты. Главенствующее направление ветра юго-западное. Местность представлена горными образованиями средней высоты (от 620 до 1200 м), перемежающимися широкими равнинами и короткими ущельями. Сорское месторождение находится на стыке степной, лесостепной и горно-таежной зон, расположено на высоте 850 – 880 м над уровнем моря.

К главным источникам воздействия на территории ГОКа относятся: карьер, отвалы, хвостохранилище, обоганительная фабрика, породные отвалы, отстойник оборотного водоснабжения, ТЭЦ, транспортная техника.

**Методика исследования.** Отбор снеговых проб производился сотрудниками отдела охраны окружающей среды Сорского ГОК методом шурфа на всю мощность снегового покрова, кроме 5 см, прилегающих к почвенному покрову. Вес каждой пробы составлял от 15 до 18 кг. В каждом пункте отбора размер шурфа – 1х1 м<sup>2</sup>. Отбор проб осуществляли на нескольких ключевых участках: промплощадка (ключевой участок №1), северо-восточная часть отвала №7 (ключевой участок №2), восточная часть отвала №8 (ключевой участок №3), территория г. Сорска (ключевой участок №4), юго-западная часть хвостохранилища (ключевой участок №5), северо-западная часть хвостохранилища (ключевой участок №6). В 2016 году было отобрано 35 проб снегового покрова [1]. Также было отобрано 5 проб в фоновом районе, располагающемся на расстоянии 10 км в юго-западном направлении от месторождения.

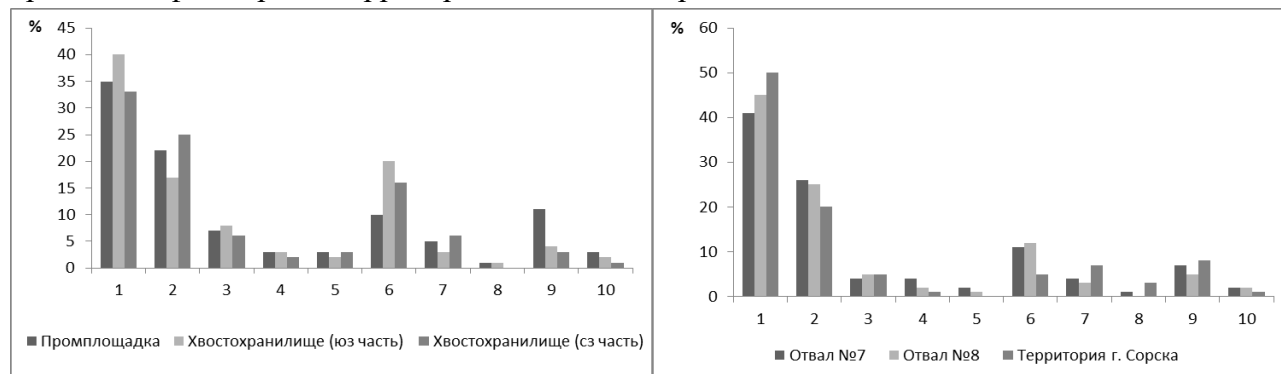
В ранее проведенных исследованиях снегового покрова на территории Сорского ГОКа Белошейкиной А. В. была определена пылевая нагрузка на снеговой покров [1]. Согласно этим результатам, наибольшая пылевая нагрузка приходилась на ключевой участок, где размещены промплощадка (834 мг/(м<sup>2</sup> в сут.)) и отвалы № 7 (113 мг/(м<sup>2</sup> в сут.)) и отвалы № 8 (94 мг/(м<sup>2</sup> в сут.)). В районе г. Сорска пылевая нагрузка составляет 111 мг/(м<sup>2</sup> в сут.) и обусловлена переносом пыли от ГОКа и местными источниками (котельные). Наименьшая пылевая нагрузка наблюдается в районе хвостохранилища на ключевом участке №5 (3,6 мг/м<sup>2</sup> в сут.) и №6 (12,8 мг/м<sup>2</sup> в сут.) [1].

В связи с неоднородным распределением пылевой нагрузки, возникает необходимость изучения минерально-вещественного состава пылевых частиц, оседающих из атмосферы на снеговой покров (твердой фазы снега), для определения вклада природных и техногенных частиц в формирование уровня пылевого загрязнения в районах исследуемых ключевых участков.

Пробы твердой фазы снега с территории ключевых участков, расположенных в зоне воздействия промплощадки, хвостохранилища, отвала № 8, а также на границе санитарно-защитной зоны и на территории города Сорска были изучены на бинокулярном микроскопе Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике (патент № 2229737) сотрудников каф. ГЭГХ (в н. в. отделение геологии) ТПУ и на сканирующем электронном

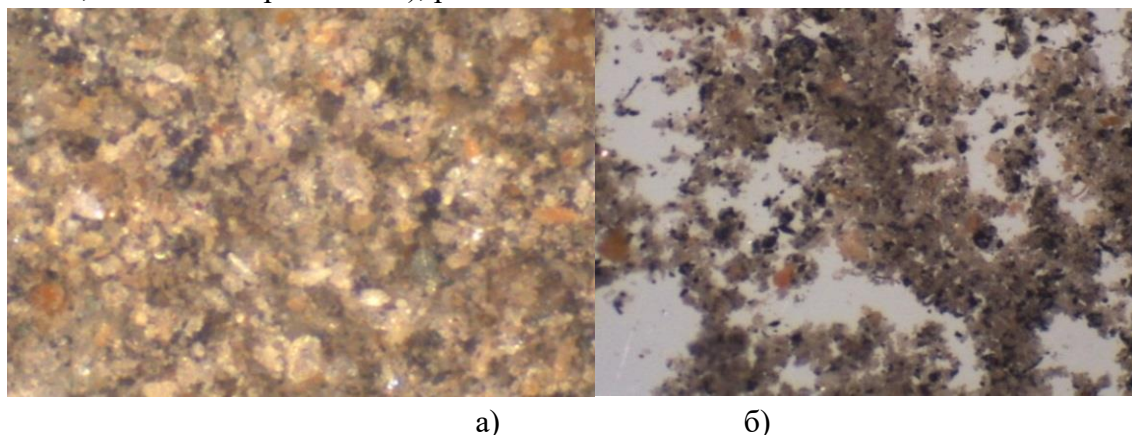
микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС приставкой Bruker XFlash 4010 в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ.

**Результаты.** По результатам исследования проб твердого осадка снега на бинокулярном микроскопе было определено 8 типов частиц природного и 2 типа частиц техногенного происхождения (рисунок 1). Общий вид проб представлен на рисунке 2, в качестве примера приведены фото проб с территории ГОКа и г. Сорска.



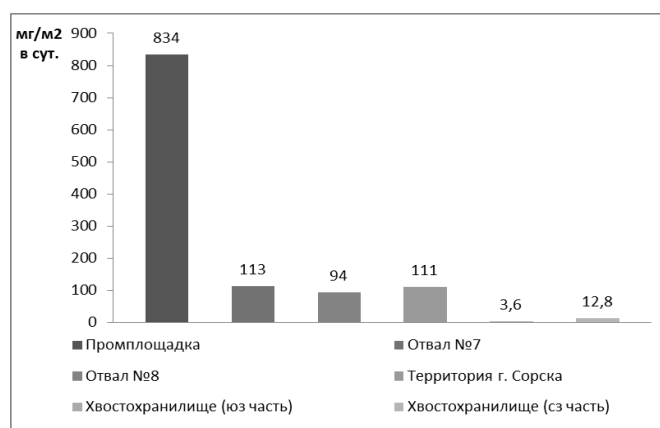
**Рис. 1.** Долевое содержание природных и техногенных частиц в пробах с территории Сорского ГОК и г. Сорска: природные частицы (1–8): 1–полевошпат, 2– кварц, 3– слюда, 4– пирит, 5–халькопирит, 6– амфибол, 7– молибденит, 8– растительные остатки, техногенные частицы: (9–10): 9– шлак, 10– угольная пыль

Идентифицированы следующие типы природных частиц: кварц (прозрачные бесцветные, окатанные и не окатанные), слюды (чешуйчатая форма, различного цвета), амфиболы (черного цвета с прямоугольной спайностью и игольчатой формой), полевошпаты (призматической формы, белого и розоватого цвета), пирит (частицы с кубической формой и желтоватым цветом), халькопирит с латунно-желтым оттенком, молибденит (жирный металлический блеск, свинцово-серого цвета), растительные остатки.

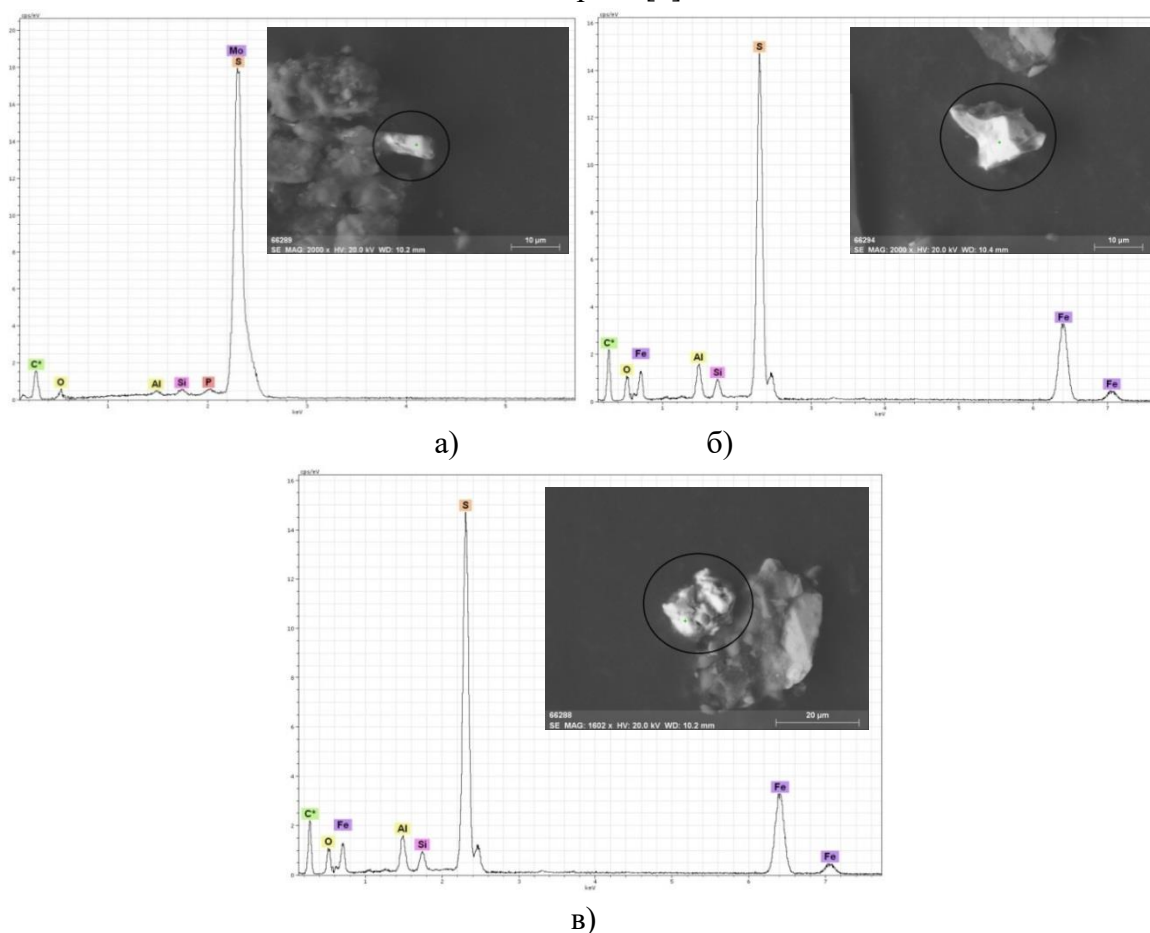


**Рис. 2.** Общий вид проб твердого осадка снега на бинокулярном микроскопе (увел. 35х): а) – промплошадка ГОК, б) – территория г. Сорска

Следует отметить, что природные типы частиц могут попадать в атмосферный воздух и затем оседать на снеговой покров в составе выбросов при ведении горнодобывающих работ на карьере, в результате работы карьерной техники и транспортировки, а также пыления отвалов и хвостохранилищ. Изученный состав проб, возможно, отражает присутствие нерудных и рудных минералов в составе вскрышных пород и добываемой руды.



**Рис. 3.** Величина пылевой нагрузки на территорию ключевых участков Сорского ГОК и г. Сорска [1]



**Рис. 4.** Микрофото частиц и их энергодисперсионные спектры в твердой фазе снега с района промплощадки: а) – микрочастица MO-S (молибденит (?)); б) – микрочастица Fe-S (пирит (?)); в) – микрочастица BA-S-O (барита (?)) (данные электронной сканирующей микроскопии)

К техногенному происхождению относятся частицы черного цвета уплощенной формы – угольная пыль, бесформенные частицы черного цвета – шлак, характерные для выбросов от сжигания угля.

По данным бинокулярного микроскопа основную часть изученных проб твердого осадка снега с территории ключевых участков ГОК составляют минеральные образования (60-80%), на техногенные образования приходится около 15%.

Несмотря на то, что типы минеральных частиц в пробах с территории ГОКа и г. Сорска идентичны, все же в городе наблюдается наибольшая доля техногенных частиц, что может быть выбросами местных котельных (рисунок 2).

Установлена закономерность, что высокие значения пылевой нагрузки на территорию связаны с высоким долевым содержанием шлаков, амфиболов и некоторых нерудных минералов (полевые шпаты, кварц) в пробах твердого осадка снега (рисунок 1, 3).

Исследование методом сканирующей электронной микроскопии позволило определить в твердой фазе снега частицы, содержание Mo-S, близкие по составу к молибдениту; Fe-S (предположительно пирит), Ba-S-O (предположительно барит) и другие (рисунок 4). Кроме того было обнаружено присутствие алюмосиликатных микросфер, что указывает на выбросы котельных, использующих уголь, которые расположены в городе и на территории промплощадки. Наибольшая доля частиц Mo-S наблюдается в районе промплощадки и карьера Сорского ГОК, что связано с поступлением пылевых частиц в снеговой покров во время буровзрывных работ.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований были определены типы частиц в составе твердой фазы снега, которые вносят вклад в формирование пылевой нагрузки на территорию Сорского ГОКа и г. Сорска. Минерально-вещественный состав проб имеет сходный состав: обнаружены природные частицы рудных и нерудных минералов и техногенные частицы. По данным сканирующей электронной микроскопии определено присутствие в пробах микрочастиц, близких к сульфидам молибдена и железа, и сульфатам бария, а также алюмосиликатные микросферы. Можно сделать вывод о том, что частицы, формирующие пылевую нагрузку в районе, образуются через перенос пыли на дальние расстояния впоследствии разработки медно-молибденового месторождения.

#### Список литературы

1. Белошейкина А. В. Оценка загрязнения территории Сорского горно-обогатительного комбината (Республика Хакасия) по данным исследования снежного покрова / А. В. Белошейкина, А. В. Таловская: науч. рук. Е. Г. Язиков // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т. 1. – [С. 701-702].
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2015 году»/ Министерство природных ресурсов и экологии Республики Хакасия. – Абакан, 2016. – 226 с.
3. Патент 2229737 Россия, 27.05.2004 / Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов, А. В. Таловская. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами // Патент России № 2002127851.
4. Путеводитель по району геоэкологической практики в Хакасии: учебное пособие / Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков, С. И. Арбузов, А. Ю. Шатилов, В. Г. Язиков, В. М. Худяков; Томский политехнический университет. – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 91 с.
5. Язиков Е. Г., Таловская А. В., Жорняк Л. В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ  
УГЛЕРОДИСТЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ**

Бесчетников В. В.<sup>1</sup>, Бауэр Т. В.<sup>2</sup>, Черкасова С. О.<sup>1</sup>, Цицуашвили В. С.<sup>1</sup>, Минкина Т. М.<sup>1</sup>,  
Манджиева С. С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

e-mail: beschetnikov@sfnedu.ru

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН,

Ростов-на-Дону

e-mail: bauertatyana@mail.ru

**COMPARATIVE ESTIMATION OF THERMAL STABILITY OF CARBON AND  
MINERAL SORBENTS**

Beschetnikov V.V.<sup>1</sup>, Bauer T.V.<sup>2</sup>, Cherkasova S.O.<sup>1</sup>, Tsitsuashvili V.S.<sup>1</sup>, Minkina T.M.<sup>1</sup>,  
Mandzhieva S.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don

e-mail: beschetnikov@sfnedu.ru

<sup>2</sup>Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,

Rostov-on-Don

e-mail: bauertatyana@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе было исследовано воздействие высоких температур на свойства перспективных сорбентов – глауконита и древесного биочара. Наименее устойчивым к термическому воздействию оказался биочар, интенсивная деградация которого протекала при температурах 390-600°C, разрушение глауконита началось при температуре около 875°C. Общие потери массы при проведении синхронного термического анализа составили 4,72% и 96,12% для глауконита и биочара, соответственно.

**Ключевые слова:** биочар, глауконит, сорбенты, синхронный термический анализ.

**Abstract.** The effect of high temperatures on the properties of promising sorbents, such as glauconite and wood biochar, was investigated in the present research. Biochar was the least resistant to thermal effects, its intense degradation proceeded at temperatures 390-600°C, the destruction of glauconite began at the temperature about 875 °C. The total weight loss during simultaneous thermal analysis was 4.72% and 96.12% for glauconite and biochar, respectively.

**Keywords:** biochar, glauconite, sorbents, simultaneous thermal analysis.

В связи со сложившейся проблемой загрязнения окружающей среды, одной из важнейших тем для экологических исследований стал поиск способов снижения поступления различных поллютантов в окружающую среду, а также ликвидация уже имеющихся очагов загрязнения. Одним из таких способов является использование сорбентов, способных поглощать и удерживать на своей поверхности большинство известных и наиболее опасных веществ таких, как тяжелые металлы и полиароматические углеводороды, в безопасной для живых организмов форме. Для данных целей могут быть использованы как минеральные сорбенты природного происхождения – глауконит; так и искусственно полученный при переработке органических отходов биоуголь – биочар.

Однако, для возможности широкого использования сорбентов в промышленности, например в качестве наполнителей фильтров очистки выбросов, обязательно необходимо знать температуры их разложения и фазового перехода. Эти данные очень важны, так как при нагревании многие сорбенты могут значительно изменить свои сорбционные свойства. К примеру, в таком минеральном сорбенте как глауконит при нагревании более 320 °С начинает активно протекать процесс дегидроксилирования, который изменяет количество и структуру пор [5]. Для биочара возникает существенная потребность в определении температуры начала разложения, так как он не является чистой формой углерода и в своём составе в зависимости от температуры пиролиза может содержать остаточные фрагменты целлюлозы и лигнина, примеси различных углеводородов, таких как нафталин [1, 3]. В зависимости от состава и количества примесей биочар может начать деградировать в среде, содержащей кислород уже при 180-250 °С [4], что может являться серьёзным фактором, ограничивающим использование данной группы сорбентов для ремедиации почв.

Поэтому для исследования свойств сорбентов зачастую требуется проведение синхронного термического анализа (СТА). Данный тип анализа совмещает в себе термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК), которые позволяют отследить потерю массы исследуемого образца в зависимости от температуры, а также процессы преобразования структуры сорбента при его нагревании.

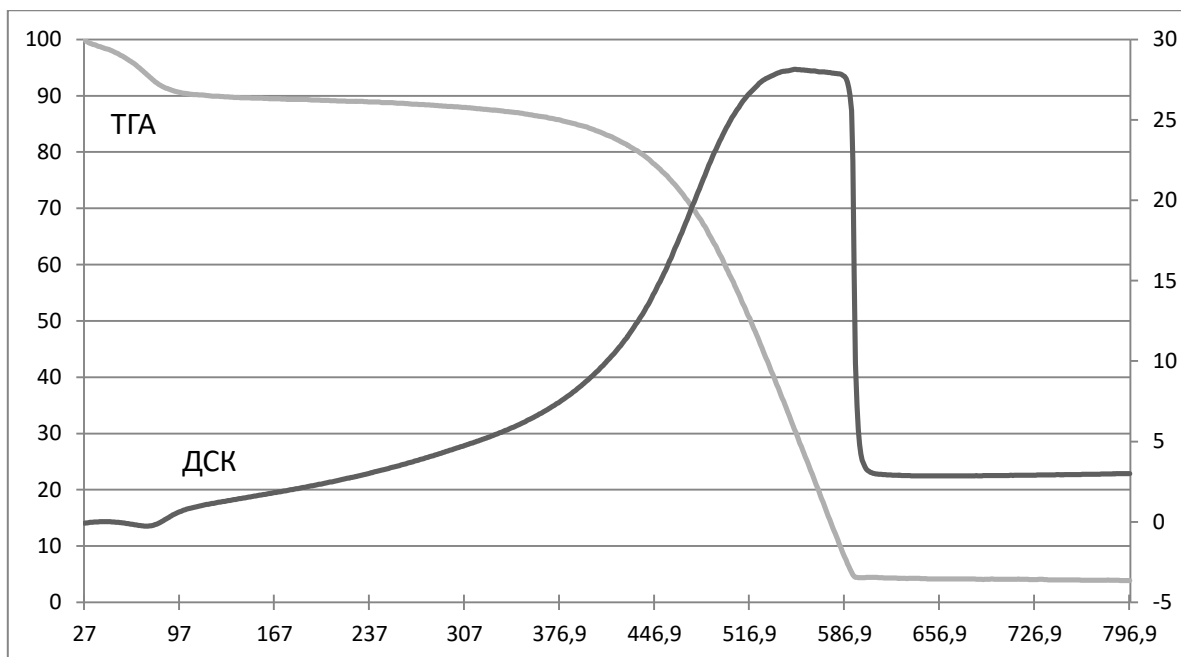
Целью данного исследования являлось изучение термической устойчивости глауконита и древесный биочара к деградации в условиях высоких температур.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования использовались биочар, произведенный пиролизом берёзовой древесины на ретортных установках, ГОСТ 7657-84 марка А, сорт 1 (температура пиролиза 550°С) и глауконит продуктивной толщи Абадзехского месторождения (44°21'33"С; 40°11'77"В), расположенного в республике Адыгея в 4 км к югу от станции Абадзехская. Месторождение связано с толщиной глауконитовых песчаников среднеаптского возраста (меловая система). Глауконитсодержащие слои представлены рыхлыми песчаниками зеленого и серо-зеленого цвета с псаммитовой, реже гравелито-псаммитовой структурой, в составе которых преобладают глауконит и кварц.

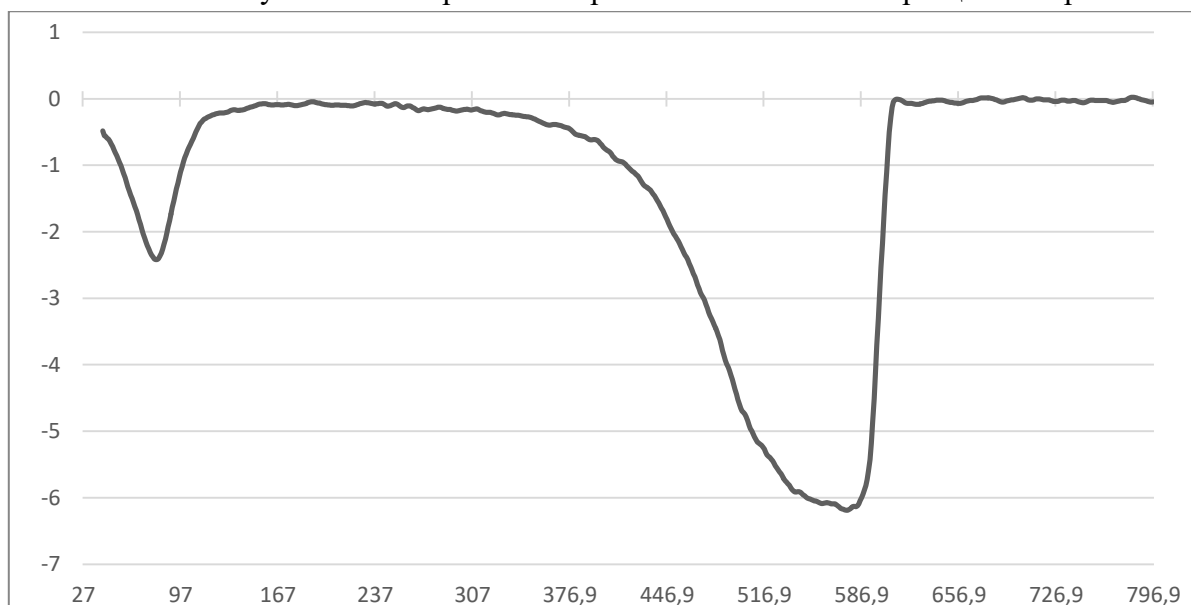
Синхронный термический анализ образцов биочара и глауконита проводили на термоанализаторе STA 449 F5 Jupiter фирмы Netzsch. Измерения биочара проводили в диапазоне температур 25–800 °С в токе воздуха, глауконита -30–1000 °С в токе азота.

**Результаты.** На рисунке 1 представлены результаты СТА древесного биочара. На кривой ТГ можно наблюдать, что при нагревании образца в диапазоне 25-100 °С происходило удаление гигроскопической воды и сорбированных газов, а также различных летучих низкомолекулярных органических соединений с поверхности сорбента [4], что на графике ДСК отображено как эндотермический процесс. Также это может быть отмечено на кривой ДТГ (рис. 2) в заданном интервале температур. Потеря массы образцом на этом этапе составила 9,55%.

При нагревании биочара до 250–300°С начинается постепенное сгорание остаточных фрагментов лигнина и целлюлозы [8], которое усиливается при достижении 390–400 °С за счёт окисления аморфного углерода, являющегося основным компонентом биочара. Этот экзотермический процесс можно наблюдать на кривой ДСК (рис.1). Он сопровождался значительной и наиболее интенсивной потерей массы (рис. 1 и 2), которая при достижении 600°С составила 83.55%. Общая потеря массы образцом составила 96,12%.



**Рис. 1.** Результаты синхронного термического анализа образца биочара.

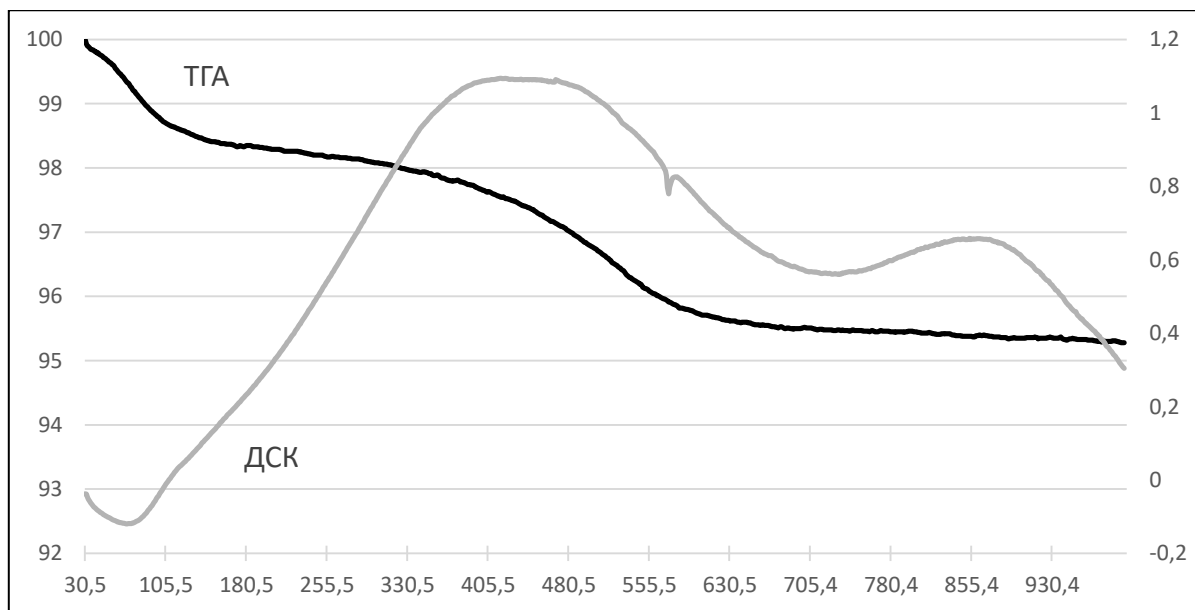


**Рис. 2.** Кривая производной термогравиметрического анализа образца биочара.

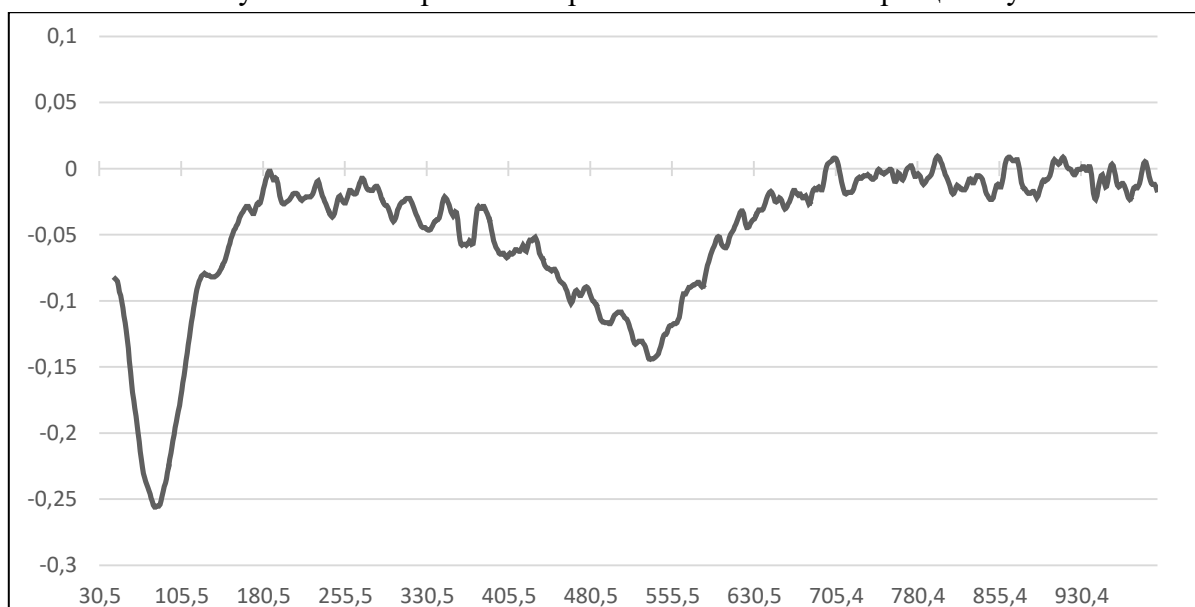
При изучении глауконита были получены данные, представленные на рисунках 3 и 4. Здесь, как и в случае с древесным биочаром, термическое разложение проходило в несколько стадий.

Первая стадия (30–108 °С) является эндотермической (рис. 3) и связана с испарением сорбированной влаги [6]. На кривой ДТГ (рис. 4) также можно заметить, что данный процесс протекал достаточно интенсивно, а общая потеря массы образцом на данном этапе составила 1,33%.

После этого при температурах от 420 до 730°С происходит удаление химически связанной воды из межслойного пространства [2]. Наибольшая интенсивность данного процесса наблюдается в области 490–550 °С (рис. 4). Эндотермический эффект при температуре 578 °С, наблюдаемый на кривой ДСК (рис. 3), объясняется  $\alpha$ - $\beta$ -полиморфным кварцевым переходом [7]. На этом этапе потери массы образцом составили 2,07%.



**Рис. 3.** Результаты синхронного термического анализа образца глауконита.



**Рис. 4.** Кривая производной термогравиметрического анализа образца глауконита.

Дальнейшая потеря массы образцом в интервале температур 875–1000 °С, скорее всего, связана с началом разрушения кристаллической решётки слюды [7]. Общие потери массы образцом при проведении СТА составили 4,72%.

Выводы:

1. Глауконит обладает значительно большей устойчивостью к воздействию высоких температур в отличие от биочара, активная деградация которого началась уже при 390 °С и при 800 °С составила 96,12% от исходной массы образца.
2. При проведении синхронного термического анализа в исследуемых сорбентах было обнаружено существенное количество гигроскопической влаги, которая в случае глауконита наряду с химически связанной водой составила основные потери массы образцом.
3. Окисление углеродного скелета исследованного древесного биочара начинается в интервале температур 390–400 °С, что может быть полезно при проведении дополнительного обжига в воздушной среде для удаления из сорбента остаточных фрагментов целлюлозы и



примесей углеводородов, окисление которых начинается при температурах выше обозначенных.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-60041.*

#### Список литературы

1. Ascough P.L., Bird M.I., Scott A.C., Collinson M.E., Cohen-Ofri I., Snape C.E., Le Manquais K. Charcoal reflectance measurements: implications for structural characterization and assessment of diagenetic alteration // *Journal of Archaeological Science*. – 2010. – Vol. 37. –Is. 7. – P. 1590-1599.
2. Kumar A., Singh Y.P., Pradhan G., Dhawan N. Utilization of Mica for Potassium Recovery // *Materials Today: Proceedings*. – 2018. – Vol. 5. –Is. 9. – P. 17030-17034.
3. Quilliam R.S., Rangelcroft S., Emmett B.A., DeLuca T.H., Jones D.L. Is biochar a source or sink for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) compounds in agricultural soils? // *Gcb Bioenergy*. – 2013. – Vol. 5. –Is. 2. – P. 96-103.
4. Rasapoor M., Young B., Asadov A., Brar R., Sarmah A., Zhuang W-Q., Baroutian, S. Effects of biochar and activated carbon on biogas generation: A thermogravimetric and chemical analysis approach // *Energy Conversion and Management*. – 2020. – Vol. 203. – P. 112221.
5. Singla R., Alex T.C., Kumar R. On mechanical activation of glauconite: Physicochemical changes, alterations in cation exchange capacity and mechanisms // *Powder Technology*. – 2020. – Vol. 360. – P. 337-351.
6. Valanciene V., Siauciunas R., Valancius Z. Evaluation of glauconite rock color stability during firing // *Applied clay science*. – 2014. – Vol. 99. – P. 110-118.
7. Valanciene V., Siauciunas R., Valancius Z. Evaluati on of glauconite rock color stability during firing // *Applied clay science*. – 2014. – Vol. 99. – P. 110-118.
8. Yang H., Yan R., Chen H., Lee D.H., Zheng C. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis // *Fuel*. – 2007. – Vol. 86. –Is. 12-13. – P. 1781-1788.

## ВЛИЯНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ РОССИИ

Битюкова В. Р.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России

г. Москва

v.r.bityukova@geogr.msu.ru

## FUEL ENERGY INFLUENCE ON THE RUSSIAN CITIES' ATMOSPHERE STATE

Bityukova V.R.

**Аннотация.** Тенденции в характере загрязнения атмосферы городов определяются динамикой и структурой выбросов на тепловых станциях: для крупных городов от ТЭЦ, для малых и средних – от ГРЭС. В 20% городов выбросов от сжигания топлива более 70%. Загрязнение зависит от загрузки мощностей, структуры топливного баланса, модернизации, систем очистки. Вклад газовой генерации в объем выбросов в 3 раза меньше, чем в их суммарную мощность, угольной – в 2,7 раза больше и растет в последние годы, не смотря на высокий уровень очистки.

**Ключевые слова:** экология города, экология промышленности, топливный баланс

**Abstract.** Tendencies in the cities' air pollution nature are determined by the emissions dynamics and structure at thermal power stations. CHP are the main source for large cities, and GRES are for small and medium-sized towns. In 20% of cities, emissions from fuel combustion are more than 70%. Pollution depends on the capacity utilization, the fuel balance structure, modernization, cleaning systems. The gas generation contribution to the emissions' volume is 3 times less than to their total capacity; the coal influence is 2,7 times more and is growing in recent years, despite the high level of cleaning.

**Keywords:** urban ecology, industrial ecology, fuel balance

Тепловые электростанции составляют основу электроэнергетики России – 70% мощностей, 64% производства электроэнергии, 22% объема выбросов, в объеме сточных вод 13%, 10% промышленных отходов 1-4 классов опасности [3, 5]. Динамика выбросов в атмосферу отрасли характеризуется общим трендом к сокращению, но тенденции неоднократно менялись. В 90-е гг. объем выбросов энергетики сокращался в связи со спадом производства, доля отрасли в загрязнении от стационарных источников также сократилась с 30 до 20%. За последние годы выбросы от энергетики сокращались на 14%, что немного медленнее, чем промышленные выбросы в целом, в результате доля энергетики в целом в загрязнении атмосферы страны имеет небольшую, но устойчивую тенденцию к увеличению (от 19,5% до 22% за период 2008-2018 гг.). При этом выбросы от ТЭЦ в крупных городах были относительно стабильны, а загрязнение на крупнейших станциях базовой генерации (ГРЭС) снизилось в 2 раза.

Основное рассогласование трендов производства электроэнергии и объемов загрязнения происходило под влиянием модернизации производственных мощностей, внедрения си-

стем очистки и увеличения доли газа в топливном балансе. Поэтому динамика выбросов от стационарных источников не обнаруживает статистически значимой корреляции с объемами ВВП, промышленного производства и даже с объемами выработки электроэнергии. Статистически значимый коэффициент корреляции (0,69) наблюдается только между объемами производства тепловой энергии и выбросами.

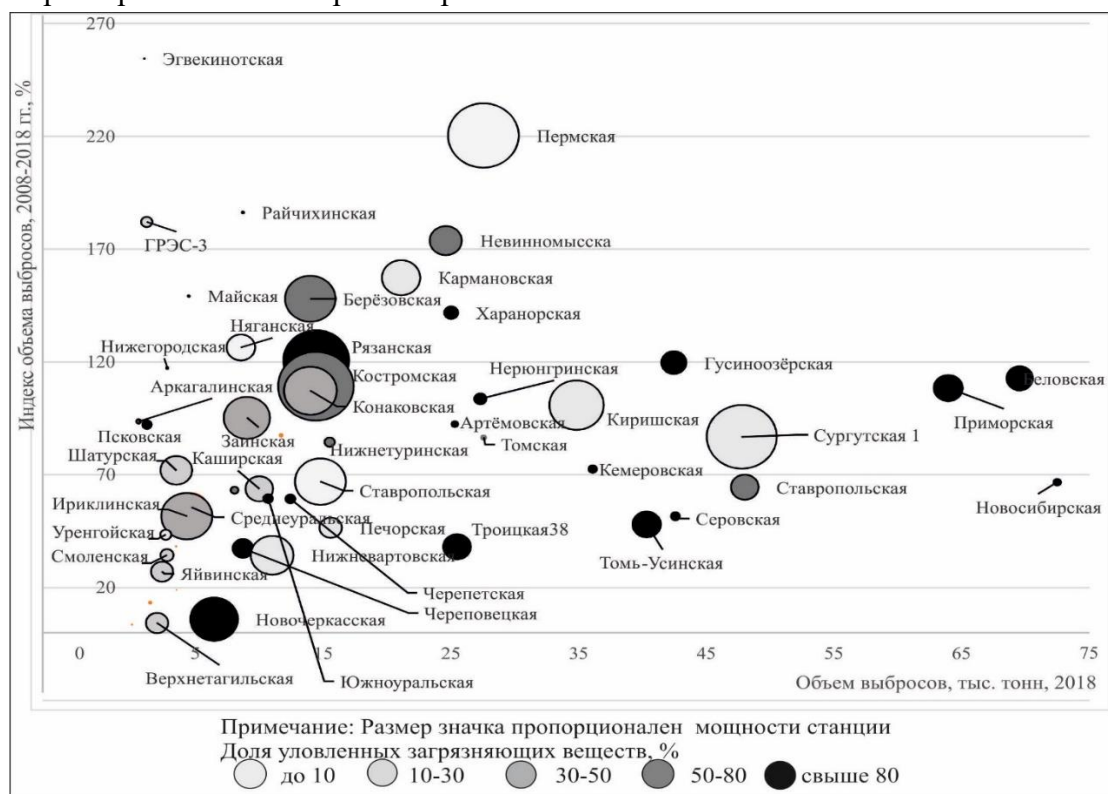
Почти в половине городов страны доля выбросов от сжигания топлива не превышает 20%. Это в основном города, где расположены крупные промышленные источники, металлургические комбинаты, объем выбросов которых значительно больше, чем у топливных станций. В 340 городах доля выбросов от сжигания топлива 20-60%, среди которых центры НПЗ, промышленности строительных материалов, нефтедобычи. При наличии крупных добывающих предприятий такая доля может быть и в центрах размещения ГРЭС, например, в Нерюнгри. Из крупных городов в данную категорию попадают Томск, Белгород, Энгельс, Владикавказ, где ТЭЦ как правило на газовом топливе. Среди 93 городов, в которых сжигание топлива составляет 60-80% в структуре выбросов центры размещения ГРЭС на газовом топливе (Волгореченск, или переведенном на газовое топливо (Заинск, Кашира, Шатура, Нижняя Тура). Выше 80% данный показатель в 106 малых городах-центрах пищевой промышленности и машиностроения или в центрах ГРЭС на угле (Гусиноозерск, Назарово, Партизанск, Артем). Относительно ТЭЦ в крупных городах, ГРЭС значительно больше зависят от экономической ситуации, в кризисные годы объем производства и потребления угля и газа на них сокращается быстрее на 6-11%. В результате вклад газовой генерации на ГРЭС в объем выбросов в 2 раза меньше, чем в их суммарную установленную мощность в 1998 г., и в 3 раза меньше, чем в 2018 г. Напротив, доля угольной генерации в суммарном объеме выбросов увеличилась до 78%, что в 2,7 раза превышает вклад этих станций в установленную мощность.

По соотношению объемов выбросов в атмосферу и их динамики центры расположения крупных тепловых станций не выделяется четких кластеров, крупные источники загрязнения характеризуются относительно большей устойчивостью, меньшими колебаниями (рис. 1).

*Наибольший уровень выбросов*, свыше 250 тыс. тонн в год устойчиво сохраняется только на Рефтинской ГРЭС. Остальные крупные станции значительно сократили объем. В 2018 г. высокий объем выбросов (40-70 тыс. тонн) наблюдался у Новосибирской, Приморской, Назаровской и Беловской ГРЭС, Красноярской ГРЭС-2 и Гусиноозерской ГРЭС на угле, а также лидера по мощности, но работающей на газе Сургутской ГРЭС-1. Кроме Приморской и Назаровской ГРЭС, где объем выбросов в последние годы стабилизировался, все остальные крупнейшие по выбросам станции снижали объемы выбросов в кризисный период и увеличивали в период экономического роста. *Сокращение на 20-40%* было связано с двумя основными причинами: модернизацией оборудования и падением спроса на электроэнергию. Так, сокращение выбросов Назаровской ГРЭС было достигнуто благодаря реализации инвестиционной программы в 2011-2013 гг., в рамках которой была проведена модернизация седьмого энергоблока, позволившая одновременно увеличить его мощность и сократить выборы оксидов азота.

*Средний объем выбросов* (10-40 тыс. тонн) характерен для относительно небольших по мощности угольных станций не сокративших загрязнение (Харанорская ГРЭС, Артёмовская), или средних по мощности угольных станций, сокративших объем загрязнения, поставив системы очистки (Томь-Усинская и Троицкая ГРЭС), а также крупные станции на газо-

вом топливе Костромская Рязанская Нижневартовская Костромская, а также станций частично переведенных на газовое топливо Томская ГРЭС-2 Южноуральская ГРЭС-1, для которых характерен небольшой рост загрязнения.



**Рис. 1.** Динамика объемов выбросов ГРЭС разной мощности в 2008-2018 гг. (без Рефтинской ГРЭС).

Небольшой объем выбросов (1 до 10 тыс. тонн) характерен для небольших угольных станциях на Дальнем Востоке (Райчихинская, Майская Сахалинская Партизанская); средних по мощности, частично переведенных на газ (Череповецкая, Смоленская, Новочеркасская) и большая группа средних по мощности газовых станций (Невинномысская, Кармановская, Нижнетуринская, Няганская, Зайнская, Якутская, Ставропольская, Киришская, Печорская, Среднеуральская, Ириклинская, Пермская, Серовская, Верхнетагильская, Уренгойская, Астраханская ГРЭС

В целом мощность, тип топлива, степень загрузки и мощность станции определяют уровни выбросов ГРЭС, поскольку на 1 т. ут сожженного угля в атмосферу выбрасывается 25–70 кг загрязняющих веществ, мазута – 39–47 кг, а газа – 1,6–10 кг [6]. К 2018 г. 59% мощностей ГРЭС работало на газовом топливе, 28% сохраняют угольное топливо, 11% генерации работают на угле и газе в разных пропорциях. Значительная часть станций сохраняет мазут в качестве резервного (растопочного) топлива. Под влиянием изменения, прежде всего изменения структуры топливного баланса изменялась и структура выбросов городов, где размещаются крупные станции [7]. В последние 20 лет доля газа в топливном балансе возрастала, но медленно.

Структура выбросов менялась вместе с топливным балансом: при использовании газа удельный выброс минимален: 60% приходится на CO и по 20% NO<sub>2</sub> и углеводороды. При использовании мазута доля твердых части минимальна и не превышает 0,5%, немного более 30% составляет вклад CO и углеводородов, 5-7% составляет выброс NO<sub>2</sub>, а оставшаяся часть (около 25%) – SO<sub>2</sub>, определяемая сернистостью используемой нефти [6].

Наиболее опасны выбросы от сжигания угля, поскольку более трети выбросов составляют твердые частицы золы, содержащие комплекс микроэлементов, в том числе токсичных [8, 10]. С потреблением угля связывают и эмиссию восьми цветных металлов (Al, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Hg, Au) в количестве 5,3 кг/т сожженного угля, однако эта цифра сильно отличается в зависимости от принятых стандартов очистки дымовых газов на тепловых электростанциях [9, 11]. В Азиатской части России более 70% тепловых станций работает на твердом топливе и выбросы от энергетических установок составляют более 50-60% от общего потока загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. Зольность отечественных углей колеблется в широких пределах (10–55%). Соответственно изменяется и запыленность дымовых газов, достигая для высокзолых углей 60–70 г/м<sup>3</sup>. В таких природных условиях даже при небольших выбросах вредные вещества могут накапливаться в атмосферном воздухе до высоких концентраций. Средняя концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе городов Азиатской части России на 30% выше, чем в городах Европейской части – соответственно 143 и 110 мкг/м<sup>3</sup> [2]. В Европейской части страны по структуре топливного баланса и выбросов в атмосферу выделяется Тульская область, где расположена Черепетская ГРЭС, работающая на угле улучшенного качества Кузнецкого бассейна.

Влияние модернизации очистных сооружений на изменение структуры выбросов значительно меньше, потому что основная модернизация очистных сооружений апаздывает. Фактически достаточно высокий уровень очистки отходящих газов, достигнутый на угольных станциях, не растет в последние годы и динамика выбросов определяется в равной степени изменением выбросов всех компонентов выброса. Коэффициент корреляции между изменением объема выбросов и каждого из видов загрязняющих веществ (золы, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO) составляет 0,66-0,69. Статистически незначимый коэффициент корреляции наблюдается только с углеводородами и летучими органическими соединениями. Поэтому топливный баланс остается ведущим фактором загрязнения городов, поскольку модернизационные возможности на действующих энергоблоках исчерпаны при нынешнем уровне инвестирования, простые системы установлены [1, 4].

На большинстве топливных станций Европейской части страны в структуре топливного баланса преобладает газ. Поэтому в структуре выбросов европейских городов-центров энергетики именно они определяют преобладание в структуре выбросов оксидов азота, CO и углеводородов при использовании газа, а в восточных центрах угольных станций значительно повышена доля твердых частиц.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие *выводы*:

Основные структурные сдвиги в производстве электроэнергии и структуре топливного баланса произошли в годы системного кризиса 1990-х. ГРЭС, которые значительно больше реагируют на экономическую динамику сократили производство больше чем ТЭЦ, топливный баланс их трансформировался медленнее. В последние годы стагнации нет четкой зависимости объемов выбросов от объемов производства электроэнергии, динамика приобрела колебательный характер.

Изменения в структуре выбросов происходит под влиянием как структуры топливного баланса, которая также стабилизировалась в последние годы и в меньшей степени при внедрении систем очистки. Выбросы сокращаются в основном за счет сокращения выбросов твердых частиц, поскольку именно по ним достигается высокая (но немного ниже лучших мировых стандартов) степень очистки, до 90%, а на газовых станциях, где в структуре выбросов преобладают CO, углеводороды и оксиды азота, степень очистки 5-15%. Динамика по

разным станциям определялась вводом или напротив выводом мощностей, изменениями в объемах производства, структуре топлива и уровнем очистки отходящих газов.

С экологической точки зрения ГРЭС более эффективны, чем ТЭЦ, по удельному загрязнению на единицу продукции, по наличию эффекта рассогласования тенденций объемов производства и загрязнения. Однако, их роль в энергетической системе страны по мере снижения энергоемкости экономики, развития сети высоковольтных ЛЭП, структурных сдвигов в производстве, усилении роли возобновляемых источников энергии обуславливает то, что именно на них в первую очередь сокращается производство.

Работы выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 19-77-30004).

#### Список литературы

1. База данных Росприроднадзора. 2018: URL: <http://rpn.gov.ru/opendata> (дата обращения: 08.07.2020).
2. Ежегодник загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2018 год. Санкт-Петербург, 2018. 234 с.: URL: <http://www.meteorf.ru/> (дата обращения: 06.07.2020).
3. Охрана окружающей среды в России // Статистический сборник. – М.: Росстат, 2019, URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 10.02.2020).
4. Показатели муниципальных образований. Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2018. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 10.07.2020).
5. Промышленность России, 2019, Росстат URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 20.11.2019).
6. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. Москва: Бюро НДТ. 2017: URL: <http://old.gost.ru/wps/wcm/connect/> (дата обращения: 22.05.2020).
7. Bityukova V.R., Kasimov N.S. Atmospheric pollution of Russia's cities: assessment of emissions and immissions based on statistical data // *Geofizika*. Vol. 29. 2012. P. 53–67
8. Chuanyong Zhu, Hezhong Tian, Jiming Hao Global anthropogenic atmospheric emission inventory of twelve typical hazardous trace elements, 1995–2012 *Atmospheric Environment* 220. 2020. 117061 URL: <http://www.elsevier.com/locate/atmosenv> DOI <https://doi.org/10.1016/j>. (дата обращения: 20.08.2020)
9. Kumar U., Jain V.K. Time series models (Grey-Markov, Grey Model with rolling mechanism and singular spectrum analysis) to forecast energy consumption in India. *Energy*. 2010. 35, 1709–1716.
10. Pacyna E.G., Pacyna J.M., Sundseth K., Munthe J., Kindbom K., Wilson S., Steenhuisen F., Maxson P. Global emission of mercury to the atmosphere from anthropogenic sources in 2005 and projections to 2020. *Atmos. Environ.* 2010. 44, 2487–2499.
11. Tian H.Z., Zhou J.R., Zhu C.Y., Zhao D., Gao J.J., Hao J.M., He M.C., Liu K.Y., Wang K., Hua S.B., 2014. A Comprehensive global inventory of atmospheric antimony emissions from anthropogenic activities, 1995–2010. *Environ. Sci. Technol.* 48, 10235–10241.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ  
ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЧАСТИЦ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ  
(НА ПРИМЕРЕ Г. ЮРГА, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Будаева Ю. С., Таловская А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

Томск.

Julia.Empler@yandex.ru

**ECOLOGICAL ASSESSMENT OF URBAN AREA BASED ON STUDY OF  
TECHNOGENIC PARTICLES IN THE SNOW COVER  
(ON THE EXAMPLE OF YURGA, KEMEROVSKAYA REGION)**

Budaeva Y.S., Talovskaya A.V.

National Research Tomsk Polytechnic University.

Tomsk.

**Аннотация.** Приводятся данные вещественного состава твердой фазы снеговых проб, а также пространственного распределения частиц на территории города Юрга. Выявлены источники техногенного воздействия и районы с наибольшей техногенной нагрузкой.

**Ключевые слова:** снеговой покров, твердая фаза снеговых проб, техногенные частицы.

**Abstract.** In work provides data on the material composition of the solid phase of snow samples, as well as the spatial distribution of particles on the territory of the city of Yurga. The sources of technogenic impact and areas with the highest technogenic load have been identified.

**Keywords:** snow cover, solid phase of snow samples, technogenic particles.

Город Юрга – территориальная единица Кемеровской области, расположенная на северо-западе региона.

Город Юрга, как и вся территория Кемеровской области, размещен на Западно-Сибирской равнине, поэтому рельеф его территории имеет равнинный характер, что вносит вклад в перемещение загрязняющих веществ, которые образуются в ходе функционирования промышленного комплекса.

Предприятия города являются источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Выбросы подвергаются учету на предприятиях, но в городе отсутствуют стационарные посты наблюдения, поэтому исследование вещественного состава, а также механизмов рассеивания компонентов твердой фазы выбросов является актуальной задачей.

Согласно ежегодной статистической отчетности по Кемеровской области, в 2012 году в г. Юрга выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составили 8,771 тыс. т., что является одним из низких показателей среди городов Кемеровской области. Крупнейшими источниками выбросов загрязняющих веществ являются машиностроительный завод, на территории которого расположен ТЭЦ, ферросплавный завод и завод по производству минеральных стройматериалов [2].

В ходе работы изучалась твердая фаза снеговых проб, отобранных на территории города Юрга сотрудниками кафедры Юргинского филиала ТПУ в 2016 году (ассистент Торосян Е. С.). В качестве фоновой территории была выбрана площадка вблизи регионального музея-заповедника «Томская писаница» в 50 км от г. Юрга.

Отбор проводился посредством создания шурфа на всю мощность снега за исключением 5-ти см слоя над почвой. Подготовка проб включала таяние снега, фильтрацию снеготалой воды, просушивание фильтра и просеивание твердой фазы [1].

Анализ вещественного состава твердой фазы проб проводился методами оптической микроскопии на бинокулярном микроскопе LeicaEZ 4D с видео-приставкой на основе запатентованной методики (патент № 2229737), электронной сканирующей микроскопии на электронном микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС Bruker XFlash 4010.

По результатам микроскопии в пробах твердой фазы снега обнаружены природные (минеральные и биогенные) и техногенные частицы. В среднем по городу содержание минеральных частиц немного выше, чем техногенных, что также отмечается в пробах с фоновой территории (таблица 1).

Таблица 1

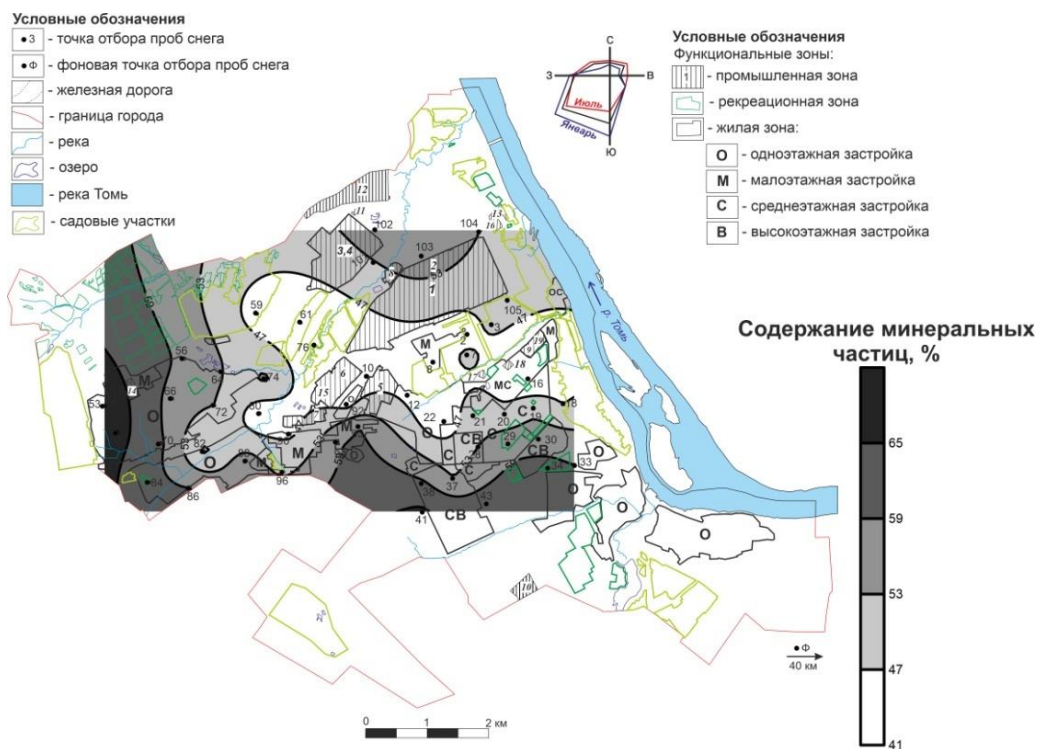
**Среднее содержание частиц в пробах снега г. Юрга и фоновой территории, %**

Территория	Количество частиц, %		
	Минеральные	Биогенные	Техногенные
г. Юрга	52	1	47
<b>Функциональные зоны города:</b>			
Промышленная	46	1	53
Рекреационная	55	2	43
Жилая:			
- одноэтажная	55	1	44
- малоэтажная (2-3 этажа)	52	1	47
- среднеэтажная (4-5 этажей)	52	2	46
- высокоэтажная (от 5 этажей)	54	1	45
<b>Фоновая территория:</b>			
Томская писаница	48	20	32

К минеральным частицам относятся частицы кварца, полевых шпатов и карбонатов. Минеральные частицы преобладают в составе проб твердой фазы снега, которые были отобраны на удаленных от промышленной зоны территориях с низкой техногенной нагрузкой (рисунок 1).

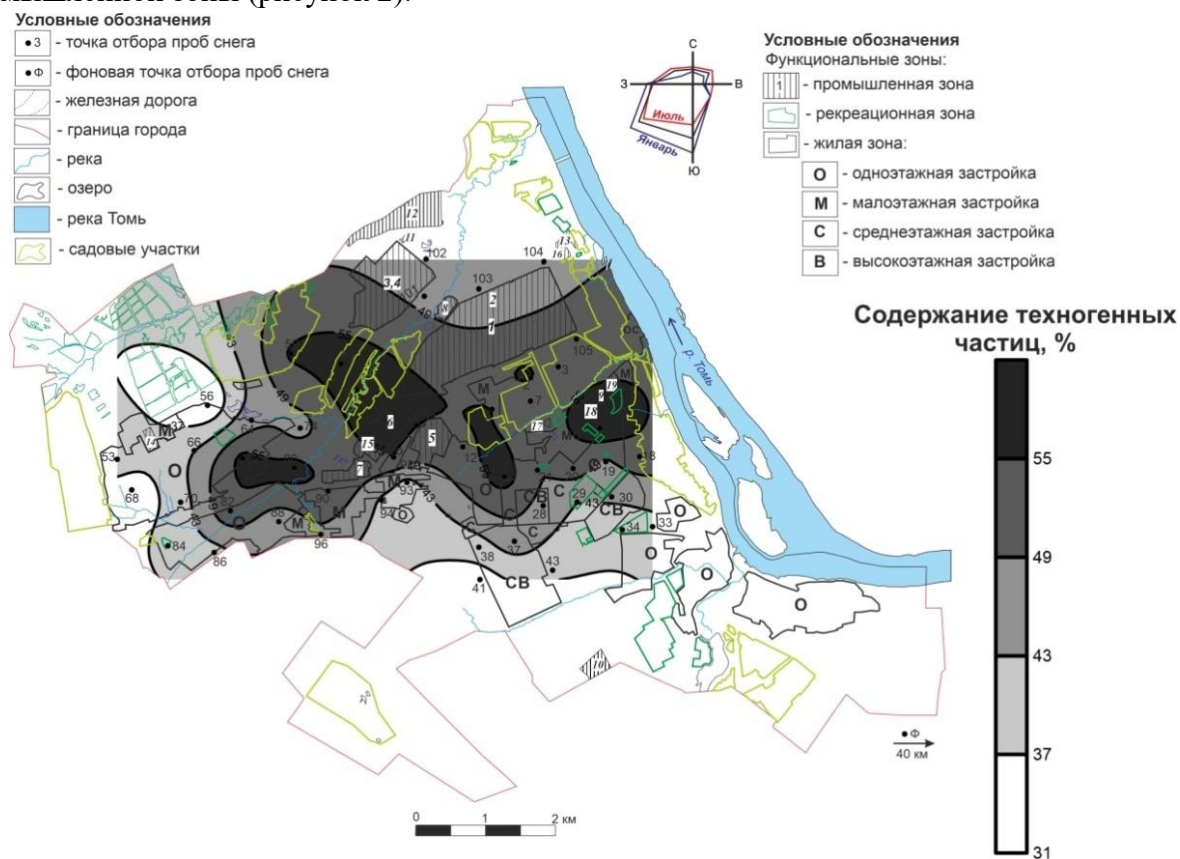
Поступление минеральных частиц в снеговой покров связано с эрозией берегов р. Томь, посыпанием дорог песчано-солевой смесью, а также ветровым переносом с территории промышленных предприятий, использующих минеральные частицы для благоустройства территории [6].





**Рис. 1.** Карта пространственного распределения содержаний минеральных частиц в составе снегового покрова на территории г. Юрга

Техногенные частицы в составе снегового покрова г. Юрга сконцентрированы вблизи промышленной зоны (рисунок 2).



**Рис. 2.** Карта пространственного распределения содержаний техногенных частиц в составе снегового покрова на территории г. Юрга

Частицы техногенного происхождения, выделяющиеся в ходе производственных процессов, ветровым переносом распространяются в другие части города (таблица 2).

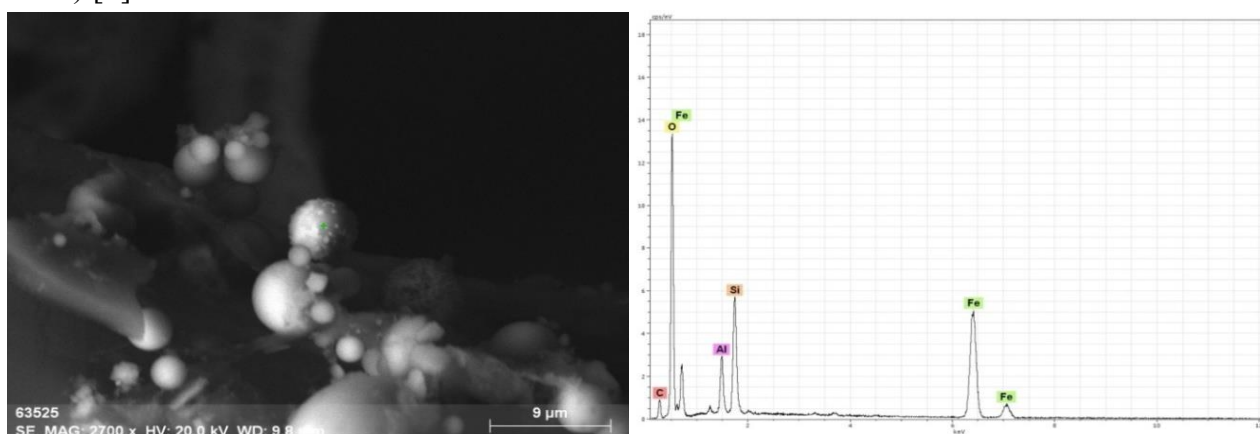
Таблица 2

**Среднее содержание наиболее распространенных техногенных частиц в промышленной зоне г. Юрга, %**

Тип частиц	Среднее содержание, %					
	Промыш- Ленная	Рекреа- ционная	Жилая одноэтаж- ная	Жилая малоэтаж- ная	Жилая средне- этажная	Жилая высоко- этажная
Металлические микросферулы	7	5	5	6	4	4
Алюмосиликатные микросферулы	15	14	13	14	15	15
Металлургические шлаки	8	4	4	5	5	5
Уголь, угольная пыль и шлаки	17	16	16	16	15	14
Стекловата	2	0	0	1	0	0

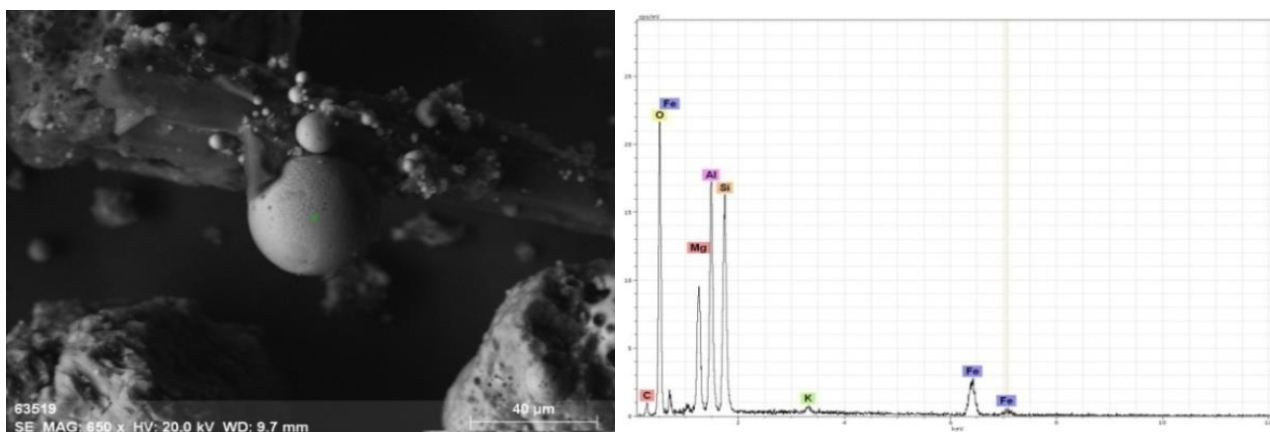
Наиболее распространенными типами техногенных частиц в пробах твердой фазы снега г. Юрга являются:

1. Микросферулы темного цвета, обладающие магнитными свойствами, поступающие в окружающую среду с литейных цехов машиностроительного производства (рисунок 3) [6].



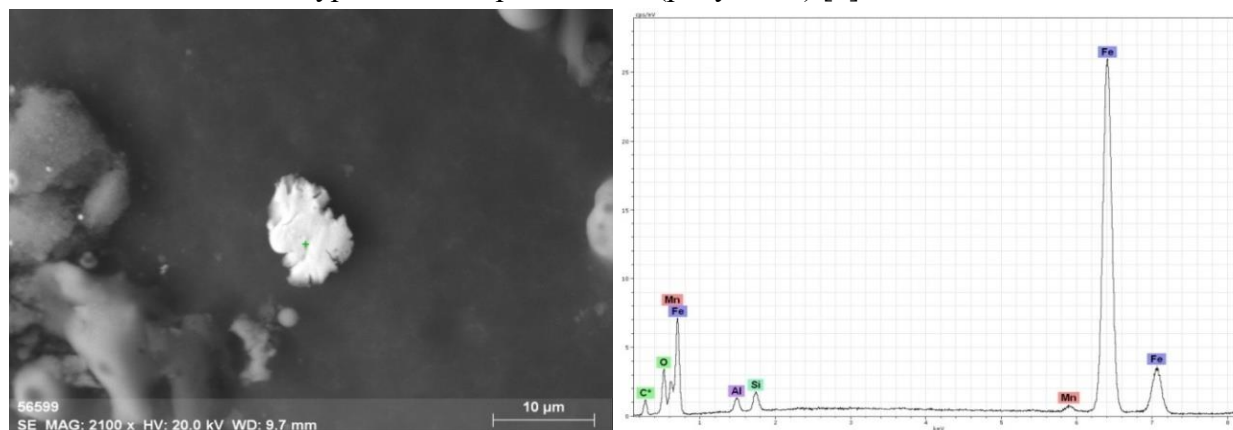
**Рис. 3.** Снимок и энергодисперсионный спектр высокожелезистой металлической микросферулы размером более 5 мкм по данным сканирующей электронной микроскопии

2. Алюмосиликатные микросферулы белого и серого цветов со стеклянным блеском, которые встречаются вблизи тепловых электростанций, поскольку образуются при высокотемпературном сжигании угля (рисунок 4).



**Рис. 4.** Снимок и энергодисперсионный спектр алюмосиликатной микросферулы размером 40 мкм по данным сканирующей электронной микроскопии

3. Шлаки металлообработки – бесформенные частицы с химическим составом, аналогичным отходам металлургических производств (рисунок 5) [5].



**Рис. 5.** Снимок и энергодисперсионный спектр металлургического шлака, содержащего оксиды Fe с примесями Al, Si, Mn размером около 8 мкм по данным сканирующей электронной микроскопии

4. Черные, блестящие частицы недожженного угля, бесформенная угольная пыль и пористый угольный шлак – частицы золы уноса с тепловых электростанций [6].

5. Стекловата – прозрачные вытянутые частицы, выделяющиеся в процессе работы производства строительных материалов из минеральной ваты.

В меньшей степени в пробах твердой фазы снега г. Юрга встречаются синтетические волокна и кирпичная крошка.

Изучение вещественного состава твердой фазы снега на территории г. Юрга позволило выявить источники поступления техногенных частиц, а также картировать их пространственное распределение по функциональным зонам.

Результаты работы отличаются практической значимостью, поскольку представленные материалы могут быть использованы для формирования экологически благоприятного для здоровья населения плана застройки города, а также для включения в региональные экологические обзоры.

#### Список литературы

1. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2012 году / Администрация Кемеровской области. – Кемерово, 2013. – 460 с.
3. Патент 2229737 Россия, 27.05.2004 / Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов, А. В. Таловская. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами // Патент России № 2002127851.
4. Программа комплексного развития социальной инфраструктуры Юргинского городского округа Кемеровской области на 2018-2030 годы.
5. Сидоренко А. С. Оценка воздействия металлургических шлаков ООО "ЮМЗ" на состояние окружающей среды г. Юрги / А. С. Сидоренко, Ш. С. Нозирзода; науч. рук. Л. Г. Деменкова // Неразрушающий контроль: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность". – Томск, 2016. – С. 311-315.
6. Язиков Е. Г. Минералогия техногенных образований: учебное пособие / Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 160 с.

**МАТЕРИАЛЫ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ  
УЧАСТКА ТЕРРИТОРИИ, НА КОТОРОМ ПРЕДПОЛАГАЕТСЯ СОЗДАНИЕ ОСОБО  
ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «РАССОХИНСКОЕ БОЛОТО»**

Бузмаков С. А., Сивков Д. Е., Санников П. Ю., Дзюба Е. А.

Пермский национальный исследовательский университет (ПГНИУ).

Пермь.

E-mail: buzmakov2012@gmail.com, sivkovd94de@gmail.com

**MATERIALS OF THE COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL SURVEY OF THE AREA  
OF THE TERRITORY ON WHICH IS PROPOSED TO CREATE A SPECIALLY  
PROTECTED NATURAL TERRITORY “RASSOKHINSKOE BOLOTO”**

Buzmakov S.A., Sivkov D.E., Sannikov P.Yu., Dziuba E.A.

**Аннотация.** В краткой сводке приводятся материалы комплексного экологического обследования участка территории, на котором предполагается создание особо охраняемой природной территории Рассохинское болото. Территория имеет высокое природоохранное значение и заслуживает присвоения статуса ООПТ.

**Ключевые слова:** комплексное экологическое обследование, особо охраняемая природная территория, болото.

**Abstract.** The summary contains the materials of a comprehensive ecological survey of a site of the territory where it is planned to create a protected area of the Rassokhinskoe bog. The territory has a high conservation value and deserves to be awarded the status of protected areas.

**Keywords:** complex ecological survey, protected area, swamp.

Согласно действующему природоохранному законодательству при создании особо охраняемой природной территории (ООПТ) необходимо подготовить материалы комплексного экологического обследования участков территорий, на которых предполагается ее создание [2, 6, 7, 11].

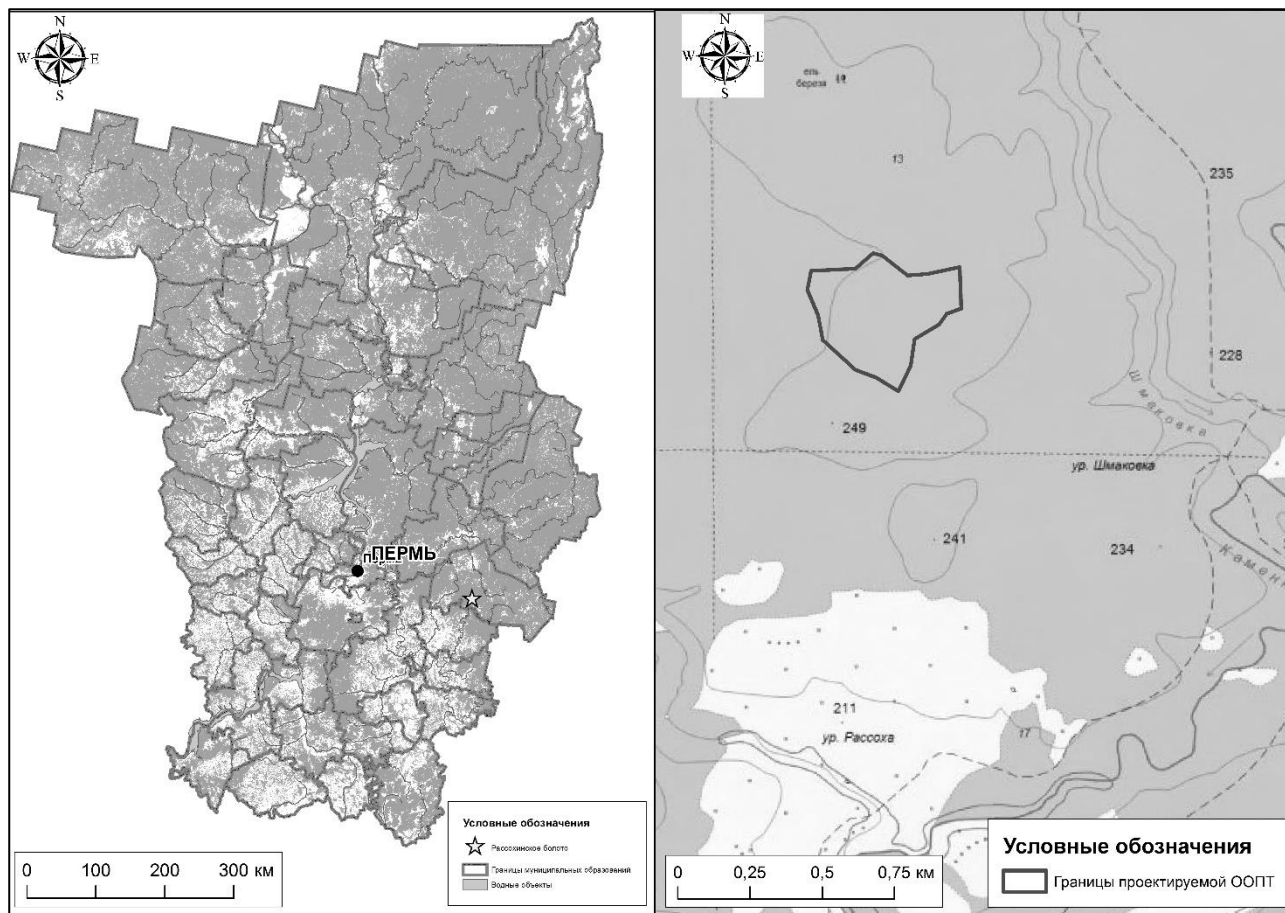
В соответствии с порядком учета предложений о создании ООПТ установленным в Пермском крае [6,7] с предложениями о создании особо охраняемой природной территории обратились органы местного самоуправления Лысьвенского городского округа Пермского края. Данная территория является особо ценной для региона и городского округа, так как представляет собой типичное переходное болото.

Материалы комплексного экологического обследования участка территории изложены далее в статье.

Обследуемая территория приурочена Предуральскому краевому погibu восточной окраины Русской платформы в районе Юрюзано-Сылвенской депрессии. С точки зрения административно-территориального деления участок находится в Лысьвенском городском округе Пермского края, в 1,2 км севернее урочища Рассоха (рис. 1) [1].

Общая площадь участка – 16,0 га. Вся территория занята естественными непреобразованными экосистемами. Территория представлена олигомезатрофным чернично-сфагновым болотом. Древесный ярус образует сосна лесная (*Pinus sylvestris* L.). Встречается береза бе-

лая (*Betula alba* L.). Единично отмечена ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.). Кустарники отсутствуют. В травянисто-кустарничковом ярусе выделяются два подъяруса. Первый подъярус образуют багульник болотный (*Ledum palustre* L.), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.). Во втором подъярусе преобладает морозка (*Rubus chamaemorus* L.). Мохово-лишайниковый ярус сформирован в основном видами рода сфагнум (*Sphagnum* sp.).



**Рис. 1.** Месторасположение проектируемой ООПТ

По характеру рельефа территория относится к Лысьвенско-Тулумбасской возвышенной равнине, которая характеризуется сильно разветвленной и глубоко врезанной сетью долин рек с аккумулятивным и эрозионно-аккумулятивным комплексом террас, развитием эрозионно-денудационных, денудационных поверхностей, более слабыми неотектоническими процессами с абсолютными отметками высот 120–290 м. [8].

Климат территории характеризуется как континентальный, отличается большими суточными и годовыми колебаниями температуры воздуха. Характерны продолжительная холодная зима и короткое теплое лето. Среднегодовые температуры в пределах территории исследования составляют 1,6°C. Самым холодным месяцем является январь -15,7°C, а самым теплым – июль 23,4°C. Годовое количество осадков составляет 659 мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится 25% – 35%, а на теплый – 75% – 65% годовой суммы осадков. В течение года преобладают жидкие осадки [12].

Согласно почвенному районированию Пермского края [3] обследованная территория находится в пределах Асовско-Кишертско-Лысьвенского района дерново-подзолистых почв.

По данным полевого обследования территории, на исследованном участке распространены почвы болотного типа, отличительной чертой которых является профиль, состоящий (полностью или большей частью) из органического материала, преимущественно торфа. При мощности торфяного горизонта более 50 см, почвы относят к торфяным, при менее 50 см – к торфяно-глеезёмам и другим типам.

В зональном (биологическом) отношении Рассохинское болото находится на стыке подзоны равнинной южной тайги и провинции (предгорных южнотаежных лесов). В фаунистическом отношении А. П. Кузякин (1962) относит эту территорию к Восточно-Европейскому таежному ландшафтному району (вблизи с границей Восточно-Европейского лесолугового района) [4]. Более дробное районирование позволило охотоведам отнести эту территорию к Восточному району края.

Биологическое разнообразие территории представлено следующими таксономическими группами организмов: млекопитающие – 5 видов, птицы – 11 видов, рептилии – 2 вида, амфибии – 1 вид.

Редких и находящихся под угрозой исчезновения объектах животного и растительного мира, в Красную книгу Российской Федерации и приложение к ней, в Красную книгу Пермского края и приложение к ней, не выявлено по данным полевого обследования территории.

По торфяно-болотному районированию Прикамья болото относится к Приуральскому горному району [9, 10].

Территория вокруг болота активно осваивалась в 30-е годы XX века, велась лесозаготовка. Лесозаготовительный поселок, расположенный южнее, был ликвидирован в 70-е годы XX века [5]. В настоящее время хозяйственная деятельность на прилегающих территориях к болоту не ведется.

Само болото богато лесными ягодами (черникой, брусникой, морошкой). Болото активно используется населением городского округа, как место сбора ягод.

**Выводы.** По итогам полевого обследования и подготовки материалов комплексного экологического обследования участка территории можно сказать, что Рассохинское болото является особо ценным для региона и городского округа, так как представляет собой типичное переходное болото на границе южной тайги, граничащей с западным Уралом, популярное среди местного населения. Кроме того, болото, расположенное в предгорной части, является редким природным объектом так как наименее распространены в Прикамье.

Данной территории следует придать природоохранный статус регионального значения. Предлагаемая категория для ООПТ «Рассохинского болота» в соответствии с Федеральным законом от 14 марта 1995 г. "Об особо охраняемых природных территориях" (с изменениями на 31 июля 2020 года) и Законом Пермского края от 04 декабря 2015 года № 565-ПК «Об особо охраняемых природных территориях Пермского края» (в редакции Законов Пермского края от 02.12.2016 № 26-ПК, от 09.02.2018 № 183-ПК, от 07.03.2019 № 344-ПК) – ландшафтный природный резерват [2, 11].

Созданная ООПТ внесет вклад в поддержание экологического баланса окружающих территорий поддерживая естественный круговорот веществ (прежде всего воды) и сохраняя типичные экосистемы и типичных представителей животных, и растений переходного болота.

#### Список литературы

1. Атлас Пермского края /Под общей редакцией А. М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: «Раритет-Пермь», 2012. 124 с.

2. Закон Пермского края от 04 декабря 2015 года № 565-ПК «Об особо охраняемых природных территориях Пермского края» (в редакции Законов Пермского края от 02.12.2016 № 26-ПК, от 09.02.2018 № 183-ПК, от 07.03.2019 № 344-ПК).
3. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова Смоленск: Ойкумена, 2004. 232 с.
4. Кузякин А. П. Зоогеография СССР // Уч. зап. Москов. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской, 1962. Т. 59. С. 3–182. (Биогеография, вып. 1).
5. Незабываемые деревни: 225-летию Лысьвы посвящается / МУ «ЦБС»; ред. Н. М. Парфенов, сост. Е. И. Завьялова. Чусовой: ИП Журавлев, 2010. 170 с. (Лысьвенский краеведческий альманах. Вып. 1)
6. Постановление Правительства Пермского края от 11 октября 2016 № 902-п «Об утверждении Порядка учета предложений о создании, изменении режима и границ, реорганизации, ликвидации особо охраняемых природных территорий регионального значения» (с изменениями на 31 января 2018 года).
7. Постановление Правительства Пермского края от 15 марта 2017 года №87-п «Об утверждении Требований к материалам эколого-экономического обоснования создания особо охраняемой природной территории регионального значения» (с изменениями на 29 мая 2019 года).
8. Снитко Г. П., Гай В. В., Дресвянникова Н. Ф. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Пермская. Лист О-40-XVI (Лысьва). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. 150 с.
9. Торфяной фонд РСФСР. Пермской области. Список и карта торфяных месторождений. М., 1958.
10. Торфяные месторождения Пермской области / под ред. Г. Н. Верхоярова. М.: Геолторфразведка, 1976. 403 с.
11. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями на 31 июля 2020 года) [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «ГехЭксперт».
12. Шкляев В. А., Шкляева Л. С. Климатические ресурсы Уральского Прикамья // Географический вестник, №2. 2006. С. 76-89.



## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И РЕГИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ ООПТ

С. А.Бузмаков

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь  
lep@psu.ru

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND REGIONAL NETWORK OF PROTECTED AREAS

Buzmakov S.A.

Perm State University, Perm  
lep@psu.ru

**Аннотация.** Человечество столкнулось со все обостряющимися противоречиями между своими растущими потребностями и неспособностью биосферы обеспечить их, не разрушаясь. В результате социально-экономическое развитие приняло характер ускоренного движения к глобальной экологической катастрофе, при этом ставится под угрозу не только удовлетворение жизненно важных потребностей и интересов будущих поколений людей, но и сама возможность их существования. Возникла идея разрешить это противоречие на пути перехода к такому цивилизационному развитию, которое не разрушает своей природной основы, гарантируя человечеству возможность выживания и дальнейшего непрекращающегося, т. е. управляемого и устойчивого, развития.

Сеть особо охраняемых природных территорий признается базисом для устойчивого развития региона. Современная сеть особо охраняемых природных территорий в Пермском крае необходимо улучшать за счет большей представленности природных районов. Определено актуальное состояние и приоритеты географического формирования сети ООПТ.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, особо охраняемая природная территория, экологическая проблема.

**Abstract.** Humanity is faced with ever-sharpening contradictions between its growing needs and the inability of the biosphere to provide them without collapsing. As a result, socio-economic development has taken on the character of an accelerated movement towards a global ecocatastrophe, while not only the satisfaction of the vital needs and interests of future generations of people, but also the very possibility of their existence is threatened. An idea arose to resolve this contradiction on the path of transition to such a civilizational development that does not destroy its natural basis, guaranteeing humanity the possibility of survival and further incessant, controlled and sustainable development.

The network of specially protected natural areas is recognized as the basis for sustainable development of the region. The modern network of specially protected natural areas in the Perm Territory needs to be improved due to the greater representation of natural areas. The current state and priorities of the geographical formation of network have been determined.

**Keywords:** sustainable development, specially protected natural area, ecological problem.

Идеи устойчивого развития отвечают объективному требованию времени и могут решающим образом повлиять на будущее [10]. Решение глобальной экологической проблемы возможно только путем объединения усилий мирового сообщества. В процесс должны

включиться не только государства, но и конкретные регионы, города, коммерческие организации. В идеале каждый человек должен осознавать проблему и выполнять конкретные действия для ее решения.

Переход на устойчивое развитие, или хотя бы внедрение некоторых элементов, наблюдается во множестве стран, промышленности, общественных организациях и образовательных учреждениях.

Система высшего образования нацелена, в первую очередь, на развитие экологических знаний, умений и навыков среди населения. Но просто преподавание дисциплины «экология» или «устойчивое развитие» недостаточно для повышения уровня экологического образования населения. Учебные заведения могут сделать гораздо больше. На сегодняшний день экологические программы приняты в большом количестве университетов. По предварительной оценке их число может достигать тысячи учреждений. На сегодняшний день существует несколько международных программ и объединений, но информация по ним не систематизирована.

Антропогенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной деятельности. Преобразование экосистем вызывается совокупностью биогеохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей, направленной на извлечение из окружающей среды, концентрирование и перегруппировку минеральных и органических соединений.

Проблемные районы со сложной экологической обстановкой сложились в Пермском крае в районах добычи нефти, прежде всего, при наличии карста, добычи калийных солей, после прекращения добычи угля, а также в крупнейшем городе края – Перми.

Природные системы не в состоянии справиться с потоками поступающих извне веществ, образуются техногенные геохимические аномалии со специфическими условиями развития [8]. В посттехногенный период восстановления ландшафт по законам развития неизбежно будет стремиться к стабильному состоянию [3]

По уровню загрязнения природной среды и ответной реакции почв предлагается выделять: верхний безопасный уровень концентрации (ВБУК), при котором наступает ухудшение качества почвенной экосистемы; верхний предел потенциала самоочищения (ВППС), выше которого почва сама не может справиться с загрязнением; ориентировочный уровень допустимой концентрации (ОДК), при котором в данных природных условиях почва в течение года восстанавливает свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза самопроизвольно ликвидируются [2,5]. Техногенные последствия в карстовых районах наиболее опасны. Загрязнения от нефтепромысла подразделяются на природные глубинные и техногенные глубинные и поверхностные [4]. Проблемы оценки трансформации углеводородных загрязнений приобретают все большее значение [6].

На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Пермский край) в шламохранилищах накоплено более 30 млн. м<sup>3</sup> отходов [1]. Загрязнение подземных вод в районах расположения отходов калийных предприятий происходит повсеместно [7]. Солеотвалы, шламохранилища и рассолосборники рассматриваются в качестве основных источников загрязнения приповерхностной гидросферы на Верхнекамском месторождении [2].

Современный уровень изученности в проблемных районах со сложной экологической обстановкой в Пермском крае источников воздействия, отдельных компонентов природной среды, прежде всего, водной очень значительный. Требуется обобщение этих сведений в представления об антропогенной трансформации природной среды, откликов экосистем на

антропогенное влияние, в том числе, сукцессионных изменений, круговорота циклических элементов, оценки фотосинтеза и продуктивности.

Для предотвращения деградации природной среды и минимизации антропогенной нагрузки на экосистемы создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ). ООПТ выполняют важнейшие функции сохранения экологического баланса, сохранения и восстановления биоразнообразия, ресурсосбережения, экологического просвещения, а также играют значительную эстетическую роль. На сегодняшний день 257 региональных ООПТ, которые занимают 8,8% территории Пермского края. Почти половину составляют ООПТ охраняемые ландшафты (42,6%), весьма значительна доля биологических заказников (31,3%). Первые в режиме, мало отличающимся от обычного природопользования, сохраняют природные комплексы. Вторые направлены, прежде всего, на воспроизводство охотничьих животных.

Таблица 1

**Представленность природных районов Пермского края в сети особо охраняемых природных территорий**

Природный район	Площадь природного района, тыс. га	Площадь ООПТ, тыс. га	Доля ООПТ от природного района, %	Достижение 17% от площади, тыс. га
Средняя тайга	4117,0	621,2	15,1	78,2
Южная тайга	5155,5	245,9	4,8	628,0
Хвойно-широколиственные леса	2040,3	206,6	10,1	140,8
Кунгурская лесостепь	675,3	25,8	3,8	89,1
Северный (Центральный) Урал	831,1	333,3	40,1	-
Западный Урал	3204,5	276,6	8,6	269,2
<b>Всего по Пермскому краю</b>	<b>16023,6</b>	<b>1709,4</b>	<b>10,7</b>	<b>1205,3</b>

Важнейшей природоохранной ООПТ принимаются памятники природы, которые предназначены для сохранения уникальных природных объектов. В крае их насчитывается 88 штук, которые занимают 0,04% от площади региона. Природные резерваты сохраняют типичные экосистемы на площади 8,6 тыс. га (0,1% от площади края). Кроме того, к сети ООПТ относятся 5 историко-природных комплексов (площадь 400 га).

Создан в регионе природный парк «Пермский» кластерного типа. Его участки расположены в долинах рек Чусовой, Усьвы и Вишеры. Природный парк создан для сохранения типичных и уникальных природных комплексов, экологического просвещения населения, создания условий для регулируемого туризма и отдыха. Следующим этапом должно стать создание участков в равнинной части региона, а также подобных природоохранно-рекреационных ООПТ с созданием национального парка на хребте Кваркуш.

На землях особо охраняемых природных территорий федерального значения сохранился единственный ландшафтный заказник регионального значения «Предуралье», имеющий существенную ценность для высшего образования и вузовской науки. Площадь обычного охраняемого ландшафта в регионе в среднем составляет 7500 га. Крупнейшие из них: «Нижневишерский», «Ослянский», «Селищенское болото», «Кваркуш», «Адово озеро», «Верхнейвинский».

Сеть ООПТ местного значения незначительна по площади. Местные охраняемые территории распределены по региону крайне неравномерно, часто к ним относят муниципальные власти зеленые насаждения и подобные объекты. Географические обоснования имеют

сети местных ООПТ организованных в г. Перми и Октябрьском, Лысьвенском районах. Во многих муниципальных образованиях региона местные ООПТ отсутствуют.

Сеть особо охраняемых природных территорий признается базисом для устойчивого развития региона. Современная сеть особо охраняемых природных территорий в Пермском крае необходимо улучшать за счет большей представленности природных районов.

#### Список литературы

1. Бельтюков Г. В. Основные источники загрязнения подземных и поверхностных вод на территории Верхнекамского месторождения калийных солей// Вестник Пермского университета. Вып.4 «Экология», Пермь. 1996. С 128-140.
2. Геннадиев А. Н. Нефть и окружающая среда// Вестник Моск. ун-та. Сер5.География. 2009. №6. С.30-39;
3. Давыдова Н. Д. Техногенная трансформация топогеосистем в условиях атмосферного загрязнения// География и природные ресурсы. №4, 2002. С.10-14
4. Костарев С. М. Принципы формирования систем экологического мониторинга в районах нефтедобычи (на примере Пермского края)//Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 9. С. 30-35
5. Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Оборин А. А., Пузанова Т. А., Краснопева А. А., Жидкин А. П. Углеродное состояние почв на территории нефтедобычи с карстовым рельефом // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1314-1323.
6. Хаустов А. П., Редина М. М. Геохимические маркеры на основе соотношений концентраций пау в нефти и нефтезагрязненных объектах // Геохимия. 2017. № 1. С. 57-67.
7. Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition, Paris: United Nations Publication. 2001. 62 p.
8. Nevidomskaya D., Minkina T., Fedorov Y., Kravtsova N., Litvinov Y., Nazarenko O. Integral assessment of heavy metal pollution in don river estuary soils// E3S Web of Conferences. Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety, APEEM 2020. 2020. С. 01007.
9. Kuznetsov A., Fedorov Yu., Fattal P. Long-term weathering of fuel oil spilled from the tanker "Erika" on the atlantic coast of France //19th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019. Conference proceedings. 2019. С. 445-452.
10. Sallam E.S., Abd El-Aal A.K., Fedorov Y.A., Bobrysheva O.R., Ruban D.A. Geological heritage as a new kind of natural resource in the Siwa oasis, Egypt: the first assessment, comparison to the russian south, and sustainable development issues// Journal of African Earth Sciences. 2018. Т. 144. С. 151-160.

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ  
ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА В Г. ВОЛОГДЕ**

Булавина Е. В.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Санкт-Петербург

ekaterina.v.bulavina@gmail.com

**LONG-TERM DYNAMICS OF DURATION AND STABILITY OF THE COLD PERIOD IN  
VOLOGDA**

Bulavina E. V.

Russian State Hydrometeorological University

Saint Petersburg

ekaterina.v.bulavina@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрена многолетняя динамика изменений времени начала и окончания устойчивого холодного периода, а также его продолжительности в г. Вологде. Дается оценка изменения устойчивости холодного периода. Показано, что в период с 1939 по 2020 гг. продолжительность холодного периода сокращается в среднем на 3 дня за 10 лет, при этом дата наступления холодного периода сдвигается на более поздний срок, а дата его окончания – на более ранний. Выявлено увеличение числа дней с оттепелями во время периода с устойчивыми отрицательными температурами.

**Ключевые слова:** продолжительность холодного периода, оттепели, изменение климата

**Abstract.** The long-term dynamics of changes in the time of the beginning and end of a stable cold period, and its duration in Vologda, is considered. The estimation of changes in the stability of the cold period is given. It is shown that in the period from 1939 to 2020, the duration of the cold period is reduced by an average of 3 days over 10 years, while the date of the onset of the cold period is shifted to a later date, and the date of its end – to an earlier one. An increase in the number of days with thaws during the period with stable negative temperatures was revealed.

**Keywords:** duration of the cold period, thaw, climate change

Долгосрочное повышение температуры воздуха, особенно интенсивно проявляющееся в высоких широтах [4] приводит к изменению различных характеристик температурного режима. Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C, наряду с другими реперными значениями (5, 8, 10 °C) являются важными температурными характеристиками. Переход температуры воздуха через 0°C связан с изменениями агрегатного состояния воды и его воздействием на природные и хозяйственные процессы, в том числе и на миграцию загрязняющих веществ [3]. Большое значение на процессы в окружающей среде так же оказывают оттепели, которые наблюдаются в период устойчивых отрицательных температур. Оттепели достаточной продолжительности могут вызывать интенсивное таяние снежного покрова и, как следствие, интенсивное поступление загрязнителей на поверхность почвы и в водоемы.

В настоящей статье использовались ежедневные данные о максимальных и среднесуточных температурах воздуха на станции М-2 Вологда за период с 1939 по 2019 г. из массива данных ВНИИГМИ-МЦД [1], а также данные Филиала ФГБУ Северное УГМС «Вологодский ЦГМС».

В данной работе под холодным периодом подразумевался промежуток времени между датой устойчивого перехода через 0°C в сторону понижения осенью и в сторону повышения весной. Расчет дат устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0°C производился по методу А. В. Федорова [2]. Характеристики холодного периода представлены в таблице 1. Под оттепелью понималось повышение температуры воздуха до 0°C и выше в течение холодного периода. То есть производился подсчет дней с максимальной температурой  $\geq 0^\circ\text{C}$  в период после устойчивого перехода среднесуточной температуры в стороны отрицательных значений и до даты устойчивого перехода в сторону положительных значений.

Таблица 1

**Характеристики холодного периода по данным метеостанции М-2 Вологда (1939-2020 гг.)**

Продолжительность				Начало				Конец			
$x_{\text{cp}}$	$\sigma$	мин.	макс.	$x_{\text{cp}}$	$\sigma$	мин.	макс.	$x_{\text{cp}}$	$\sigma$	мин.	макс.
53	21	81 (2007)	189 (1993)	01.11	14,5	09.10 (1976)	18.12 (2006)	03.04	10,6	02.03 (2020)	27.04 (1981)

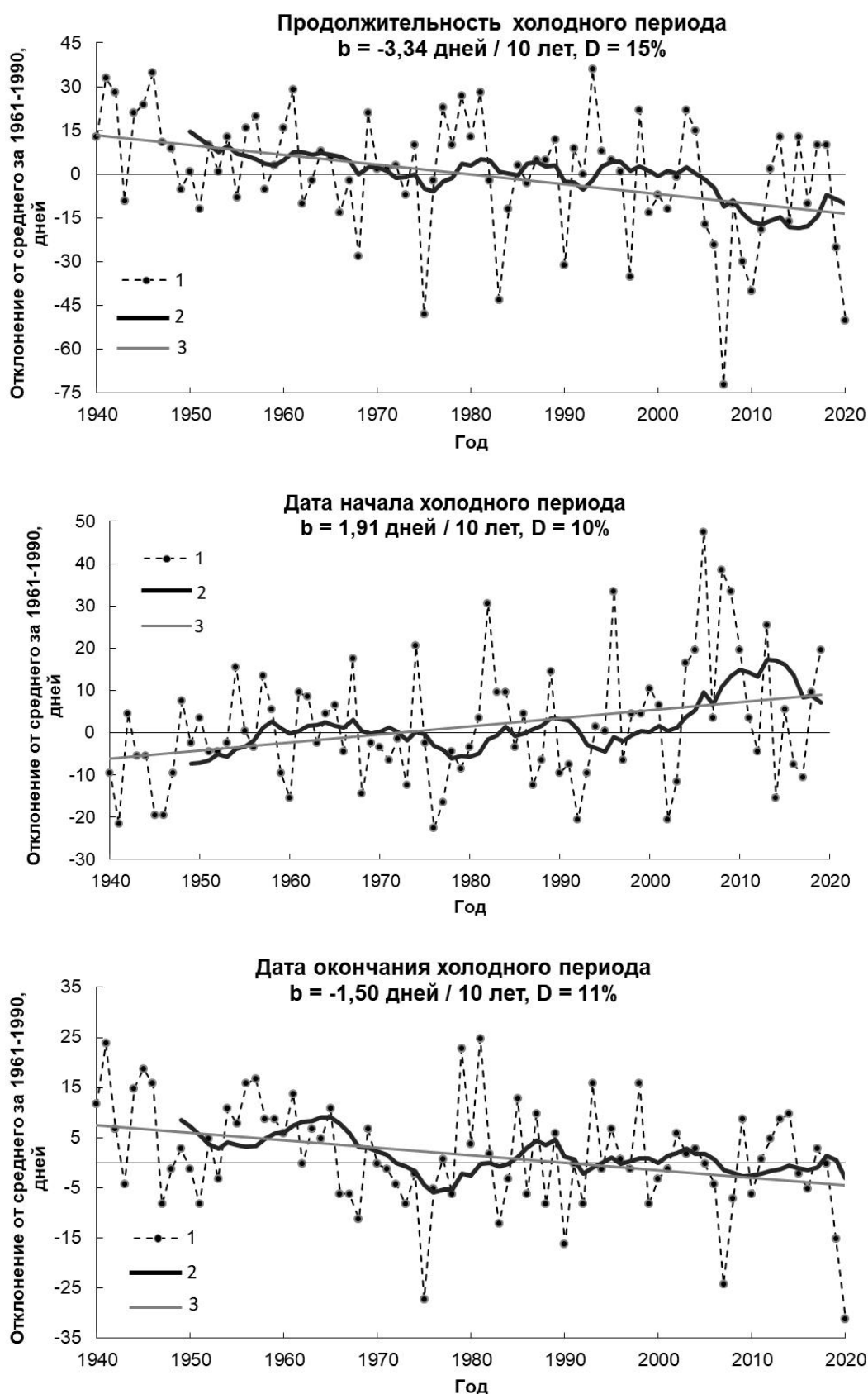
*Примечание:*  $x_{\text{cp}}$  – среднее значение;  $\sigma$  – стандартное отклонение; для минимальных и максимальных значений указаны годы, в которые они наблюдались

Для оценки изменений климатических характеристик холодного периода были рассмотрены коэффициенты линейного тренда временных рядов за период 1939-2020 гг. На рисунке 1 представлены ряды аномалий дат начала, окончания и продолжительности холодного периода. Аномалии характеристик холодного периода сравнивались с базовым периодом 1961–1990 гг.

Полученные линейные тренды для продолжительности холодного периода, а также для дат начала и окончания холодного периода являются статистически значимыми ( $p < 0,05$ ). Из рисунка 1 видно, что продолжительность холодного периода сокращается примерно на 3 дня за 10 лет, при этом дата начала холодного периода наступает почти на 2 дня позже за десятилетие, в свою очередь, дата окончания холодного периода сдвигается на более ранние сроки на 1,5 дня за десять лет. Вклад тренда в суммарную дисперсию невелик для всех трех показателей. Анализ показал статистически значимую связь между датами начала и окончания холодного периода при  $R = -0,36$ , то есть имеется тенденция к более раннему окончанию холодного периода при его более позднем начале.

Количество дней с оттепелью по месяцам для метеостанции 27037 Вологда представлено в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что для числа дней с оттепелью характерны большие значения стандартного отклонения, иногда превышающего среднее значение, что говорит о чрезвычайной изменчивости этого показателя.

Статистически значимые линейные тренды для временных рядов получены для всех месяцев кроме октября и декабря. Для ноября и апреля, т. е. для месяцев, на которые, как правило, приходится начало и конец холодного периода зафиксировано уменьшение числа оттепелей. В период с января по март, напротив, отмечается увеличение числа оттепелей (наиболее отчетливо тенденция проявляется для февраля).



**Рис. 1.** Аномалии продолжительности (вверху) и аномалии дат начала и окончания холодного периода за 1940-2020 гг. 1 – ежегодные значения аномалии; 2 – 11-летние скользящие средние; 3 – линейные тренды;  $b$  – коэффициент тренда,  $D$  – вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

**Многолетние значения числа дней с оттепелью по данным метеостанции М-2 Вологда  
(1939-2020 гг.)**

Число дней	Месяц						
	X	XI	XII	I	II	III	IV
$x_{\text{ср}}$	2,61	9,89	7,43	4,65	4,60	14,03	4,88
$\Sigma$	3,75	6,84	5,31	4,33	5,51	7,30	5,97
Макс.	16	27	21	18	21	31	25

*Примечание:*  $x_{\text{ср}}$  – среднее значение;  $\sigma$  – стандартное отклонение;

В работе [3] для определения «оттепельности» холодного периода использовался видоизмененный показатель устойчивости холодного периода введенный Хайруллиним. На основе данным показателей был определено показатель устойчивости холодного периода (К), рассчитываемый следующим образом:

$$K = \frac{P_{\text{хп}} - Nd_0}{P_{\text{хп}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $P_{\text{хп}}$  – продолжительность холодного периода, дней;  $Nd_0$  – число дней с оттепелью.

При абсолютно устойчивом холодном периоде (оттепели отсутствовали)  $K = 100\%$ ; если в половине из дней холодного периода наблюдались оттепели, то  $K = 50\%$ .

Среднее значение показателя устойчивости холодного периода составило 68,6% при стандартном отклонении  $\sigma = 9,81\%$ . Для временного ряда показателя устойчивости рассчитанного за период с 1939 по 2020 гг. выявлен статистически значимый тренд снижения устойчивости холодного периода ( $R = -0.32$ ).

Таким образом, обнаружена тенденция уменьшения продолжительности холодного периода с устойчивой отрицательной температурой воздуха. Скорость сокращения продолжительности данного периода превышает 3 дня за десятилетие. Установлено, что дата осеннего перехода к отрицательным температурам сдвигается на более поздний срок, в то время как весной переход к устойчивым положительным температурам происходит раньше.

Выявлены многолетние тенденции изменения числа оттепелей, которые не всегда совпадают по своей направленности с общими тенденциями роста температур. Так, увеличение числа оттепелей отмечается в период с января по март, при этом число оттепелей в ноябре и апреле уменьшается. Для октября и декабря статистически значимый тренд не обнаружен. Показано снижение устойчивости холодного периода (увеличение числа дней с оттепелями относительно общей продолжительности периода с устойчивыми отрицательными температурами).

#### Список литературы

1. Александрова Т. М., Булыгина О. Н., Разуваев В. Н. «Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТТ)» [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных>
2. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. – Л.: Гидрометеопиздат, 1974. – 152 с.
3. Гусева И. П., Мирвис В. М. Изменения в режиме оттепелей на территории России // Труды ГГО. – 2007. – №. 556. – С. 101-115.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 97 с.



**ИНАКТИВАЦИЯ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ВНЕСЕНИИ  
БИОЧАРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗНОГО СЫРЬЯ**

Бурачевская М. В., Бауэр Т. В., Цицуашвили В. С., Лобзенко И. П., Барахов А. В.,  
Погонышев П. Д., Минкина Т. М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

г. Ростов-на-Дону

e-mail: marina.0911@mail.ru

**COPPER INACTIVATION IN HAPLIC CHERNOZEM BY ADDING BIOCHARS  
OBTAINED FROM DIFFERENT RAW MATERIALS**

Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Tsitsuashvili V.S., Lobzenko I.P., Barakhov A.V.,  
Pogonyshev P.D., Minkina T.M.

Southern Federal University

Rostov-on-Don

e-mail: marina.0911@mail.ru

**Аннотация.** Исследован состав подвижных соединений (обменных, комплексных и специфически сорбированных) Cu в почве модельного опыта как при загрязнении, так и с применением биочаров, полученных из шелухи риса и древесного сырья. Показана тенденция к увеличению подвижности металла при загрязнении почвы. Исследован процесс инактивации загрязненной Cu почвы при внесении биочара, отмечено уменьшение подвижности Cu. Биочар на основе как шелухи риса, так и древесного сырья показал высокую эффективность применения, благодаря их сильным сорбционным свойствам.

**Ключевые слова:** подвижные соединения, почва, биоуголь, шелуха риса

**Abstract.** The composition of mobile compounds (exchange, complex and specifically sorbed) Cu in the soil of the model experiment was studied both under contamination and with the use of biochars obtained from rice husks and wood raw materials. The tendency to increase the mobility of metal during soil contamination is shown. The process of inactivation of Cu-contaminated soil during biochar application was studied, and a decrease in Cu mobility was noted. Biochar based on both rice husks and wood raw materials has shown high efficiency of application, due to their strong sorption properties.

**Keywords:** mobile compounds, soil, biochar, rice husk

**Введение.** В настоящее время исследование проблем загрязнения почв поллютантами различной природы весьма актуально в результате прогрессивно возрастающего воздействия продуктов техногенеза на окружающую среду. Медь, являясь микроэлементом для растений и животных, при значительных концентрациях в окружающей среде переходят в разряд загрязняющих веществ. Данный металл входит в число приоритетных поллютантов почв Ростовской области [10]. Природные сорбенты способны в значительной мере иммобилизовать загрязняющие вещества, ограничивая их миграционную способность в сопредельные среды. Разработка методов детоксикации загрязненных почв с

использованием сорбентов природного происхождения является перспективным направлением научных исследований.

Биочар является пористым богатым углеродом продуктом с низкой плотностью, полученный в результате термической обработки органического материала при недостатке или отсутствии кислорода воздуха. Получают его из растительных материалов и некоторых промышленных отходов [12]. Однако сведений по характеристике различных видов биочара недостаточно [6]. Использование древесины в качестве исходного сырья для получения биочара сопряжено с рядом трудностей, обусловленных ее высокой влажностью в исходном состоянии в отличие от отходов растениеводства, которые имеют невысокую исходную влажность (ниже 20%). При использовании бытовых отходов (например, осадки сточных вод) и отходов животноводства существует риск, связанный с содержанием токсических веществ.

Следует отметить, что в каждом регионе, специализирующемся на выращивании и производстве того или иного сельскохозяйственного продукта, накапливается большое количество отходов его переработки, требующих рационального применения. Одной из наиболее значимых сельскохозяйственных культур является рис. Переработка отходов рисового производства давно стала важной технической и экологической проблемой современности. Утилизация рисовой шелухи представляет собой актуальную проблему во всём мире, включая юг России (Краснодарский край и Ростовская область). Между тем её потенциал пока мало используется в сельском хозяйстве.

Состав исходной биомассы, условия пиролиза являются определяющими факторами, влияющими на свойства получаемого продукта, такие как площадь удельной поверхности и пористость [3; 7; 15; 16]. Из этих параметров, максимальная температура, которой подвергается биомасса в пиролизном реакторе, оказывает наибольшее влияние на свойства биочара [4]. Таким образом, влияние биочара на свойства почв и иммобилизацию поллютантов зависит в первую очередь от исходной структуры и состава биочара, которые, в свою очередь, определяются исходным сырьем и условиями пиролиза.

Выбор шелухи риса в качестве исходного сырья для получения углеродистого сорбента обусловлен тем, что это доступный многотоннажный отход сельского хозяйства Ростовской области. Использование региональных отходов рисовой шелухи позволит комплексно решить проблему их утилизации и получения высокопористого сорбента для ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Цель работы – изучить возможность инактивации Cu в загрязненной почве при внесении биочаров, полученных из разного сырья (шелуха риса и древесное сырье).

**Объекты и методы.** Для закладки модельного опыта отбирался верхний слой (0-20 см) чернозема обыкновенного карбонатного (Haplic Chernozem, по классификации WRB, 2015) целинного участка, находящемся вдали от возможных источников загрязнения. Исследуемый образец почвы обладает следующими физико-химическими свойствами: pH – 7.3; 48.1% физической глины (частиц с диаметром <0,01 мм), 28.6% ила (частиц с диаметром <0,001 мм), содержание органического углерода 3.7%; карбонатов – 0.1%; ЕКО почвы – 36 сМ(+)-кг<sup>-1</sup>.

В пластиковые емкости помещали по 200 г почвы, просеянной через сито диаметром ячеек 2 мм, добавляли водный раствор нитрата Си. Доза внесения металла 5 ОДК (132 мг/кг, [2]). Через 2 месяца после закладки опыта в загрязненную почву добавляли сорбент. В качестве сорбента вносили биочар. Инкубация проходила при температуре +20-22°C и естественном освещении. В качестве сорбентов был использован биочар двух видов: 1) из отходов

сельского хозяйства (шелухи риса) (биочар ШР), полученного по авторской технологии; и 2) отходов лесного хозяйства (древесный уголь берёзовый (марка А), ГОСТ 7657-84 с содержанием углерода не менее 85%) (фирма-производитель ООО "ИВЧАР") (биочар Д), что позволило сравнить эффективность их действия.

Опыт был заложен по следующей схеме: 1) контроль (почва без загрязнения); 2) Cu 660 (почва с внесением металла в дозе 5 ОДК – 660 мг/кг); 3) Cu 660 + 1% биочара ШР; 4) Cu 660 + 1% биочара Д; 5) Cu 660 + 2,5% биочара ШР; 6) Cu 660 + 2,5% биочара Д; 7) Cu 660 + 5% биочара ШР; 8) Cu 660 + 5% биочара Д. Опыт проводился в 3-х повторностях.

Для определения непрочно связанных соединений Cu в почве применялись параллельные экстракции, позволяющие определять: обменные формы (1 н. ацетатно-аммонийный буфер (ААБ) с рН 4,8); комплексные формы (по разнице между результатами экстракции 1% ЭДТА в ААБ с рН 4,8 и ААБ); специфически сорбированные (по разнице между результатами экстракции 1 н. HCl и 1 н. ААБ) [11]. Суммарное содержание обменных, комплексных и специфически сорбированных соединений представляет собой подвижные соединения в почве. Содержание металла в экстрактах было определено с помощью ААС. Общее содержание Cu в почве определяли рентген-флуоресцентным методом с использованием спектрометра «МАКС-GV».

**Результаты.** Общее содержание Cu в исследуемой почве соответствует фоновому содержанию в черноземах и не превышает ОДК [10] (табл. 1). Содержание обменных соединений Cu в черноземе обыкновенном не превышает 2% от общего содержания (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание обменных, комплексных и специфически сорбированных форм Cu в почве модельного опыта, мг/кг**

Вариант опыта	Соединения металла			Общее содержание, мг/кг
	обменные	Комплексные	специфически сорбированные	
контроль	0,7±0,1*	2,4±0,2	6,2±0,6	45,3±4,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	59,5±5,4	64,7±5,8	112,8±9,3	712,0±64,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +1% биочар ШР**	34,8±3,0	46,8±4,2	89,0±8,0	730,0±69,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +1% биочар Д***	26,0±2,2	43,6±3,9	71,2±6,4	741,0±66,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +2,5% биочар ШР	2,8±0,2	16,8±1,5	46,2±4,2	734,0±60,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +2,5% биочар Д	2,6±0,2	14,4±1,3	35,8±3,2	746,0±70,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +5% биочар ШР	1,2±0,1	10,2±0,9	29,0±2,8	741,0±68,0
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +5% биочар Д	0,7±0,1	9,0±0,8	26,8±2,4	728,0±65,0

\* – ошибка средней

\*\* – биочар на основе шелухи риса

\*\*\* – биочар на основе древесного сырья

При внесении соединений Cu в почву происходит увеличение валового содержания металла, а также обменных, комплексных и специфически сорбированных форм. Содержание Cu в комплексных формах больше, чем в обменных (табл. 1).

Как и в незагрязненном образце, при загрязнении непрочно связанные соединения металла представлены в основном его специфически сорбированными формами (табл. 1). При загрязнении увеличивается в большей степени относительное содержание наиболее подвижных форм – обменных (на 6%) и комплексных (на 4%).

В незагрязненной почве 5% от общего содержания Cu прочно связаны с органическим веществом. В то время как на загрязненной почве доля данной формы металла увеличивается до 9% (табл. 1). Медь легко связывается органическим веществом почвы, содержащимися в высокой концентрации в верхнем слое почвы [5]. Физическими методами анализа подтверждена оргонофильность Cu на основе высоких значений констант устойчивости этого металла с органическими лигандами [8; 9; 13]. Анализ тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (XANES) показал, что в результате взаимодействия ионов  $Cu^{2+}$  с гуминовыми кислотами почв возможно образование октаэдрических внутрисферных координационных хелатных комплексов [14].

При внесении углеродистого сорбента в загрязненную металлом почву происходят заметные изменения в содержании и составе прочно связанных форм. На вариантах опыта с внесением биочара отмечается снижение подвижности соединений металла. Отмечается снижение подвижности Cu: обменных форм на 3-8%, комплексных форм на 3-8%, специфически сорбированных на 4-12%. Уменьшение подвижности металла возрастало с повышением дозы внесения углеродистого сорбента (табл. 1). Уже на варианте с внесением 2,5% биочара уровень содержания обменных форм Cu не превышал ПДК для почвы (3 мг/кг) [1], что указывает на способность применяемого сорбента прочно закреплять на своей поверхности металл и уменьшать его мобильность в загрязненных почвах. Оба сорбента показали высокую эффективность применения на загрязненной почве. Разница в относительном содержании Cu, полученном при внесении биочара из шелухи риса и древесного сырья составила не более 2%. Однако, на некоторых вариантах опыта мобильность Cu при использовании древесного биочара была ниже. Вместе с тем, инактивация металлов в почве была более выраженной при применении дозы 5% биочара.

*Таким образом,* содержание Cu в незагрязненной почве не превышает допустимых значений ОДК и фонового уровня для черноземов обыкновенных. Содержание обменных соединений Cu не более 2% от общего содержания. При загрязнении почвы наблюдается увеличение обменных, комплексных и специфически сорбированных соединений металла.

Благодаря высокой сорбционной способности биочара, его применение на загрязненной почве модельного опыта привело к инактивации подвижных соединений Cu. Наибольшее снижение подвижности металла наблюдалось при внесении 5% сорбентов. Оба биочара (полученный из шелухи риса и древесного сырья) показали высокую способность к инактивации подвижных соединений Cu в загрязненном черноземе (разница не превышала 2%). Эффективность была показана уже на дозе применения 2,5% биочара, снижением содержания обменных форм металла в почве ниже уровня ПДК.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2244.2020.5, гранта РФФИ 19-34-90185.

#### Список литературы

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические стандарты. Введ. 2006-04-01. М.: Роспотребнадзор. 2006. 15 с.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511/09, Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические стандарты. Введ. 2006-07-01 М.: Роспотребнадзор. 2006. 10 с.

3. Ahmad M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee S.S., Ok Y.S. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review // *Chemosphere*. 2014. №99. 2014. P. 19-33.
4. Al-Wabel M.I., Al-Omran A., El-Naggar A.H., Nadeem M., Usman A.R.A. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from cono-carpus wastes // *Bioresource Technology*. 2013. №131. P. 374-379.
5. Formentini T.A., Mallmann F.Jo.K., Pinheiro A., Fernandes C.V.S., Bender M.A., Veiga M., Santos D.R., Doelsch E. Copper and zinc accumulation and fractionation in a clayey Hapludox soil subject to long-term pig slurry application // *Science of The Total Environment*. 2015. № 536. P. 831-839.
6. Hunt J., DuPont M., Sato D., Kawabata A. *Soil and Crop Management*, 2010. Dec. SCM-30.
7. Kumpiene, J., Antelo, J., Brännvall, E., Carabante, I., Ek K., Komárek, M., Söderberg, C., Wårell, L. In situ chemical stabilization of trace element-contaminated soil—Field demonstrations and barriers to transition from laboratory to the field—A review. *Applied Geochemistry*. 2019. №100. P. 335–351.
8. Manceau A., Matynia A. The nature of Cu bonding to natural organic matter // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2010. V. 74. P.2556-2580.
9. McBride M.B. Reactions controlling heavy metals solubility in soils // *Advances in Soil Science*. 1989. №10. P. 2-47.
10. Minkina T.M., Motusova G.V., Mandzhieva S.S., Nazarenko, O.G. Ecological resistance of the soil-plant system to contamination by heavy metals // *Journal of Geochemical Exploration*. 2012. №123. P. 33–40.
11. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Sushkova S.N. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil // *MethodsX*. 2018. №5. P. 217-226.
12. Mohan D., Pittman Jr. C.U., Steele P.H. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: a critical review // *Energy Fuels*. 2006. №20(3). P. 848-889.
13. Nielsen M.T., Scott-Fordsmand J.J., Murphy M.W., Kristiansen S.M. Speciation and solubility of copper along a soil contamination gradient // *Soils Sediments*. 2015. V. 15. P.1558–1570.
14. Pinskii D.L., Minkina T.M., Bauer T.V., Nevidomskaya D.G., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V. Copper Adsorption by Chernozem Soils and Parent Rocks in Southern Russia // *Geochemistry International*. 2018. № 56(3). P. 266–275.
15. Tan X., Liu Y., Zeng G., Wang X., Hu X., Gu Y., Yang Z. Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions // *Chemosphere*. 2015. №125. P. 70–85.
16. Xu X., Zhao Y., Sima J., Zhao L., Mašek O., Cao X. Indispensable role of biochar-inherent mineral constituents in its environmental applications: a review // *Bioresource Technology*. 2017. №241. P. 887–899.

# ЭКОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОЗОЛЯ НА ФОНОВОЙ И ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ДАННЫМ ПОСЛОЙНОГО ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Бучельников В. С.<sup>1</sup>, Таловская А. В.<sup>1</sup>, Языкков Е. Г.<sup>1</sup>, Тентюков М. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск

<sup>2</sup> Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина  
г. Сыктывкар  
victor.buchelnikov@yandex.ru

## ECOLOGICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF AEROSOL IN BACKGROUND AND URBAN TERRITORY ACCORDING TO LAYER STUDY DATA OF SNOW COVER (TOMSK REGION)

Buchelnikov V.S., Talovskaya A.V., Yazikov E.G., Tentyukov M.P.

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования аэрозоля по данным послойного изучения снегового покрова на городской и фоновых площадках, для снеготалой воды проведены измерения водородного показателя и электропроводности, полученный твёрдый осадок исследован на сканирующем электронном микроскопе выявлен ряд специфичных частиц, проанализированы метеоданные, определены периоды снегонакопления на выбранных территориях, определено преобладающее направление ветра.

**Ключевые слова.** Снеговой покров, зернистость снега, пылеаэрозоли, электронная сканирующая микроскопия, твердый осадок снега, метеоданные

**Abstract.** The results of aerosols' investigation according layer-by-layer analysis on urban and background sites are performed in this article. pH, conductivity measurements are carried out. Solid particle of snow is investigated by scan electron microscope and indicator particles were detected. Analysis of meteorological data allowed to fix time of snow accumulation and characterized wind regimes.

**Keywords.** Snow cover, snow' granularity, dust aerosols, scan electron microscopy, solid particle of snow, meteorological data

К вредным выбросам, загрязняющим атмосферу, относятся атмосферная пыль, газы и пары, которые прямо или косвенно, отражаются на условиях жизни человека. Находящиеся в воздухе пыль и аэрозоли в сочетании с другими факторами могут нанести существенный вред здоровью человека. В снежном покрове за время его формирования накапливаются не только аэрозольные выпадения, отражающие природный состав атмосферы, но и продукты техногенных эмиссий, которые в составе твердых гидрометеоров (снега, изморози, инея) аккумулируются в снежной толще [6]. Снежный покров выбран в качестве естественного индикатора – коллектора атмосферных загрязнений.

Цель работы – проследить динамику поступления пылеаэрозолей по данным послойного анализа снегового покрова на городской и фоновой площадках: в Академгородке, вблизи станции высотного зондирования и на обсерватории «Фоновая» Института оптики атмосферы им. Зуева СО РАН, расположенной в 60 км. к западу от Томска.

Снежный покров можно считать надежным индикатором загрязнения атмосферы, он дает информацию о пространственном распределении химических элементов и интенсивности воздействия источников выбросов. В снежной толще ледяные кристаллы этого новообразования формируют горизонты, различающиеся по размерности зерен, плотности их сложения.

Как показывают мониторинговые исследования, концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе, поэтому измерения содержания веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Основная масса аэрозолей имеет диаметр 0,1-20 мкм. Мелкие пылевые частицы не осаждаются в местах выбросов при сухой погоде и могут попасть в потоки региональных и глобальных загрязнений. Но в условиях влажной атмосферы вместе с осадками пыль вымывается и оседает на землю с дождем и снегом. Кроме того, сам снеговой покров не является инертной средой и активно участвует в газообмене.

Основные источники поллютантов в приземной атмосфере городов – выхлопные газы, выбросы промышленных предприятий, ТЭЦ, котельных и других объектов. Приоритетные загрязнители атмосферы представлены пылью, угарным газом, сернистым ангидридом, оксидами азота, ТМ, ПАУ и многими другими. В приземном слое атмосферы значительная часть ЗВ трансформируется в экологически более опасные соединения.

В г. Томске находится большое количество предприятий: предприятия нефтехимической промышленности (ТНХК); металлообрабатывающее производство (Томский электромеханический завод и др.); предприятия химического цикла (Фармацевтический завод) и др. Наиболее крупным источником является Томская ГРЭС-2, кроме того, в городе располагаются порядка 90 котельных, принадлежащих, главным образом, промышленным предприятиям. А также, неподалёку располагается предприятие ядерно-топливного цикла – Сибирский химический комбинат.

В ранее проведенных работах по исследованию аэрозоля [4, 5] рассматривается пространственно-временная изменчивость потоков выпадений на наблюдательных станциях ИОА СО РАН: в районе Академгородка и обсерватории «Фоновая». По результатам измерений было отмечено, что в районе Академгородка аэрозольные потоки существенно превышают такие на фоновом участке. Кроме того, были проведены исследования на бинокулярном микроскопе. Было обнаружено 14 типов частиц, из которых 6 (кварц, полевой шпат, биогенные частицы) относятся к природным образованиям, а 8 (сажа, шлак, муллит, металлсодержащие микросферулы) – к техногенным, причем техногенная фаза доминировала над природной (60-70% против 30-40%). Также было установлено, что в техногенной фазе доминировали сажа, шлак и муллит – частицы-индикаторы выбросов предприятий теплоэнергетики. На фоновом участке доминировала (70-75%) природная составляющая, в основном представленная кварцем.

Послойные отборы проб снега производится в период с января по март 2019г. Всего было проведено 5 отборов: 3 в Академгородке и 2 на «Фоновой». Отбор проб снегового покрова с помощью послойного снегоотборника, разработанного М. П. Тентюковым [3].

Отобранные пробы растапливались при комнатной температуре. В полученной снеготалой воде проводились замеры рН и электропроводности. Далее из снеготалой воды с помощью фильтров «белая лента» выделялся твердый осадок, который исследовался на сканирующем электронном микроскопе для поиска частиц-индикаторов техногенного воздействия.

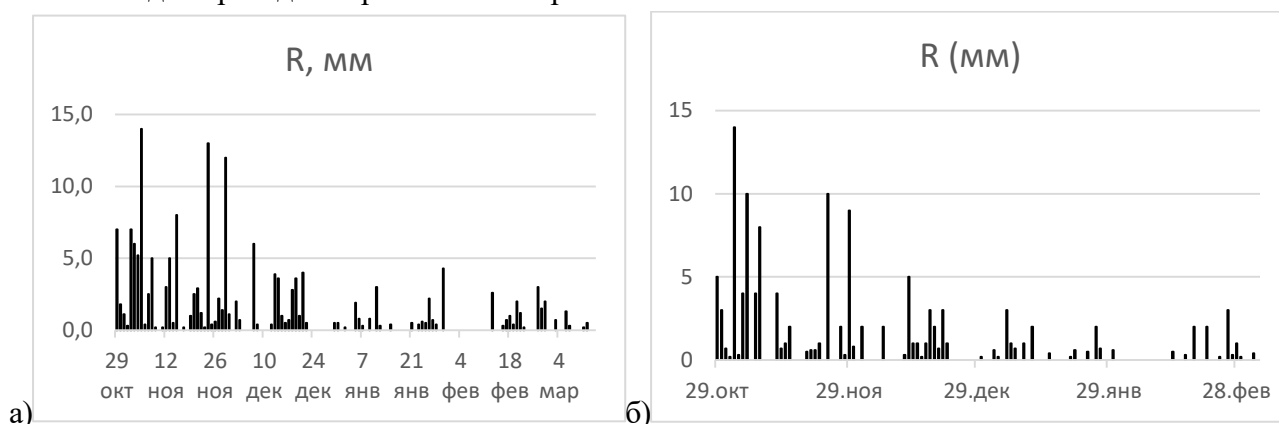
При обработке результатов снеговые слои группировались по типу зернистости на мелко-, средне- и крупнозернистые, кроме того, с помощью метеоданных, взятых с сайта [pogodaiklimat](http://pogodaiklimat),

обрабатывались данные по ветровому режиму и снегонакоплению. Анализ ветрового режима в приземном слое воздуха важен при оценке условий накопления вредных примесей в снежном покрове.

Согласно полученным данным, процесс устойчивого снегонакопления на обеих площадках начался с 29 октября 2018 года и продолжался до начала марта 2019 года (рис.1). Для обеих площадок в течение зимнего периода характерно преобладание южных направлений ветра.

Для определения приблизительного времени образования каждой группы снеговых слоёв проводился расчет водного эквивалента.

Минерально-фазовый состав послойных проб твердого осадка снега, изучался в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ с применением сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с ЭДС Bruker XFlash 4010/5010 для проведения рентгеноспектрального анализа.



**Рис. 1.** Осадконакопление на исследуемых территориях  
(а – обсерватория «Фоновая», б – Академгородок)

С помощью водородного показателя можно судить о локальном загрязнении воздушного бассейна колебания его значений могут быть результатом присутствия в атмосфере золы, твердых фракций сгоревшего топлива, оксидов металлов и др [1, 2]. Значения рН для незагрязненной дождевой воды и снега составляет 5,6.

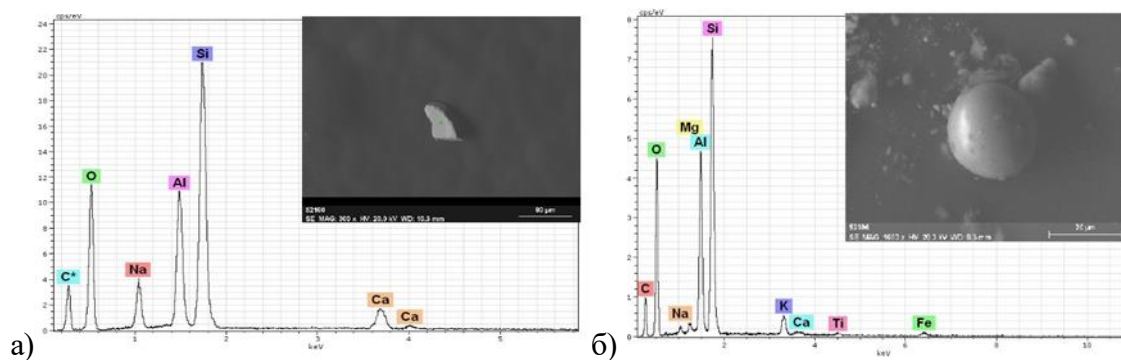
Значения водородного показателя для проб, отобранных в марте в Академгородке составили от 6,2 до 7,7, что отличается от значения для незагрязненных атмосферных осадков, причем максимальные значения соответствуют наиболее поздним верхним слоям, в то время как минимальные – наиболее ранним, похожая картина наблюдается и для проб с «Фоновой», где диапазон значений составил от 6,5 до 7,7.

Исследование твёрдого осадка на сканирующем электронном микроскопе позволило выделить как общераспространенные частицы, характерные для всех слоёв на обеих площадках, так и специфические, встречавшиеся только в определенном слое только на одной площадке.

К первому типу можно отнести алюмосиликатные минеральные фазы природного происхождения, а также алюмосиликатные микросферулы, присутствие которых говорит о возможном влиянии предприятий теплоэнергетики (рис.2.)

К специфичным минеральным фазам, обнаруженным в Академгородке стоит отнести минеральные фазы с цирконием, а также ряд интерметаллических минеральных фаз. Поступление данных частиц вероятно связано с сжиганием угля на Томской ГРЭС-2, использующей кузнецкие угли, а также с выбросами автотранспорта.





**Рис. 2.** Общераспространенные минеральные фазы и их энергодисперсионные спектры:  
 а – алюмосиликатная минеральная фаза, б – алюмосиликатная микросферула

Исследование осадка с «Фоновой» показало присутствие специфичных частиц, содержащих цинк, вольфрам, кальций, медь, присутствие которых можно объяснить выбросами автотранспорта, применяемого на обсерватории в зимний период, кроме того, присутствие минеральных фаз циркония может свидетельствовать о влиянии предприятий теплоэнергетики, в частности, Томской ГРЭС-2.

Сравнение результатов показало, что при схожих условиях на обеих площадках в минеральном составе, а также значениях водородного показателя имеют существенное различие, что может быть обусловлено особенностями техногенных нагрузок. Сравнение полученных результатов с фоном показало существенное различие в минеральном составе, в частности, на городской территории, попадающей в зону влияния Томской ГРЭС-2, в снеговом покрове отмечено большее количество минеральных образований. Кроме того, исследование проб показало присутствие в снеговых слоях ряда индикаторных частиц, имеющих неравномерное распределение частиц по снеговым слоям.

#### Список литературы

1. Белова Е. А., Ковальчук Н. В. Оценка загрязнённости снегового покрова в города Гродно // Живые и биокосные системы. 2013. № 3. С. 9.
2. Воронцова А. В., Нестеров Е. М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2012. № 147. С. 125-132.
3. Пат. 2411487 Российская Федерация, МПК G 01 N 1/04. Снегоотборник Тентюкова / Тентюков М. П.; заявитель и патентообладатель Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. – N 2009131266/05; заявл. 17.08.2009; опубл. 10.02.2011, Бюлл. № 4. – 9 с.: ил.
4. Таловская А. В., Язиков Е. Г., Панченко М. В., Козлов В.С. Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 6. С. 517-523.
5. Таловская А. В., Язиков Е. Г., Панченко М. В., Козлов В. С. Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области в зимний период 2006 и 2007 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21. № 6. С. 498-503.
6. Тентюков М. П. Особенности формирования загрязнения снежного покрова: морозное конденсирование техногенных эмиссий (на примере районов нефтедобычи в большеземельской тундре) // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 4. С. 31-41.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА КАТЫЛЬГИНСКОМ  
НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Бычков О. А.

ФГБОУ Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск

**RECOMMENDATIONS FOR CONDUCTING GEOECOLOGICAL RESEARCH AND  
ORGANIZATION OF THE MONITORING SYSTEM AT THE KATYLGINSKY OIL  
FIELD, TOMSK REGION**

Bychkov O.A.

Tomsk State University of Architecture and Building,  
Tomsk

**Аннотация** Нефтегазодобывающая отрасль – экологически опасная отрасль хозяйствования. Она отличается большой землеемкостью, значительной загрязняющей способностью, высокой взрыво- и пожароопасностью промышленных объектов. Данная работа посвящается выявлению отрицательного влияния антропогенных факторов на территории Катыльгинского нефтяного месторождения и постановке геоэкологических исследований для выбора оптимальных решений, направленных на сохранение окружающей среды.

**Ключевые слова:** нефтяное месторождение; загрязнение окружающей среды; геоэкологические исследования; мониторинг.

**Abstract.** The oil and gas industry is an environmentally hazardous industry. It is distinguished by its high soil capacity, significant polluting capacity, high explosion and fire hazard of industrial facilities. This work is devoted to identifying the negative impact of anthropogenic factors on the territory of the Katylginskoye oil field and setting up geoecological studies to select optimal solutions aimed at preserving the environment.

**Key words:** oil field; environmental pollution; geoecological research; monitoring.

Катыльгинское нефтяное месторождение (КНМ) расположено в Каргасокском районе Томской области. Ближайшими населенными пунктами являются п. Катыльга, расположенный в 28 км юго-восточнее от в. п. Пионерный. Наиболее крупными населенными пунктами в районе месторождений являются поселки: Средний Васюган, Новый Васюган и Мыльджино. Месторождения удалено на 600 км к северо – западу от г. Томска, в 180 км к северо – востоку находится г. Стрежевой [4].

Катыльгинское месторождение представляется является обустроенным. Здесь развиты внутрипромысловые дороги, линии электропередач, имеется водозабор для производственно – технических нужд, канализационные очистные сооружения, которые принимают хозяйственные стоки. В 17 км за границей лицензионного участка Катыльгинского месторождения размещена санкционированная свалка «Развил». Внутренний сбор нефти осуществляется по внутрипромысловым нефтесборным сетям общей протяженностью 42,12 км до дожимной насосной станции. На территории центральной перекачивающей

станции расположен нефтеперерабатывающий завод, производительностью 100 тыс. т./год [4].

В геоморфологическом отношении месторождение расположено в междуречье рек – левобережных притоков р. Оби: р. Лонтынъях, р. Махня и р. Васюган. Наиболее крупные водотоки месторождений – р. Катыльга и р. Еллёкулумъях характеризуются сильно меандрирующими руслами и большой площадью водосбора. Рельеф поверхности месторождения плосковолнистый с обширными верховыми выпуклыми болотами

Климат района месторождения определяется его физико-географическим положением и является континентальный с теплым коротким летом и умеренно холодной продолжительной зимой, избыточным увлажнением и резкими изменениями элементов погоды за короткие периоды. Особенностью климатических условий территории является большая изменчивость межсуточной температуры воздуха, составляющей в среднем за год 3,1 – 3,2 °С. Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца – +24°С, средняя минимальная температура наиболее холодного месяца января – 23°С. Среднегодовая температура воздуха составляет -1,4°С, абсолютный минимум температуры – 55°С, абсолютный максимум + 37°С [4].

В геологическом строении Катыльгинского месторождения принимают участие породы трех структурно-тектонических этажей: кристаллического фундамента, промежуточного этажа и осадочного чехла. Промышленная нефтеносность установлена в пластах коллекторов васюганской свиты верхней юры (горизонт Ю). Глубина залегания пласта составляет 2430-2450 м. Нефть Катыльгинского месторождения характеризуется как легкая, маловязкая, малосернистая, малосмолистая, парафинистая [4]. За счет производственной деятельности месторождения в окружающую среду попадают такие вещества как СО, СО<sub>2</sub>, фенол, углеводороды, NO<sub>3</sub>, формальдегид, стирол, бензолы, S, V, N, P, As, и др. Вследствие работы транспорта в атмосферный воздух поступают Pb, Cd, Ni, Cr. Попутные воды, которые могут попасть в окружающую среду, несут в себе B, Br, Li, Sr, нефтепродукты, фенол и др. опасные и вредные вещества.

Вследствие выпадения осадков из атмосферы, вещества мигрируют в почву, в воды. Также загрязнители попадают в почвы и воды за счет аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, прорывов трубопроводов, сброса сточных вод и др. источников загрязнения [1].

Для оценки экологического состояния территории месторождения, определения тенденций и масштабов накопления различных загрязняющих веществ в воде, воздухе, почве, растительности необходим комплекс геоэкологических исследований. Основными задачами научно исследовательских работ являются:

- оценка состояния природной среды, а именно, атмосферного воздуха, поверхностных вод и донных отложений, почв, снегового покрова и растительности;
- наблюдение и контроль за изменением окружающей среды на территории месторождения;
- оценка состояния окружающей среды;
- прогноз возможных изменений.

Исследования предлагается проводить на ключевых участках. Выбор ключевых участков осуществляется на основе выделения территорий по степени техногенной нагрузки. В процессе исследований выделены:

1. Участки с максимальной степенью техногенной нагрузки. К ним относятся территории находящиеся в районе размещения объектов обустройства месторождения, сам вахтовый поселок Пионерный и окружающие его кустовые площадки.

2. Участки со средней степенью техногенной нагрузки расположены на территории обследуемых нефтяных месторождений располагаются вблизи оснований кустовых площадок, одиночных разведочных скважин и полигона твердых бытовых отходов (полигон ТБО), размещенного за пределами лицензионного участка Катыльгинского НМ. Это участки, где производились вырубка леса, отсыпка площадок, бурение скважин, накопление буровых отходов и т. д. в то время как, примыкающие к ним земли не подвержены какому – либо заметному воздействию. К этой категории относятся коридоры коммуникаций – нефтесборные сети, водоводы, напорные нефтепроводы.

3. Фоновые участки расположены на территории, практически не затронутых строительством, вблизи разведочных скважин, коридоров коммуникаций, краевые части кустовых площадок, удаленных от производственных объектах

На выделенных участках предварительно, с учетом размещения существующих объектов и ранее проведенных изысканий, выбираются точки отбора проб, места для геоботанического, почвенного, ландшафтного, инженерно-экологического и радиационно-экологического обследования. Для водотоков и водоемов места для гидрологического, гидрохимического и гидробиологического обследования, и отбора проб донных отложений.

На полевом этапе места исследования и опробования уточняются и для каждой среды применяются следующие методы исследований:

- 1) литогеохимическое исследование проводятся путем отбора проб почвы;
- 2) дистанционные методы исследований (дешифрирование космических снимков);
- 3) гидрогеохимическое исследование поверхностных и подземных вод;
- 4) гидролитогеохимическое исследование донных отложений водоемов;
- 5) атмогеохимическое исследование;
- 6) атмогеохимическое исследование с отбором проб снега;
- 7) биоиндикационное исследование;
- 8) пешеходные гамма-радиометрические исследования.

На рисунке представлена карта-схема геоэкологических исследований на территории Катыльгинского месторождения.

Все исследования и отбор проб осуществляются в соответствии с нормативными документами и требованиями. Материалы опробования – пробы укладываются в ящики, коробки и вывозятся в специальные помещения или сразу в лаборатории. Лабораторно-аналитические работы состоят из определения основных методов анализа и проводятся по ГОСТам с внутренним и внешним контролем. Внешний контроль осуществляется в аккредитованной лаборатории выше по статусу, на анализ отправляется 3% от общего количества проб. Внутренний контроль может производиться в той же лаборатории, что и все проектируемые анализы или в равной по статусу лаборатории, анализируется 5% от общего количества проб.

На заключительном, камеральном этапе проводится окончательная обработка результатов выполненных работ и делаются выводы по проведенным исследованиям



Рис. 1. Карта-схема геоэкологических исследований

#### Список литературы

1. Лантев Н. И. Воздействие нефтедобывающей промышленности на природную среду в Томской области / Материалы 3-ий Международной конференции по химии нефти. – Томск, 1997. – Т.2 – С. 48-55.
2. Булатов А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности, М.: Недра, 1995 – 285 с.
3. Общая информация[сайт]. Описание района исследований. URL: <http://www.imperialenergy.com/ru/operations/ieatglance/> (дата обращения 29.05.2020). – Текст : электронный.
4. Оценка воздействия нефтегазодобычи на состояние лесо-болотных комплексов Западной Сибири / Ю. М. Полищук, А. Е. Березин, А. Г. Дюкарев, О. С. Токарева // Контроль и реабилитация окружающей среды: Материалы 2-го Международного симпозиума. – Томск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 13 – 17.

**ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМА ЗАПОВЕДНОЙ ЧАСТИ Р. ВИШЕРЫ ЗА СЧЕТ  
СУБАКВАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

С. С. Ваганов, С. М. Блинов  
Пермский государственный национальный исследовательский университет  
г. Пермь, vaganov\_ss@mail.ru

**FORMATION OF THE REGIME OF THE RESERVED PART OF THE VISHERA RIVER  
DUE TO SUBAQUAL DISCHARGE OF UNDERGROUND WATER**

S.S. Vaganov, S.M. Blinov  
Perm State University, vaganov\_ss@mail.ru

**Аннотация.** Выявлено значение разгрузки подземных вод карстовых массивов на изменение расхода, температуры и химического состава воды р. Вишеры. Изучены расходы и химический состав источников подземных вод, разгружающихся субаквально в реки и карстовые озера на территории заповедника Вишерский. Сделан вывод о значительной роли субаквальных карстовых источников в формировании гидрологического, температурного и гидрохимического режима заповедной части р. Вишеры.

**Ключевые слова:** источники подземных вод, субаквальные карстовые источники, гидрологические и гидрохимические условия р. Вишеры, заповедник «Вишерский».

**Abstract.** The value of ground water unloading of karst massifs for change of flow rate, temperature and chemical composition of Vishera river water was found out. Expenditures and chemical composition of groundwater sources unloading subaqueously into rivers and karst lakes on the territory of the Vishera Nature Reserve have been studied. The conclusion was made about the significant role of subaqueous karst springs in the formation of hydrological, temperature and hydrochemical regime of the reserved part of the Vishera River.

**Keywords:** groundwater sources, subaqueous karst sources, hydrological and hydrochemical conditions of the Vishera River, the Vishersky Reserve.

Подземные воды закарстованных массивов горных пород часто разгружаются со дна водотоков и водоемов в виде подводных источников (родников). Субаквальная разгрузка подземных вод может приводить к значительным увеличениям расхода рек, изменениям температуры и химического состава воды, снижению содержания растворенного кислорода и изменению некоторых других параметров [5,8,9]. Эти изменения могут оказывать значительное влияние на поверхностные водные объекты, а также на состояние биотических компонентов окружающей среды [1]. В связи с этим изучение субаквальной разгрузки подземных вод является важной гидрогеологической, гидрологической и геоэкологической задачей [11].

Устья субаквальных источников значительную часть года или постоянно находятся под водой, т. е. скрыты от глаз наблюдателей толщей воды. В связи с этим поиск и исследование субаквальных источников подземных вод является сложной задачей, требующей применения как обычных, так и специальных методов исследования [6].

На кафедре динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета изучение субаквальных карстовых источников является традиционным направлением гидрогеоло-

гических и карстологических исследований. Разработаны методологические основы и комплекс методов поиска и исследования субаквальных источников [4], которые были опробованы на территориях распространения различных типов карста [2,10,12].

Заповедник «Вишерский» занимает северо-восточную часть Пермского края. Площадь заповедной территории составляет 2412 квадратных километров. Геологический разрез территории представлен рифейскими и палеозойскими породами. Значительную площадь Вишерского заповедника занимают выходы на поверхность закарстованных карбонатных горных пород – известняков, доломитов, мраморов. Особенно активно карстовые процессы проявляются в долинах рек, которые представляют собой ослабленные зоны трещиноватых горных пород. Именно для этих зон характерно наличие большого количества карстовых воронок. Реки нередко поглощаются карстовыми воронками и на отдельных участках имеют только подземный подрусловойсток, вновь появляясь ниже по течению в виде мощных карстовых источников. Многие карстовые источники разгружаются субаквально, со дна рек и карстовых озер [6].

Для поиска и изучения субаквальных карстовых источников заповедника «Вишерский» в 2005-2006 г были проведены полевые экспедиционные работы. В результате исследований были открыты и изучены неизвестные ранее субаквальные карстовые источники [3,7].

Полученные на том этапе результаты стали основой исследований, отраженных в данной публикации. Сделанные тогда выводы требовали подтверждения и дополнительных исследований. В связи с этим целью данной работы являлось изучение выявленных ранее, а также поиск и исследование до настоящего времени неизвестных субаквальных источников на территории заповедника «Вишерский».

*Методы исследований.* Поиск и изучение субаквальных карстовых источников проводились с применением специально разработанного комплекса методов. На начальном предполевом этапе проводился анализ топографических, геологических, гидрогеологических карт и космических снимков, в результате чего были выделены участки, перспективные для поиска субаквальных карстовых источников.

Полевые экспедиционные работы по поиску и исследованию субаквальных карстовых источников на территории заповедника «Вишерский» были проведены в июле 2018 г. Был обследован участок р. Вишеры от устья р. Ниолс до точки, расположенной в 2 км ниже по течению устья р. Лыпы, общей протяженностью около 46 км.

Поиск источников на перспективных участках проводился с применением метода терморезистивиметрии, который основан на различии температуры и минерализации поверхностных и разгружающихся подземных вод. Измерение расхода поверхностных водотоков и источников подземных вод проводилось с помощью поверенной гидрометрической вертушки. Для определения расхода субаквальных источников при необходимости применялись водобалансовые расчеты. Отбор проб воды осуществлялся в специально подготовленную тару.

Лабораторные исследования воды включали общий и микроэлементный анализ воды, выполненный в аккредитованных лабораториях Пермского университета.

*Расход р. Вишеры, притоков и источников.* Измерение расходов рек и источников подземных вод проводилось в период летней межени. Во время проведения измерений с 22 по 25 июня 2018 г. атмосферные осадки отсутствовали. Измеренные расходы рек и источников подземных вод приведены в таблице 1.

Расходы рек и источников подземных вод (22-25.07.2018)

№ п/п	Место отбора проб	Расстояние от начальной точки, км	Расход, л/с
1	р.Вишера, в 4км выше устья р.Лопья	0	3215
2	р. Лопья, устье	4,00	929
3	р. Вишера, выше р.Бобровая	6,96	5425
5	Группа родников р. Бобровая, устье	7,75	3114
6	Родник 2, на левом берегу р. Вишера в 900 м выше устья р.Муравей	11,15	829
7	Родник 3, на левом берегу р.Вишера в 450 м выше устья р.Муравей	11,35	298
8	Родник 4, на левом берегу р.Вишера в 200 м выше устья р.Муравей	11,35	188
10	Родник 5, на правом берегу р.Лыпя в 300 м от устья	39,34	434

В начале точке участка исследований, которая расположена выше по течению зоны выхода на поверхность закарстованных карбонатных пород, расход р. Вишеры составлял 3,2 м<sup>3</sup>/с. В 4 км ниже в р. Вишеру впадает р. Лопья, расход которой в устье на период измерений составлял 0,9 м<sup>3</sup>/с.

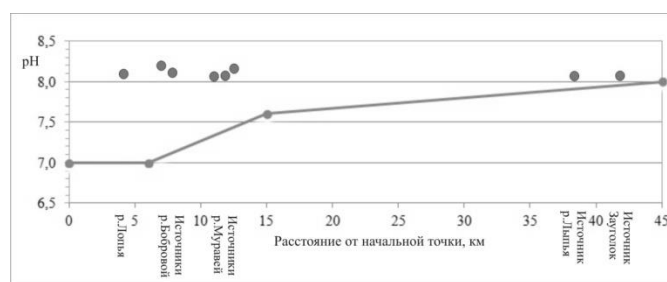
Таким образом, р. Лопья, которая на достаточно протяженном участке имеет только подземный сток, и химический состав воды которой формируется, в том числе, за счет растворения карбонатных горных пород, вносит почти 22 % в формирование расхода р. Вишеры.

Следующий крупный приток р. Вишеры – р. Бобровая, питание которой практически полностью осуществляется за счет многочисленных источников подземных вод, разгружающихся из субгоризонтальной трещины в скальном выходе карбонатных горных пород. Большую часть года трещина располагается ниже уреза воды р. Бобровой и разгрузка происходит субаквально. Расход р. Бобровой в устье составляет 3,1 м<sup>3</sup>/с, а р. Вишеры до слияния – 5,4 м<sup>3</sup>/с, таким образом вклад субаквальных карстовых источников в общий расход на данном участке составляет 36 %.

Ниже по течению р. Вишеры в формировании расхода воды участвуют несколько крупных карстовых источников в районе устья р. Муравей. Они разгружаются субаквально в образуемые ими карстовые озера, сток из которых поступает в р. Вишеру. Общий расход этих источников составляет 1,3 м<sup>3</sup>/с. Еще один крупный субаквальный карстовый источник расположен в устье р. Сухая Лыпя, которая на большом участке имеет только подземный сток. Здесь разгрузка происходит со дна карстовой воронки, образуя озеро, вода из которого переливается в р. Лыпяюс расходом 0,4 м<sup>3</sup>/с и в дальнейшем попадает в р. Вишеру.

*Химический состав воды р. Вишеры, притоков и источников.* Водородный показатель воды р. Вишеры в начальной точке исследованного участка (верховья р. Вишеры) имеет нейтральное значение. Ниже мест разгрузки субаквальных карстовых источников его значения повышаются до 7,6, а в конце участка – до 8,0 (рис. 1). Это связано с тем, что большую роль в формировании химического состава подземных вод закарстованных массивов играет растворение карбонатных пород, и вода субаквальных источников слабощелочная, со значениями рН 7,9-8,2.





**Рис. 1.** Водородный показатель воды рек и источников подземных вод (22-25.07.2018)

Вода р. Вишеры на протяжении всего участка наблюдений ультрапресная, с минерализацией менее 100 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 2). Состав воды гидрокарбонатно-кальциевый. Наблюдается постепенный рост минерализации воды от начала исследованного участка к его окончанию от 20 до 60 мг/дм<sup>3</sup>. Рост минерализации воды происходит в основном за счет повышения содержания гидрокарбонатного иона и иона кальция, в значительно меньшей степени его обуславливают повышение содержания сульфат-иона, ионов магния и натрия. Хлорид-ион и ион калия в ощутимом количестве появляются в воде р. Вишеры только ниже устья р. Лыпя, того места, где постоянно проживают люди. Температура воды р. Вишеры в начальной точке участка исследований составляла 16<sup>o</sup>C, что выше, чем на участках реки ниже разгрузки субаквальных карстовых источников.

*Таблица 2*

**Химический состав воды р. Вишера (22-25.07.2018), мг/л**

№ п/п	Место отбора	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Минерализация	pH	t <sup>o</sup> C
1	В 4 км выше устья р. Лопья	15,0	1,41	н/о	н/о	н/о	3,9	0,76	0,99	н/о	22,02	7,4	16
2	Выше устья р. Бобровая	33,8	1,52	н/о	н/о	н/о	8,4	1,06	0,70	н/о	45,46	7,0	13
3	Выше устья р. Мойва	45,8	1,72	н/о	0,17	н/о	12,8	1,26	0,66	н/о	62,41	7,6	14
4	Ниже устья р. Лыпя	42,8	2,03	3,2	0,28	н/о	12,9	1,43	1,99	2,3	66,98	8,0	14

Минерализация воды субаквальных карстовых источников выше минерализации речной воды и составляет 100-128 мг/л (таблица 3). Состав воды гидрокарбонатно-кальциевый, при чем HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и Ca<sup>2+</sup> составляют более 90 % общей минерализации. В небольших количествах присутствуют сульфаты, нитраты, ионы магния и натрия. Хлоридов и калия химическим анализом не обнаружено. Температура воды субаквальных карстовых источников составляет 4-6<sup>o</sup>C.

*Таблица 3*

**Химический состав воды субаквальных источников (22-25.07.2018), мг/л**

№ п/п	Место отбора	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Минерализация	pH	t <sup>o</sup> C
1	Родник 1 в 400 м выше устья р. Бобровая	72,8	1,97	н/о	0,49	н/о	21,1	2,12	0,88	н/о	102,35	8,2	4
2	Группа родников р. Бобровая, устье	74,1	1,95	н/о	0,59	н/о	20,4	1,78	0,75	н/о	99,57	8,1	6
3	Родник 2 в 900 м выше устья р. Муравей	78,2	2,15	н/о	0,59	н/о	23,1	1,99	0,90	н/о	110,77	8,0	5
4	Родник 3 в 450 м выше устья р. Муравей	75,4	2,15	н/о	0,60	н/о	23,5	2,21	0,86	н/о	104,72	8,0	6
5	Родник 4 в 200 м выше устья р. Муравей	76,9	2,19	н/о	0,58	н/о	22,8	2,12	0,68	н/о	109,11	8,1	5
6	Родник 5 в 300 м выше устья р. Лыпя	91,7	5,36	н/о	0,50	н/о	25,8	3,65	0,66	н/о	127,67	7,9	5
7	Родник 6 в 900 м ниже устья р. Лыпя	88,6	3,43	н/о	0,23	н/о	27,0	2,36	0,65	н/о	122,27	7,9	5

Таким образом, изучение свойств и состава подземных и поверхностных вод на 46-километровом участке в верховьях р. Вишеры показало, что мощная разгрузка субаквальных карстовых источников играет существенную роль в формировании расхода реки, составля-

ющую для самых больших источников 22-36 %. Серьезная составляющая подземного питания реки приводит к снижению температуры речной воды, повышению ее рН до слабощелочных значений и увеличению минерализации за счет роста содержания гидрокарбонатного иона и иона кальция.

Полученные результаты не противоречат проведенным ранее исследованиям [2,5,7,10], существенно дополняют и расширяют знания о гидрогеологических, гидрологических и гидрогеохимических особенностях территории заповедника «Вишерский».

#### Список литературы

4. Абдуллин Ш. Р., Блинов С. М., Хмурчик В. Т., Щукова И. В. Комплексное исследование субаквальных карстовых источников заповедника «Вишерский». // Пермь. Вестник ПГУ., 2008. С.111-123.

5. Батурин Е. Н., Блинов С. М. Результаты поисков и комплексных исследований субаквальных карстовых источников на территории Вишерского заповедника // Сергеевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Выпуск 10: Материалы годичной сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии / М.: ГЕОС, 2008. С.289-293.

6. Белкин П. А., Ваганов С. С. Результаты исследования зон субаквальной разгрузки подземных вод в верхнем течении р. Вишеры // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2016. № 16. С. 187-189.

7. Блинов С. М. Щукова И. В. Опыт исследования субаквальных карстовых источников и их классификации // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ: Тез. Докладов. Пермь. 2008. С.23-31.

8. Блинов С. М., Батурин Е. Н. Лавров И. А. Поиск и исследование субаквальных источников на территории Вишерского заповедника // Инновационный потенциал естественных наук: Труды Межд. научн. конф. Пермь. Перм. ун-т., 2006. С.49-53.

9. Блинов С. М., Лавров И. А., Батурин Е. Н. Изучение субаквальных карстовых источников: задачи, перспективы, методы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы региональной научно-практической конференции. Пермь. 2005. С. 287-290.

10. Блинов С. М., Лавров И. А., Жаков В. Ф. Субаквальные карстовые источники заповедника «Вишерский» (предварительные результаты исследований) // Заповедник «Вишерский»: итоги и перспективы исследований (15 лет с основания). Науч. издание. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006 г. С.129-137.

11. Блинов С. М., Лавров И. А., Тюрина И. М. Исследование субаквальных карстовых источников // Карстование – XXI век: Материалы межд. симп. / Пермь. Перм. ун-т. 2004. С.176-178.

12. Блинов С. М., Лавров И. А., Шишкина А. С., Батурин Е. Н. Поиск и изучение субаквальных карстовых источников Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. по материалам регион. науч.-практ. конф. Пермь. Перм. ун-т., 2006. С. 242.

13. Блинов С. М., Хмурчик В. Т., Лавров И. А. Комплексные исследования субаквальных карстовых источников заповедника Вишерский // Гидрогеология и карстование: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь. Перм. ун-т., 2006. Вып. 16. С. 117-131.

14. Блинов С. М., Щукова И. В., Батурин Е. Н. Субаквальные карстовые источники Пермского Приуралья: основы классификации // Естественные и технические науки. 2010 № 6 (50). С. 287-291.

15. Ваганов С. С. Опыт поисков и исследования источников подземных вод карстовых массивов, разгружающихся со дна рек и озер // Естественные и технические науки издательство. М.: «Спутник+» № 11 (113), 2017, С. 64-65

## К ВОПРОСУ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ЛУГАНЩИНЫ НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ ЛАНДШАФТЫ

Верех-Белюсова Е. И.

ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет»

г. Луганск

kate3152@yandex.ru

## ON THE ISSUE OF NEGATIVE INFLUENCE OF ROCK DUMPS OF THE LUGANSHINA COAL MINES ON THE ADJACENT LANDSCAPES

Verekh-Belousova E.I.

Lugansk State Pedagogical University

Lugansk

**Аннотация.** Приведены результаты исследования миграции тяжелых металлов на прилегающие к отвалам почвы и в системе «почва-растение». Установлен тип экологической ситуации по загрязнению растительности тяжелыми металлами. Основной причиной миграции тяжелых металлов являются процессы химического и биохимического окисления сульфидных минералов в составе складированной отвальной породы и процессы образования серной кислоты.

**Ключевые слова:** Породные отвалы, серная кислота, загрязнение, тяжелые металлы.

**Abstract.** The research data on migration of heavy metals to soils contiguous to dump and in the “soil-plant” system were presented. The type of ecological situation when heavy metals pollute vegetation was established. The main cause of heavy metals migration is in the processes of chemical and biochemical oxidation of sulfide minerals being a part of stock debris as well as the processes of sulfuric acid formation.

**Keywords:** rock dump, sulfuric acid, pollution, heavy metals.

Физико-географические аспекты устойчивого развития угледобывающих районов Луганщины неразрывно связаны с вопросом накопления и складирования отходов добычи и переработки угля. За более чем 250 лет добычи угля на территории Луганщины накопилось 556 породных отвалов и терриконов, которые крайне негативно влияют на прилегающие ландшафты, загрязняя их токсичными химическими веществами, газами и пылью. Кроме того, такие крупнотоннажные отходы занимают значительные территории ценных сельскохозяйственных угодий, делая их непригодными для использования, а также изменяют естественные степные ландшафты.

Наибольшая антропогенная нагрузка от добычи и переработки угля оказывается на литосферу и, в особенности, на почвы. Почвы, как объект охраны, контроля и управления качеством, имеют целый ряд специфических особенностей по сравнению с другими объектами окружающей среды. Почвы существенно менее подвижны, чем атмосферный воздух или поверхностные воды, а потому не имеют такой мощной природной способности к самоочищению, свойственной другим средам. Антропогенные загрязнения, поступающие в почву, накапливаются, а эффекты суммируются с одновременной возможностью образования более токсичных веществ, чем исходные [1].

Только в Луганском регионе под отвалами занято 3180 га земли. На каждый миллион добытого угля отчуждается и разрушается 414 га угодий, а за каждый год эксплуатации одной условной средней шахты, по расчетам АО «Свердловантрацит», изымается 3,3 га земли. Ежегодно из 1 га среднего по величине отвала выдувается более 35 т пыли и вымывается большая масса водорастворимых солей (до 100 км от источника загрязнения). В Луганском регионе сельскохозяйственные угодья и пахотные земли составляют, соответственно, 71,9 % и 50,3 % от площади и потому для нашей области присущая тенденция распахания территорий, прилегающих к отвалам угольной промышленности, без соблюдения санитарно-защитной зоны [2, 4].

Гипергенные изменения поднятых на поверхность пород обуславливаются влиянием серной кислоты ( $H_2SO_4$ ), которая образуется при химическом и биохимическом окислении пирита ( $FeS_2$ ). Серная кислота интенсивно разлагает силикаты угленосных пород, переводя их компоненты в виде сульфатов в раствор. Растворы, насыщенные  $H_2SO_4$ , берут из породы Fe, Al, Cr, Ni, Mn, Co, Cu, Zn и другие элементы [3].

*Целью* исследования выступила оценка влияния породных отвалов угольных шахт Луганщины на прилегающие ландшафты (на примере типичного породного отвала шахты "Луганская" ГП «Луганскуголь»).

Особое внимание уделялось эколого-химическому контролю над содержанием тяжелых металлов в почве, вопросу миграции тяжелых металлов в системе «почва-растение». Согласно проектной документации, санитарно-защитная зона исследуемого отвала занята сельскохозяйственными угодьями (преимущественно пашней).

Спектральный анализ образцов складированной породы шахты «Луганская» показал, что в ее химическом составе преобладают такие токсичные компоненты, как As, Cr, Zn, Mn, Co, Ba, Pb. По своему содержанию в отвальной породе геохимический фон превысили Co, Zn, Ni. В почвах поля, которое засеивается озимой пшеницей и расположено на расстоянии 25 м от отвала, валовое содержание Cr составило 100 мг/кг почвы, а на глубине 40 см достигало 150 мг/кг (ПДК<sub>п</sub> = 100 мг/кг). Содержание Mo в почве превысило ПДК<sub>п</sub> в 1,4 раза. Содержание Zn в пахотном слое находилось на грани допустимой. Принимая во внимание то, что подвижность тех или других элементов в значительной степени зависит от кислотных условий, нами определено pH отобранных образцов почвы в зоне влияния отвала. В пробах, отобранных в непосредственной близости к отвалу (40 м), pH имеет среднекислую реакцию (pH = 5). На удалении от отвала pH повышается до 6. Установлено, что в слабокислых и нейтральных условиях реакции почвы подвижны такие элементы, как цинк и ванадий, малоподвижны медь, хром, молибден, никель, кобальт, практически неподвижен свинец. Результаты проведенных анализов на наличие подвижных форм металлов подтвердили превышение ПДК по меди (в 1,5 раза), хрому (в 1,2 раза) и цинку (1,5 раза).

Так как исследуемая прилегающая к отвалу территория используется в сельскохозяйственных целях и была засеяна в период проведения исследований озимой пшеницей, то следующим этапом работы выступило исследование содержания тяжелых металлов в пробах озимых. Результаты анализа приведены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Результаты спектрального анализа проб озимой пшеницы**

Элемент	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Mo
Содержание, мг/кг	15	0,5	11	0,3	0,7	26	0,4
ПДК <sub>пр</sub> (зерн. культуры), мг/кг	10	0,5	40	0,5	0,2	50	1

Таким образом, анализ концентраций тяжелых металлов в зерновой культуре показал повышение ПДК<sub>пр</sub> таких тяжелых металлов, как хром и медь. Концентрация свинца колеблется на грани допустимой. Определены коэффициенты концентраций и суммарные показатели загрязнения почвы на исследуемом участке по хрому, цинку, меди и молибдену. Оценка опасности загрязнения почв комплексом металлов  $Z_c$  составила 4,03. Данный показатель по градации оценочной шкалы характеризует исследуемую территорию по уровню загрязнения химическими элементами как высоко опасную. В результате проведенных анализов нами установлен тип экологической ситуации по валовой и подвижной формам тяжелых металлов в пробах озимых (таблица 2).

Таблица 2

**Оценка экологической ситуации по загрязнению озимых тяжелыми металлами**

Элемент	Отношение фактического содержания к ПДК <sub>п</sub>	Экологическая ситуация
Cu	1,5	предкризисная
Pb	1	предкризисная/удовлетворительная
Mn	0,3	благополучная
Ni	0,6	удовлетворительная
Zn	0,5	благополучная
Cr	3,5	кризисная
Mo	0,4	благополучная

В результате проведенных исследований установлено, что породные отвалы угольных шахт Луганщины крайне негативно влияют на экологическое состояние прилегающих ландшафтов. Токсичность тяжелых металлов, которые содержатся в минералах отвальной породы и переведенных в подвижную форму серной кислотой, приводит к угнетению растительности, произрастающей на прилегающих к отвалам территориям, а также постепенно подкисляет почвы, делая их непригодными для выращивания сельскохозяйственной продукции. Улучшение экологического состояния территорий с наличием крупнотоннажных отходов угольной промышленности и восстановление нарушенных ландшафтов может быть достигнуто обоснованием особенностей экологически безопасной их переработки (например, получения металлов или использования в строительстве).

Список литературы

1. Антропогенное перераспределение органического вещества в биосфере / Под ред. И. С. Коплан-Дикс. СПб: Наука, 1993. 205 с.
2. Бурлака В. И. Шахты и экология // Топливо-энергетический комплекс. 2006. № 7. С. 11–13.
3. Зборщик М. П., Осокин В. В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. Донецк: ДонГТУ, 1996. 178 с.
4. Щадов В. М. Экологические проблемы угольной отрасли на завершающем этапе реструктуризации // Уголь. 2006. № 7. С. 12–15.

**ДЕКОРАТИВНЫЕ РАСТЕНИЯ В ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ ОСТРОВА РУССКИЙ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

Вовженяк И. С.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток  
vovzhenjak\_is@dvfu.ru

**DECORATIVE PLANTS AND LANDSCAPE ARCHITECTURE OF RUSSKY ISLAND  
(PRIMORSKY REGION)**

Vovzhenyak I.S.

Far Eastern Federal University, Vladivostok

**Аннотация.** В статье представлена информация об использовании декоративных растений в целях развития ландшафтно-архитектурной среды острова Русский (Приморский край). Анализ природных условий и сосудистых растений острова Русский позволил разработать базу данных, в которую были включены 30 декоративных растений, рекомендованных к широкому использованию в озеленении и благоустройстве этой территории.

**Ключевые слова:** декоративные растения; ландшафтная архитектура; остров Русский.

**Abstract.** The article provides information on the use of decorative plants for the development of landscape architecture of Russky Island (Primorsky Region, Russia). Analysis of the natural conditions and vascular plants of the Russkiy Island made it possible to develop a database. The database included 30 decorative plants recommended for use in landscaping this area.

**Keywords:** decorative plants; landscape architecture; Russky Island.

В последние годы остров Русский на юге Приморского края обрел новое значение для развития Владивостока как международного делового и туристического центра. В 2011 г. составлен новый комплексный генеральный план Владивостокского городского округа (в 2018 г. внесены отдельные изменения), который предполагает значительное освоение территории о. Русский. В настоящее время активно осваивается территория полуострова Саперный, который уже стал новой зоной территориального развития г. Владивостока. Возникает острая необходимость в обустройстве для человека комфортного пространства для времяпровождения посредством формирования и развития полноценной ландшафтно-архитектурной среды. При проектировании и строительстве различных объектов ландшафтной архитектуры на основе ландшафтного подхода требуется учитывать целый ряд особенностей местных природных условий. Именно учет таких условий обусловил устойчивость и надежную эксплуатацию всевозможных садово-парковых объектов. Большую роль играет растительный покров, среди местных представителей которого немало декоративных растений, которые могут и должны стать формообразующей основой пейзажного облика ландшафтно-архитектурной среды острова Русский.

Все вышеперечисленное стало основой для формирования цели нашего исследования, которая заключалась в анализе местной островной декоративной флоры и разработке справочного каталога (базы данных) декоративных растений для острова Русский.

Остров Русский – это самый крупный остров (общая площадь около 100 км<sup>2</sup>) Архипелага Императрицы Евгении, расположенного в заливе Петра Великого на юге Приморского края. К настоящему времени природные условия и ландшафты острова Русский изучены достаточно хорошо [6]. Большинство природных ландшафтов острова относятся к лесному типу и подтипу широколиственных на буроземах типичных и темных [2]. Широколиственные леса образовали особый растительный покров, в котором преобладают дуб монгольский и липа с участием кленов, диморфанта, вишни, граба, ясеня [3].

Известно, что стабилизирующим фактором в саморегулировании ландшафта является биота. Она мобильна, приспосабливается к абиотическим факторам, способна восстанавливаться и создавать внутреннюю среду со специфическими режимами (световым, тепловым, водным, минеральным). Растительный покров препятствует денудации, защищает почву, регулирует микроклимат территории, очищает воздух и т. д. В садово-парковом ландшафте растительность также играет стабилизирующую роль, помогает устойчивости ландшафта, обладает санирующими и фитонцидными свойствами. Еще одно свойство растительности, особенно важное для ландшафтной архитектуры и ландшафтно-эстетического планирования – это декоративность. Пространственный облик, эстетичность и живописность среды в ландшафтно-архитектурной среде создается именно благодаря декоративным свойствам растений. Среди них главными являются форма и текстура кроны, цвет и форма ветвей, плодов и соплодий, мозаика листьев, окраска цветков и соцветий.

Деревья – наиболее мощная, наиболее долголетняя и наиболее выразительная форма растений. Своеобразие этой формы настолько велико, что нередко ее присутствие определяет характер целых природных местностей. Формы крон деревьев разнообразны: пирамидальная, коническая, шаровидная и т. д. Если древесные породы представляют интерес для садово-паркового строителя главным образом своими размерами, разнообразием форм крон и окраски листвы, то кустарники, значительно уступая им в размерах и разнообразии форм крон, представляют наибольший интерес своим цветением, листвой и текстурой кроны. Многие кустарники отличаются изяществом формы и облиствления и по пышности цветения не уступают цветущим травянистым растениям, превосходя их в прочности и долговечности [8].

В озеленении и благоустройстве объектов ландшафтной архитектуры о. Русский целесообразно использовать не только интродуценты, как это зачастую происходит на уже существующих садово-парковых объектах, но и местную растительность. Это необходимо для сохранения уникальности островной флоры, а также наиболее уязвимых природно-территориальных комплексов. Флора сосудистых растений острова составляет около 859 видов, из которых хороший процент деревьев, кустарников и трав обладают декоративными свойствами [4]. Нами были проанализированы сосудистые растения о. Русский на наличие и выраженность свойства декоративности. В дальнейшем отобранный набор растений с наиболее выраженной декоративностью и их относительной универсальностью для создания художественного облика ландшафтно-архитектурных объектов послужил основой для составления базы данных. Кроме этого, одним из основных критериев отбора растений, помимо декоративных свойства, явилась относительная устойчивость вида к природным условиям о. Русский. Всего было отобрано 18 местных видов, произрастающих в природных комплексах острова и 12 интродуцентов из флоры материковой части Приморского края или других сопредельных территорий. В дополнение составлена картосхема произрастания важнейших декоративных растений в пределах острова Русский.



В разработанной базе данных представлены лиственные и хвойные древесные, кустарниковые формы, а также лианы, травянистые растения. Среди древесных форм отмечены высокие деревья (20 м и более), например, пихта цельнолистная, и деревья второй величины (10-15 м) – абрикос маньчжурский. Листопадные кустарники, например, рододендрон жёлтый, леспедеца двуцветная – более зимостойкие формы, чем хвойные. Хвойные же растения, такие как микробиота перекрёстнопарная, можжевельник даурский отличаются круглогодичной декоративностью, долговечностью. Деревья можно использовать в качестве солитеров, рядов (защитные посадки), аллей. Кустарники также могут использоваться как солитеры, кулисами между деревьями и цветниками, а также в как зеленые изгороди. Представлены также деревянистые лианы, например, лимонник китайский, древогубец круглолистный, они перспективны для вертикального озеленения (покрытие стен, скал, стволов деревьев и т. д.). Отмечены такие травянистые растения, как красивоцветущие – пион обратнойцевидный, мак аномальный, так и декоративнолиственные злаки – ячмень гривастый (подходит для высадки на альпийских горках, в массивах возле газона), мискантус китайский (можно высаживать как солитер, хорошо смотрится в многолетних бордюрах или возле кромки воды). При выборе растений для озеленения необходимо уделять внимание негативным свойствам (аллергенность, ядовитость и др.). Выявлено, что в ландшафтах о. Русский произрастают 38 растений с аллергенными свойствами, которые могут быть использовано в декоративном растениеводстве и благоустройстве [5]. Посадка подобных растений должна строго планироваться, в т. ч. учитывая особенности рельефа и микроклиматических условий.

Полученная база данных должна стать научно-информационной основой для последующего развития ландшафтно-архитектурной среды острова Русский, обустройства отдельных объектов ландшафтной архитектуры, озеленения в пределах острова прочих объектов и территорий. Представленный набор растений основывается на критериях декоративности и устойчивости к природным условиям, учет которых необходим в практике ландшафтной архитектуры и фитодизайна. Формирование выразительного и устойчивого растительного покрова на основе разнообразия местных видов с включением интродуцентов позволит сформировать на острове Русский объекты с преобладанием пейзажного садово-паркового стиля и сохранить местные живописные ландшафты. Источником посадочного материала могут служить как специализированные питомники, так и лесные культуры в пригородной зоне, а также коллекции Ботанического сада-института ДВО РАН. Кроме этого, опыт сохранения природных ландшафтов на территории Ботанического сада [1, 7] может быть учтен при формировании аналогичных форм организации пространства на территории острова Русский.

#### Список литературы

1. Вовженяк И. С., Погорелов А. Р., Коровин К. М. Ландшафтно-экологическое состояние природоохранной зоны города Владивостока // Современная экология: образование, наука, практика: Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. С. 259-261.
2. Ганзей К. С., Киселева А. Г., Пшеничникова Н. Ф. Ландшафты острова Русский (Залив Петра Великого, Японское море): пространственная организация и особенности функционирования // Успехи современного естествознания. 2016. № 6-0. С. 138-143.
3. Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г. Палеосреда острова Русский (южное Приморье) // Фундаментальные исследования. 2014. №3-3. С. 516-522.

4. Недолужко В. А., Денисов Н. И. Флора сосудистых растений острова Русский (залив Петра Великого в Японском море). Владивосток: Дальнаука, 2001. 98 с.

5. Погорелов А. Р., Вовженяк И. С. Аллергенные растения острова Русский (Приморский край) // Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные, социальные и хозяйственные структуры территорий. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2020. С. 350-353.

6. Погорелов А. Р., Вовженяк И. С. Ландшафтные исследования территории острова Русский // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. С. 306-312.

2. Погорелов А. Р., Вовженяк И. С., Коровин К. М. Ландшафтная ситуация в природоохранной зоне Владивостокской агломерации // Социально-экологические технологии. 2018. №1. С. 65-78.

3. Рубцов Л. И. Деревья и кустарники в ландшафтной архитектуре. Киев: Наукова думка, 1977. 270 с.

**ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ В РАМКАХ  
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА-ЭКОЛОГА**

Н. Н. Войтенкова

ФГБОУ ВО Смоленский государственный университет

город Смоленск

e-mail: voitenkova@bk.ru

**THE DESIGN AND RESEARCH WORK OF THE STUDENTS WITHIN THE  
FRAMEWORK OF TRAINING A SPECIALIST-ECOLOGIST**

N.N. Voitenkova

FSBEI HE Smolensk State University

Smolensk city

e-mail: voitenkova@bk.ru

**Аннотация.** В статье описаны преимущества использования проектно-исследовательской деятельности в рамках подготовки специалиста-эколога. Приведены примеры возможного внедрения такой деятельности как самостоятельной формы обучения, включенной в учебный план по направлению подготовки 05.03.06. «Экология и природопользование».

**Ключевые слова:** Проектно-исследовательский, проект, подготовка эколога, высшая школа.

**Abstract.** The article describes the advantages of using design and research activities as part of the training of an environmental specialist. Examples of the possible introduction of such activities as an independent form of training included in the curriculum for the training of the 05.03.06 "Ecology and environmental management" are given.

**Keywords:** design and research, project, ecologist training, higher school.

В настоящее время способность выпускников высших учебных заведений к самостоятельной проектной и исследовательской работе является одним из основных требований работодателя. Каждый последующий ФГОС несет все более практическую направленность. Особое значение проектно-исследовательская деятельность приобретает для специальностей связанных с осуществлением природоохранной деятельности.

Особенность новых ФГОС 3 ++ созданных для направления подготовки 05.03.06. «Экология и природопользование» заключается в разработке образовательной программы основанной на профессиональных стандартах в данной области. В свою очередь исследовательская и проектная деятельность – неотъемлемая часть работы эколога.

Проектно-исследовательская деятельность – деятельность по проектированию собственного исследования, предполагающая выделение целей и задач, выделение принципов отбора методик, планирование хода исследования, определение ожидаемых результатов, оценка реализуемости исследования, определение необходимых ресурсов. Проектная деятельность способствует формированию ключевых компетентностей учащихся, подготовки их к реальным условиям жизнедеятельности [1].

Проектно-исследовательская деятельность в рамках подготовки экологов включает в себя все классические этапы, характерные как для исследования, так и для проекта: постановка проблемы, изучение теории, выбор методических инструментов, их использование, анализ и обобщение полученных результатов, выводы и рекомендации.

В целом, основные направления работы современного эколога можно разделить на несколько направлений:

- определение соответствия документов и деятельности существующему природоохранному законодательству РФ и ратифицированным международным договорам;
- проектная деятельность, которая характеризуется разработкой проекта любой хозяйственной и иной деятельности на территории РФ с учетом снижения негативного воздействия на окружающую среду;
- оценка состояния окружающей среды и природных объектов.

Все указанные направления включают в себя необходимость наличия навыков проектно-исследовательской работы.

Учитывая некоторое пренебрежение данным видом учебной деятельности, что связано или с нежеланием преподавателей заниматься такой сложной и индивидуально-ориентированной деятельностью, которая не предполагает обобщений и замены на другие виды деятельности, или с приверженностью к устоявшимся во времени формам учебной работы, мы рассматриваем значительное усиление такого вида деятельности в учебном процессе. Ранее основными местами применения проектной и исследовательской деятельности студента были написание курсовых и выпускных квалификационных работ, очень редко такая деятельность включалась в учебные предметы. Проектно-исследовательская деятельность должна занимать значимую часть учебного процесса, а для этого необходимо прописать ее в образовательной программе.

С учетом требований нового ФГОСа мы считаем рациональным ввести отдельные виды проектно-исследовательской работы в учебный процесс, направленный на подготовку высококвалифицированного эколога, способного самостоятельно работать в сфере надзора и контроля за окружающей средой. В большинстве случаев срок обучения для бакалавров составляет 4 года, в нашем понимании первые 2 семестра не должны быть задействованы, так как студент только привыкает к новому виду учебной нагрузки и должен получить базовые знания необходимые для дальнейшего проведения проектно-исследовательской работы. Так же нет необходимости в ее отдельном выделении в последнем 8-м семестре, так как он заканчивается защитой выпускной квалификационной работы, которая сама должна являться по своей сути проектно-исследовательской.

Таким образом, мы предлагаем ввести на протяжении с 3 по 7 семестр включительно проектно-исследовательскую работу, как отдельный вид учебных дисциплин. Каждый из указанных семестров будет заканчиваться разработкой проекта или проведением конкретного исследования (в группах или индивидуально) по одному из предметов, который определяет основное теоретическое и практическое направление предметов данного семестра. Т.е. все предметы семестра и предыдущих семестров будут служить подстилающей поверхностью для выполнения проекта.

Все проекты должны быть реальными и самостоятельными. По итогам такой работы, бакалавр на выходе получает портфолио, которое может представить работодателю для подтверждения своей квалификации.

Учитывая современные потребности общества и производства, мы предлагаем 5 следующих направлений проектно-исследовательской работы студентов:

- охрана окружающей среды;
- нормирование и снижение загрязнения окружающей среды;
- экологический мониторинг;
- техногенные системы и экологические риски;
- экологическое проектирование, экспертиза и производственный экологический контроль.

Выделение определенного количества часов для проведения такой формы обучения позволит не только мотивировать преподавателей к проектно-исследовательской работе со студентами, но и позволит привлекать к этой работе работодателей как непосредственных руководителей проектов. Такая работа должна быть организована на базе самого работодателя, что не только повысит уровень самой работы, но и облегчит организацию ее проведение для обеих сторон.

Результаты проектно-исследовательской деятельности могут быть использованы для участия в научно-практических конференциях и для подготовки выпускной квалификационной работы.

При выборе конкретных тем каждого из проекта можно исходить из конкретных пожеланий студента и руководителя в каждом из семестров, а можно подбирать тематику для изучения одного природного или техногенного объекта в течение всех 5-ти семестров, что поможет в конце обучения легко выйти на написание итоговой работы.

Таким образом, не возникает сомнений в необходимости увеличения доли проектно-исследовательской работы в рамках подготовки современного конкурентно-способного эколога. Для этого необходимо ввести эту работу в виде особой формы учебного процесса, например практические семинары, с достаточным объемом учебных часов, которые помогут не только мотивировать преподавателя, но и на выгодных для обеих сторон условиях привлекать работодателей в качестве руководителей проектов. Подобная учебная работа будет способствовать более эффективному формированию всех необходимых компетенций студента, а так же позволит выработать навыки индивидуальной и групповой работы, повысит мотивацию студента к творческой активности в учебном процессе.

#### Список литературы

1. Брославская Т. Л. Организация учебно-исследовательской и проектной деятельности обучающихся в условиях реализации ФГОС ООО// Молодой ученый. 2015. № 2.1 (82.1) С.5-6.

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ  
ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Володина Д. А., Таловская А. В.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск  
volodina.da2104@yandex.ru

**STUDY OF POLLUTION OF SNOW COVER IN THE AREA OF INFLUENCE OF  
CEMENT PLANTS IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA**

Volodina D.A., Talovskaya A.V.  
National Research Tomsk Polytechnic University  
Tomsk city  
volodina.da2104@yandex.ru

**Аннотация.** Представлены результаты изучения загрязнения снегового покрова в зоне влияния цементных заводов, расположенных в Кемеровской и Новосибирской областях. Установлена степень пылевого загрязнения в зоне влияния цементных заводов, карьеров по добыче сырьевых материалов для производства цемента и жилых частях городов. Определена минеральная составляющая проб твердой фазы снега, формы, размер и состав частиц. Определен элементный состав проб твердой фазы снега исследуемых территорий, проведен сравнительный анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** снеговой покров, загрязнение, пылевая нагрузка

**Abstract.** The results of studying the pollution of the snow cover in the zone of influence of cement plants located in the Kemerovo and Novosibirsk regions are presented. The degree of dust pollution in the zone of influence of cement plants, quarries for the extraction of raw materials for the production of cement and residential parts of cities has been established. The mineral component of the solid phase samples of snow, the shape, size and composition of the particles have been determined. The elemental composition of solid phase snow samples of the studied territories was determined, and a comparative analysis of the results was performed.

**Key words:** snow cover, pollution, dust load

Для объектов цементной промышленности характерны выбросы большого количества пыли из-за процессов добычи сырьевых материалов, их обработки и упаковки готового продукта. Пыль является мелкодисперсным материалом, который потоками ветра может распространяться на дальние расстояния от объектов и оказывать влияние на окружающую среду и население [3]. Многими исследователями подтверждается, что снеговой покров является хорошей депонирующей средой, способной долговременно накапливать загрязняющие вещества [6, 9, 10].

Объектами исследования выбраны территории расположения цементных заводов – города Новосибирской (г. Искитим) и Кемеровской (г. Топки) областей. На данных территориях находятся крупные заводы по производству цементной продукции, производственные мощности которых составляют до 4 млн. тонн цемента в год.

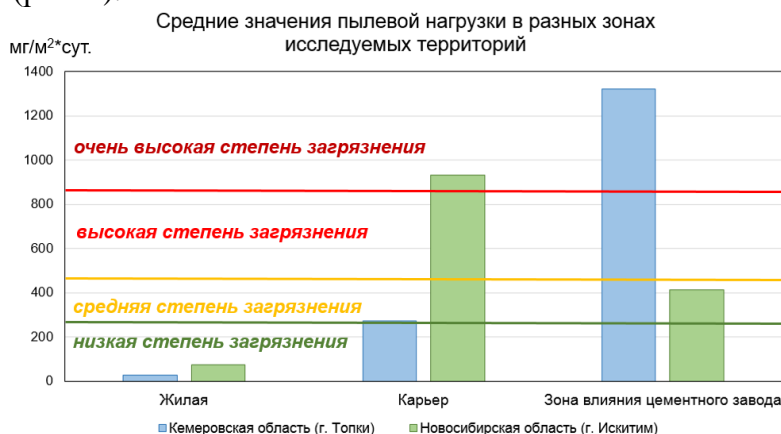
В конце февраля 2016 года и марте 2019 года был осуществлен отбор проб снегового покрова в окрестностях цементных заводов гг. Искитима и Топки. Точки отбора располага-

лись по векторной системе с учетом главенствующего направления ветра (юго-западное). Всего было отобрано 15 и 16 проб, соответственно. Пробы снегового покрова отбирались в нескольких зонах: в зонах влияния цементных заводов, карьеров по добыче сырьевых материалов по производству цемента, а также в жилых частях города. Фоновой территорией является Средний Васюган, которая имеет статус Западно-Сибирской фоновой территории [11–12].

Пробы отбирались методом шурфа на всю мощность снежного покрова, исключая 5 см над почвой. Вес каждой пробы составлял 18–20 кг. Всего на исследованной территории было отобрано 15 проб снежного покрова. Работы по отбору и подготовке снежных проб были выполнены согласно методическим рекомендациям [2, 7, 12]. Таяние проб снежного покрова происходило при комнатной температуре, полученная снеготалая вода фильтровалась через бумажный фильтр типа «синяя лента». Твердый осадок снега, полученный после фильтрации и высушивания, просеивали через сито (размер ячеек не менее 1 мм).

Расчет пылевой нагрузки был произведен по формуле [8]:  $P_n = \frac{P_o}{S \times t}$ , где  $P_o$  – масса твердого осадка снега, мг;  $S$  – площадь шурфа,  $m^2$ ;  $t$  – количество суток от начала снеговывала до дня отбора проб. С помощью принятой градации по пылевой нагрузке [8] с дополнениями [2], определялась степень загрязнения и экологической опасности территории. Пробы изучались с помощью бинокулярного микроскопа и электронного сканирующего микроскопа в МИНОЦ «Урановая геология» при ТПУ. Элементный состав проб твердой фазы снега были изучены методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в ядерно-геохимической лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ.

При сравнении полученных значений пылевой нагрузки с градацией по пылевой нагрузке [8] были выявлены низкие, средние, высокие и очень высокие степени загрязнения снегового покрова (рис. 1).



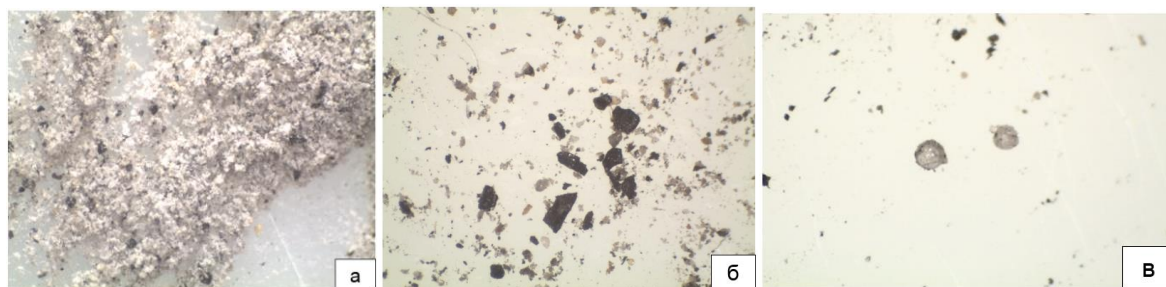
**Рис. 1.** Средние значения пылевой нагрузки в районах расположения цементных заводов г. Топки и г. Искитим (градация по пылевой нагрузке по работе [8])

Значения пылевой нагрузки в жилых частях исследуемых территорий соответствуют низкой степени пылевого загрязнения и превышают фон ( $7 \text{ мг/м}^2$  в сут.) [11–12]) от 3 до 10 раз. Исследуемая территория города, в котором функционирует цементный завод г. Искитима, характеризуется более высокими значениями пылевой нагрузки в жилой части города, что, вероятно, связано с близким расположением цементного завода к жилой застройке, в то время как цементный завод г. Топки расположен в значительном удалении от жилой части города.

Зоны влияния изучаемых цементных заводов характеризуются высокой и очень высокой степенью пылевого загрязнения. Предположительно, очень высокий уровень пылевой нагрузки в зоне расположения цементного завода г. Топки связан с большей производственной мощностью предприятия по сравнению с цементным заводом г. Искитим.

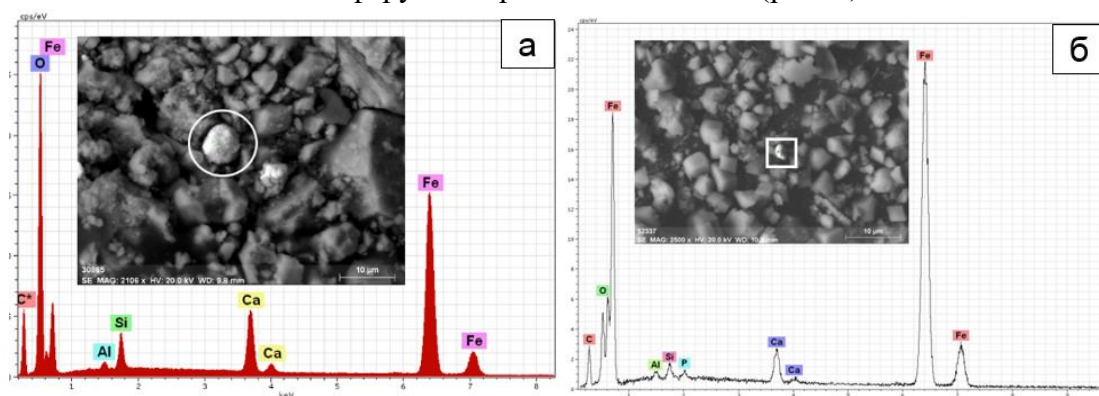
В районе карьеров по добыче известняков и глин исследуемых территорий значения пылевых нагрузок соответствуют средней степени загрязнения и умеренно-опасной экологической ситуации. Вклад в пылевую нагрузку вносит добыча сырьевых материалов открытым способом, а также транспортировка добытого сырья крупногабаритной техникой.

По методике определения микроскопического изучения проб твердой фазы снега сотрудников ОГ ИШПР ТПУ (патент № 2229737, 2012 г., авторы: Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов, А. В. Таловская [4]) были изучены пробы твердой фазы снега из зоны влияния цементного завода Кемеровской области. В пробах были зафиксированы как природные, так и техногенные частицы. Пробы из окрестностей цементного завода представлены преимущественно цементной пылью и угольными частицами, вероятно, поступающими в результате печного отопления и алюмосиликатными сферулами (рис. 2). Природные образования представлены кварцем прозрачным, полевым шпатом и растительными частицами.



**Рис. 2.** Техногенные частицы в пробе твердой фазы снега, отобранной в зоне влияния цементного завода Кемеровской области (а – цементная пыль; б – частицы угля; в – алюмосиликатные сферулы)

По данным электронной сканирующей микроскопии в пробах зон влияния цементных заводов были найдены частицы преимущественно кальциевого и железо-кальциевого состава, а также алюмосиликатные сферулы с примесями кальция (рис. 3).



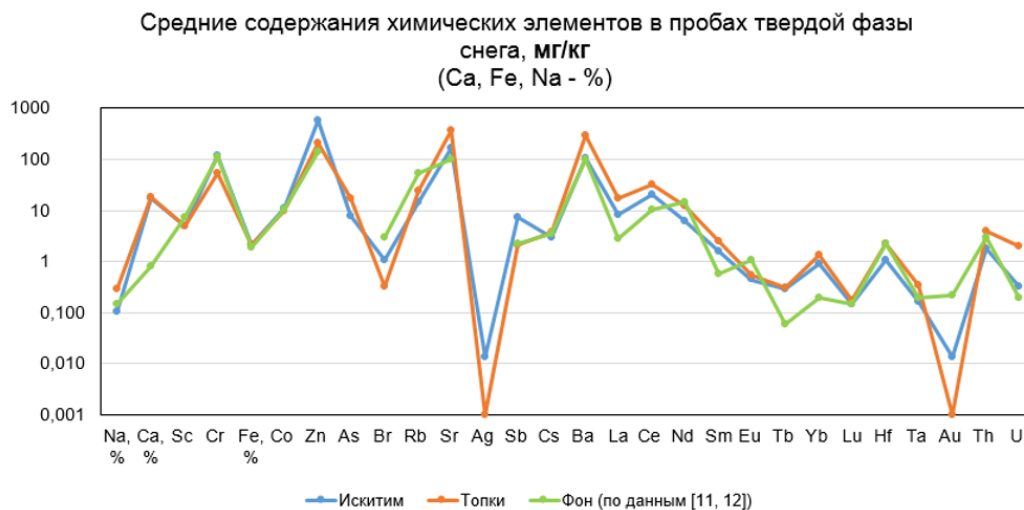
**Рис. 3.** Снимки частиц и их энергодисперсионные спектры (а – частица Fe-Ca состава размером 10 мкм из зоны влияния цементного завода Кемеровской области; б – частица Fe-Ca состава размером 2,7 мкм из зоны влияния цементного завода Новосибирской области)

Размеры частиц варьируются от 1,7 до 42,8 мкм. Мелкие частицы при попадании в органы дыхания могут быть причиной респираторных и кожных заболеваний человека. Для



сокращения количества выбросов в атмосферный воздух со стороны цементных заводов необходимо устанавливать дополнительное, более современное, обеспыливающее оборудование.

По данным ИНАА были построены усредненные геохимические ряды по значениям коэффициентов концентрации относительно фона. Результаты показали, что к элементам, превышающим фон в пробах твердой фазы снега, относятся такие элементы как Ca, Cr, Zn, Sr, Ba, Yb, Hf, Th (рис. 4). Химические элементы, превышающая фоновые показатели, являются металлами, характерным для выбросов цементного производства, что подтверждается как российскими, так и зарубежными исследованиями [1, 5, 8].



**Рис. 4.** Средние содержания химических элементов в пробах твердой фазы снега из зоны воздействия цементных заводов Кемеровской (г. Топки) и Новосибирской (г. Искитим) областей

Таким образом, в результате проведенного анализа определена степень пылевого загрязнения в зоне влияния цементных заводов, найдены природные и техногенные частицы, а также определен их состав и размеры. Элементный состав твердой фазы снега исследуемых территорий имеет схожий состав, что может говорить о единой технологии производства цемента, близкий химический состав сырьевых материалов.

#### Список литературы

1. ИТС-6 Производство цемента: справочник по наилучшим доступным технологиям / Бюро НДТ – Москва, 2015. – 305 с.
2. Касимов Н. С, Кошелева Н. Е., Власов Д. В., Терская Е. В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского университета серия география. М., 2012. № 4. С. 14 – 25
3. Классен В. К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие // Белгород: Изд-во БГТУ. 2012. 308 с.
4. Пат. №2229737 Россия, МПК7 G 01 V 9/00 / Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами / Е. Г. Языков, А. Ю. Шатилов, А. В. Таловская. заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – №2002127851; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004

5. Пашкевич М. А., Алексеенко А. В. Мониторинг загрязнения почв в районе воздействия ОАО Новоросцемент // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 10. С. 369–376.
6. Рапута В. Ф., Таловская А. В., Коковкин В. В., Язиков Е. Г. Анализ данных наблюдений аэрозольного загрязнения снегового покрова в окрестностях Томска и Северска // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 1. С. 74-78.
7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. – М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.
8. Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. – М., 1990. – 335 с.
9. Таловская А. В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Таловская Анна Валерьевна; [Место защиты: Том. политехн. ун-т].- Томск, 2008.- 185 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-4/20
10. Таловская А. В., Филимоненко Е. А., Язиков Е. Г. Динамика элементного состава снегового покрова на территории северо-восточной зоны влияния Томск-Северской промышленной агломерации // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 06. С. 491–495.
11. Шатилов, А. Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна / автореф. .... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 // Шатилов Алексей Юрьевич. – Томск, ТПУ, 2001. – 23 с.
12. Язиков Е. Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 423 с.

## ЭРОЗИЯ ПОЧВЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕЕ ФАКТОРЫ

Гаевая Э. А.<sup>1</sup>, Безуглова О. С.<sup>1,2</sup>

<sup>1,2</sup> Федеральный Ростовский аграрный научный центр, пос. Рассвет.

<sup>2</sup> Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

e-mail: emmaksay@inbox.ru, lola314@mail.ru.

## SOIL EROSION IN THE ROSTOV REGION AND FACTORS AFFECTING IT

Gaevaya E. A.<sup>1</sup>, Bezuglova O. S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet village, Aksaysky district, Rostov region,

<sup>2</sup> Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University, Rostov-on-Don.

e-mail: emmaksay@inbox.ru, lola314@mail.ru.

**Аннотация.** Исследования были проведены в длительном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Ростовской области, крутизной до 3,5–4°, в 1991–2019 гг. Выявлено, что при контурно-полосной организации склона применение чизельной обработки почвы сокращает смыв на 12,3 %, а сток – на 11,7 %. Коэффициент противоэрозионной эффективности систем обработки почвы и коэффициент стока, имел наименьшие значения на чизельной обработке почвы. Степень проявления эрозионных процессов зависит от показателей запаса воды в снеге и осадков в период интенсивного снеготаяния ( $r=0,71-0,78$ ).

**Ключевые слова:** сток, смыв, обработки почвы, запас воды в снеге, осадки холодного периода года, температура холодного периода года, гидротермический коэффициент, коэффициент стока.

**Abstract.** The research was conducted in a long-term stationary experiment located on the slope of the Bolshaya Log beam in the Rostov region, with a steepness of up to 3.5-4°, in 1991-2019. It was found that the use of chisel tillage reduces flushing by 12.3% and runoff by 11.7% in the contour-lane organization of the slope. the coefficient of anti – erosion efficiency of soil treatment systems and the runoff coefficient had the lowest values for chisel tillage. The degree of manifestation of erosion processes depends on the indicators of water supply in the snow and precipitation during heavy snowmelt ( $R = 0.71-0.78$ ).

**Keywords:** runoff, washout, tillage, water supply in snow, precipitation of the cold period of the year, temperature of the cold period of the year, hydrothermal coefficient, runoff coefficient.

В последние десятилетия в Ростовской области резко активизировались процессы деградации почв, заметно ухудшилась экологическая обстановка, снизились продуктивность сельскохозяйственных угодий и качество получаемой на них продукции. Свыше 26 % или 54 млн. га сельхозугодий сейчас подвержено эрозии, а снижение урожаев на эродированных почвах составляет 34–47 %. Ежегодная убыль гумуса на пашне находится в пределах 0,62 т/га, а в целом по России 81,4 млн. т. [1,6].

В современных условиях земледелия России плодородие окультуренных почв снижается, что связано с их дегумификацией, ухудшением качества гумуса, уменьшением содержания элементов питания, прежде всего фосфора [2,8].

Нерегулируемый поверхностный сток талых и дождевых вод с земель сельскохозяйственного назначения способствует смыву почвы, что приводит к деградации

огромных территорий. Почве наносится большой экологический и материальный ущерб. Сток талых вод с рыхлой пашни наблюдается один раз в три года, с уплотненной пашни – два раза в три года. Средний сток на уплотненной пашне увеличивается в 2,2 раза по сравнению с рыхлой пашней, где влага в большей степени впитывается в почву [3,5].

В цели и задачи данной работы входило выявление факторов, влияющих на сток и смыв почвы для предотвращения эрозионных процессов и сохранения плодородия пашни в зоне черноземов обыкновенных в условиях эрозионно-опасного склона.

Исследования были проведены в длительном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области, в 1991–2019 гг. Опыт был заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до  $3,5\text{--}4^\circ$  с комплексом гидротехнических приемов и простейших сооружений: валов-каналов и валов-террас, позволяющих снизить до безопасных пределов сток талой и ливневой воды и смыв почвы. Координаты опытного участка: с. ш. 47,36958; в. д. 39,90929. Опыт зарегистрирован в Российской Географической сети длительных опытов с удобрениями (аттестат № 169).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке – среднеэродирована. Среднегодовой сток 20 мм (максимальный 34,4 мм). Среднегодовой смыв почвы 18,5 т/га (максимальный – 42 т/га). Мощность А пах – 25–30 см, А+Б – от 30 до 60 см – в зависимости от смывости. Порозность пахотного горизонта – 61,5 %, подпахотного – 54 %. НВ – 33–35 весовых процентов, влажность завядания – 13,4 %. Содержание гумуса в почве в слое 0–30 см 3,8–3,83 %, общего азота – 0,14–0,16 %, подвижных фосфатов – 15,7–18,2 мг, обменного калия 282–337 мг/кг почвы.

Изучали две системы основной обработки почвы – чизельную и отвальную обработку в севообороте, имеющем следующую конструкцию: чистый пар – 20 %; зерновые колосовые – 60 %; пропашные – 20 %. Поверхностный смыв определяли методом измерения водоройн по В. Н. Дьякову (1984) [4].

Контурно-ландшафтная организация территории с полостным размещением культур на эрозионноопасных склонах позволяет сохранить влагу атмосферных осадков при таянии снега и задержать её во время летних ливней. В стационарном опыте по изучению различных обработок почвы на склоне с контурно-ландшафтной организацией территории, показатели стока воды и смыва почвы за 29 лет представлены в таблице 1.

Интенсивность стока зависит от запаса воды в снеге и количества осадков в период интенсивного снеготаяния, а также от температуры воздуха. При наступлении весенних оттепелей создаются условия для интенсивного снеготаяния. Снег начинает таять, образуя значительное количество воды, которая не успевает впитываться в промерзлую почву. Образующиеся потоки воды смывают с поверхности оттаявшей почвы плодородный слой, образуя водоройны.

В зимний период количество снега накопилось на 1,6 т/га на чизельной обработке больше ( $27,2\pm 3,9$  т/га), чем на отвальной обработке ( $25,5\pm 4,0$  т/га). В результате перераспределения снега по поверхности поля, оставшаяся стерня и растительные остатки после чизелевания задерживали снег и препятствовали его выдуванию, тогда как гладкие гребни на отвальной вспашки хуже задерживали снег. Чизельная обработка за счет растительных остатков и стерни задерживала потоки воды, и сток был на 11,7 % меньше, чем на отвальной обработке. Эту закономерность подтверждает и коэффициент стока, имеющий минимальные значения на чизельной обработке (0,20), против отвальной обработки (0,23).

Показатели, влияющие на сток и смыв почвы

Показатель	Способ обработки почвы	
	Чизельная	Отвальная (контроль)
Осадки за март, мм	43,1±3,9	43,1±3,9
Осадки холодного периода, мм	280,4±15	280,4±15
Температура холодного периода, °С	1,5±0,3	1,5±0,3
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,8±0,1	0,8±0,1
Запас воды в снеге, т/га	27,2±3,9	25,5±4,0
Запас воды в снеге + осадки за март, т/га	70,3	68,7
Сток, мм	14,3±1,6	16,2±1,7
Коэффициент стока	0,20	0,23
Смыв, т/га	4,0±0,59	4,6±0,63
Коэффициент противозэрозионной эффективности систем обработки почвы	1,1	1,3

Количество смытой почвы определяли после весеннего снеготаяния, а также после летних ливней. Максимальное количество смытой почвы при контурно-полосной организации территории склона было отмечено на варианте с отвальной обработкой почвы и составляло  $4,6\pm 0,63$  т/га. Почвозащитная обработка (чизельная) сокращала смыв почвы на 12,3 % по сравнению с отвальной. Для оценки систем обработки почвы был использован коэффициент противозэрозионной эффективности, который показывает во сколько раз количество смытой почвы больше, количества, образующегося в ходе естественного почвообразования [7]. В наших исследованиях он был меньше на варианте почвозащитной обработки (1,1), чем на отвальной (1,3).

Метеорологические условия периода снеготаяния способствуют развитию процессов эрозии различной интенсивности. В отдельные годы при резком повышении среднесуточных температур наблюдается интенсивное таяние снега. Образовавшиеся потоки воды, стекают вниз по склону, унося с собой плодородный слой почвы. При медленном повышении среднесуточных температур наблюдается частичное испарение влаги из мокрого снега, а оставшаяся часть впитывается в почву. Для выявления факторов, влияющих на эрозионные процессы, был проведен корреляционный анализ (таблица 2).

Наиболее тесная корреляция величины стока во время эрозионных процессов на вариантах чизельной и отвальной обработки обнаружена с показателями запаса воды в снеге, суммарного запаса воды в снеге и величины осадков в период интенсивного снеготаяния ( $r=0,72-0,78$  и  $0,71-0,71$ , соответственно) с большими значениями по чизельной обработке. Смыв почвы зависит от величины стока ( $r=0,73$ ), а также от показателей запаса воды в снеге и суммарного запаса воды в снеге и осадков в период интенсивного снеготаяния ( $r=0,70-0,50$ ) для чизельной обработки и ( $r=0,69-0,46$ ) для отвальной. Коэффициенты корреляции имеют положительные значения, то есть с увеличением значений запаса воды в снеге и осадков за март месяц увеличивается сток воды и смыв почвы. Величина связи между значениями температуры воздуха, осадков за холодный период года, ГТК и показателями стока и смыва свидетельствует о слабой связи. Поэтому можно сделать вывод, что эти показатели на сток и смыв значительного влияния не оказывают.

## Корреляционная матрица.

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8
Чизельная обработка								
1	1,00	0,73	0,20	0,12	0,11	-0,18	0,72	0,78
2	-	1,00	-0,11	-0,04	-0,22	-0,14	0,70	0,50
3	-	-	1,00	0,34	0,27	-0,05	-0,32	0,58
4	-	-	-	1,00	-0,03	0,18	-0,03	0,26
5	-	-	-	-	1,00	-0,34	-0,12	0,13
6	-	-	-	-	-	1,00	-0,05	-0,09
7	-	-	-	-	-	-	1,00	0,58
8	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Отвальная обработка								
1	1,00	0,73	0,11	0,11	0,15	-0,11	0,71	0,71
2	-	1,00	-0,16	-0,06	-0,22	-0,09	0,69	0,46
3	-	-	1,00	0,34	0,27	-0,05	-0,32	0,57
4	-	-	-	1,00	-0,03	0,18	-0,02	0,27
5	-	-	-	-	1,00	-0,34	-0,10	0,15
6	-	-	-	-	-	1,00	-0,05	-0,09
7	-	-	-	-	-	-	1,00	0,59
8	-	-	-	-	-	-	-	1,00

Примечание: 1 – Сток, мм; 2 – Смыв, т/га; 3 – Осадки за март; 4 – Осадки холодного периода, мм; 5 – Температура холодного периода, °С; 6 – Гидротермический коэффициент; 7 – Запас воды в снеге, мм; 8 – Запас воды в снеге + осадки за март, мм.

В результате проведенного регрессионного анализа было получено уравнение зависимости стока по чизельной (1) и отвальной обработкам почвы (2) от следующих параметров  $X_1$  – смыв, т/га;  $X_2$  – осадки за март;  $X_3$  – осадки холодного периода, мм;  $X_4$  – температура холодного периода, °С;  $X_5$  – гидротермический коэффициент;  $X_6$  – запас воды в снеге, мм;  $X_7$  – запас воды в снеге + осадки за март, мм.

$$Y_1 = X_1 0,94 - X_2 0,01 - X_3 0,004 + X_4 0,42 - X_5 1,24 + X_6 0,01 + X_7 0,01 - 3,5 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,89;$$

$$Y_2 = X_1 1,24 + X_2 0,01 + X_3 0,007 + X_4 1,25 - X_5 0,16 + X_6 0,01 - X_7 0,01 - 6,0 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,87;$$

Также получено уравнение зависимости смыва почвы по чизельной (3) и отвальной обработкам почвы (4) от следующих параметров  $X_1$  – сток, мм;  $X_2$  – осадки за март;  $X_3$  – осадки холодного периода, мм;  $X_4$  – температура холодного периода, °С;  $X_5$  – гидротермический коэффициент;  $X_6$  – запас воды в снеге, мм;  $X_7$  – запас воды в снеге + осадки за март, мм.

$$Y_3 = X_1 0,24 + X_2 0,01 - X_3 0,01 - X_4 0,42 - X_5 0,73 + X_6 0,01 - X_7 0,01 + 3,0 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,81;$$

$$Y_4 = X_1 0,24 + X_2 0,01 - X_3 0,01 - X_4 0,51 - X_5 0,69 + X_6 0,01 - X_7 0,01 + 3,5 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,81.$$

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) во всех представленных уравнениях находится в достаточно высоких пределах 0,81–0,89, что показывает высокую долю совпадений между зависимой переменной (стоком и смывом) и объясняющими переменными.

Таким образом, степень проявления эрозионных процессов в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной 3,5–4° на черноземах обыкновен-

ных зависит от показателей запаса воды в снеге и осадков в период интенсивного снеготаяния ( $r=0,71-0,78$ ). Смыв почвы зависит от величины стока ( $r=0,73$ ), а также от показателей запаса воды в снеге и осадков в период интенсивного снеготаяния ( $r=0,69-0,70$ ).

#### Список литературы

1. Балакай, Н. И. Особенности стока талых вод с рыхлой и уплотненной пашни на черноземах обыкновенных в условиях Ростовской области / Н. И. Балакай, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2016. №3 (23). С. 66–82.
2. Безуглова, О. С., Динамика деградации земель в Ростовской области / О. С. Безуглова, О. Г. Назаренко, И. Н. Ильинская // Аридные экосистемы, 2020. Том 26, №2 (83). С. 10–15.
3. Гринько, А. В. Урожайность подсолнечника в зависимости от удобрений и способов обработки почвы / А. В. Гринько, В. А. Кулыгин, С. А. Тарадин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2018. № 4. С. 100–103.
4. Дьяков, В. Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водороинам / В. Н. Дьяков // Почвоведение, 1984. № 3. С. 146–148.
5. Ильинская, И. Н. Водопотребление подсолнечника при различных способах обработки почвы на склонах / И. Н. Ильинская, С. А. Тарадин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 57–61.
6. Парамонов, А. В. Влияние систематического применения удобрений на баланс органического вещества в чернозёме обыкновенном и продуктивность десятипольных севооборотов / А. В. Парамонов, С. В. Пасько, А. В. Федюшкин, В. И. Медведева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2018. № 3 (71). С. 25–28.
7. Полуэктов Е. В., Цвылев Е. М. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области / Новочеркасск, 2008. 210 с.
8. Тагивердиев, С. С. Деградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города/ С. С. Тагивердиев, С. Н. Горбов, О. С. Безуглова, М. В. Котик // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2016. Т. 18. № 2. С. 226–229.

## АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК ДОНА

Галкина Е. С. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Воронежский государственный университет»

г. Воронеж

e-mail: korotkova.es@gmail.com

## ANALYSIS OF MULTI-YEAR VARIATIONS IN THE RUNOFF OF SUSPENDED SEDIMENTS RIVERS OF THE DON

Galkina E.S.

**Аннотация.** Анализируются многолетние колебания годового стока наносов. При этом используются метод разностных интеграционных кривых, статистические методы обработки гидрометеорологической информации.

**Ключевые слова:** взвешенные наносы, многоводный период, годовой сток наносов, циклы колебаний стока.

**Abstract.** Long-term fluctuations in the annual sediment runoff are analyzed. The method of difference integration curves and statistical methods for processing hydrometeorological information are used.

**Keywords:** suspended sediment, high-water period, annual sediment runoff, the cycles of fluctuations in flow.

Деформации речных пойм и русла происходит в следствии транспортирования наносов, основная часть которых поступает в реку с водосбора. «Речные наносы – твердые частицы, переносимые потоками и течениями в водохранилищах, озерах и морях». [5]. Количество и состав наносов зависит от уклона, почвогрунтов, слагающих водосбор, водности реки, климатических факторов. Следует подчеркнуть, что антропогенное воздействие в корне изменяет естественные русловые процессы и количество речных наносов. Интенсивная выемка аллювия, дноуглубительные работы приводят к необратимому понижению уровней воды в реке, оголению водосбора, а также понижению уровней грунтовых вод на пойме, что негативно сказывается на пойменной растительности [1].

На притоках Дона в последние 5 лет производится расчистка русел от водной и прибрежной растительности, дноуглубительные работы, направленные на уменьшение негативных последствий прохождения весеннего половодья и решения ряда других хозяйственных задач. Такого рода мероприятия ставят перед специалистами острый вопрос оценки последствий вмешательства в естественные русловые процессы. Исследование многолетних колебаний стока наносов является одним из этапов в решении этого вопроса.

Анализ многолетних изменений стока наносов позволяет выявить периодичность смены маловодных и многоводных циклов и причины их возникновения. Цикличность колебаний стока зависит от многочисленных климатических факторов, присущих как зональным, так и а зональным закономерностям. Так для средних рек одного бассейна и климатической зоны характерны синхронные колебания стока отдельных лет и синфазные для мно-



голетних колебаний. Для крупных рек, протекающих в различных климатических зонах характерно асинхронность и асинфазность колебания стока [2].

Впервые оценку многолетних изменений речного стока провели С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель, используя простую цепь Маркова. В дальнейшем использовались графические методы исследований: построение графиков скользящих средних, хронологических графиков. Наиболее надежным и наглядным способом оценки многолетних колебаний гидрологических величин является метод построения разностных интеграционных кривых, разработанный В. Г. Глушковым.

В основу анализа изменчивости стока взвешенных наносов рек Дона положен метод разностной интеграционной кривой и статистические методы обработки гидрологической информации. Оценка выполнена по данным о среднем годовом стоке наносов гидрологических постов государственной сети наблюдений Росгидромета. В таблице 1 представлены сведения о пунктах наблюдений.

Таблица 1

**Основные сведения о пунктах исследования.**

Река – пост	Площадь водосбора, F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Продолжительность, n, лет
р. Дон – г. Задонск	31100	1960 – 2019	59
р. Хопер – г. Новохоперск	34800	1949 – 2019	70
р. Подгорная – г. Калач	1790	1980 – 2019	39

Выявление многоводных и маловодных циклов при построении графиков реального колебания стока наносов вызывает затруднения из-за накладывания более мелких скачков повышения и понижения стока. Графики скользящих средних сглаживают резкие скачки, но при этом осреднение значений n – летий вызывает смещение целых фаз. Разностные интегральные кривые позволяют оценить колебания стока наносов без эффекта смещения, так как она учитывает колебания стока за короткие промежутки времени.

Метод заключается в суммировании отклонений исследуемой величины от среднего многолетнего значения. Таким образом, кривая представляет собой график зависимости:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (k_i - 1) / C_v = f(t),$$

где  $k_i$  – модульный коэффициент;  $C_v$  – коэффициент вариации.

Модульный коэффициент вычислен по формуле:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}},$$

где  $\bar{Q}$  – среднее значение ряда наблюдений.

Таким образом ординаты кривой дают на конец i – го года приращение сумм отклонений модульных коэффициентов [в].

Исключение влияния различной изменчивости стока отражается коэффициентом вариации:

$$C_v = \sqrt{(k_i - 1)^2 / (n - 1)},$$

где n – длина ряда наблюдений.

Относительная погрешность расчета среднего многолетнего значения стока взвешенных наносов вычислена, согласно СП 33-101- 2003 «Определение основных гидрологических характеристик», по формуле:

$$\varepsilon_{\bar{q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}} 100 \%,$$

где  $r$  – районный коэффициент автокорреляции.

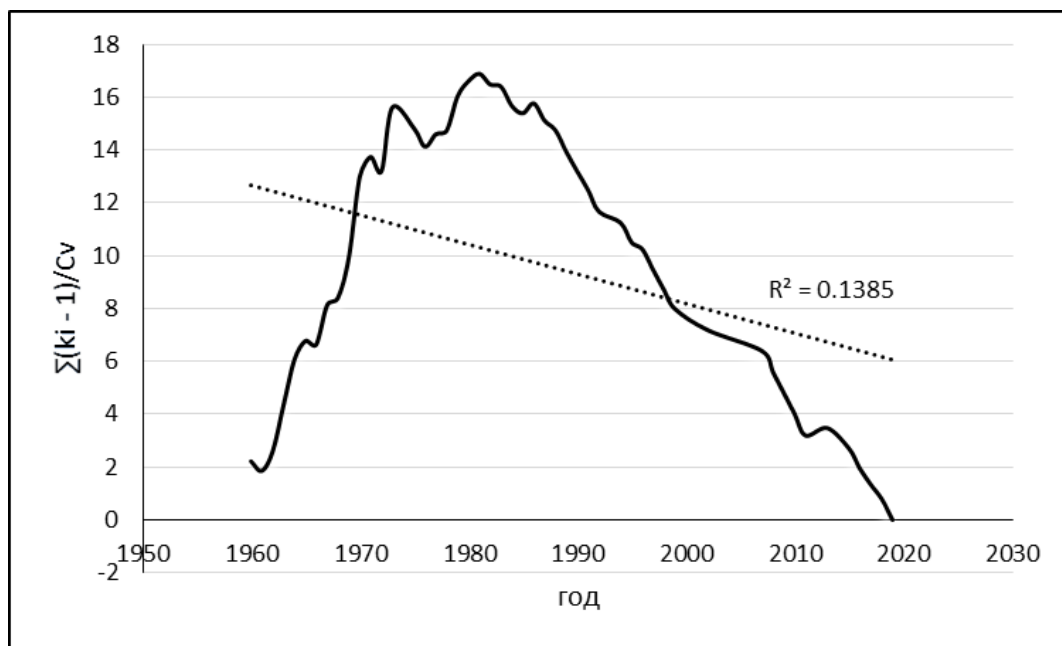
Результаты статистической обработки рядов исследуемых наблюдений представлены в таблице 2 .

Таблица 2

**Основные статистические параметры стока взвешенных наносов.**

Река – пункт	n, лет	$C_v$	$\varepsilon_{\bar{q}}$
р. Дон – г. Задонск	59	1.21	0.21
р. Хопер – г. Новохоперск	70	0.99	1.00
р. Подгорная – г. Калач	39	1.24	0.27

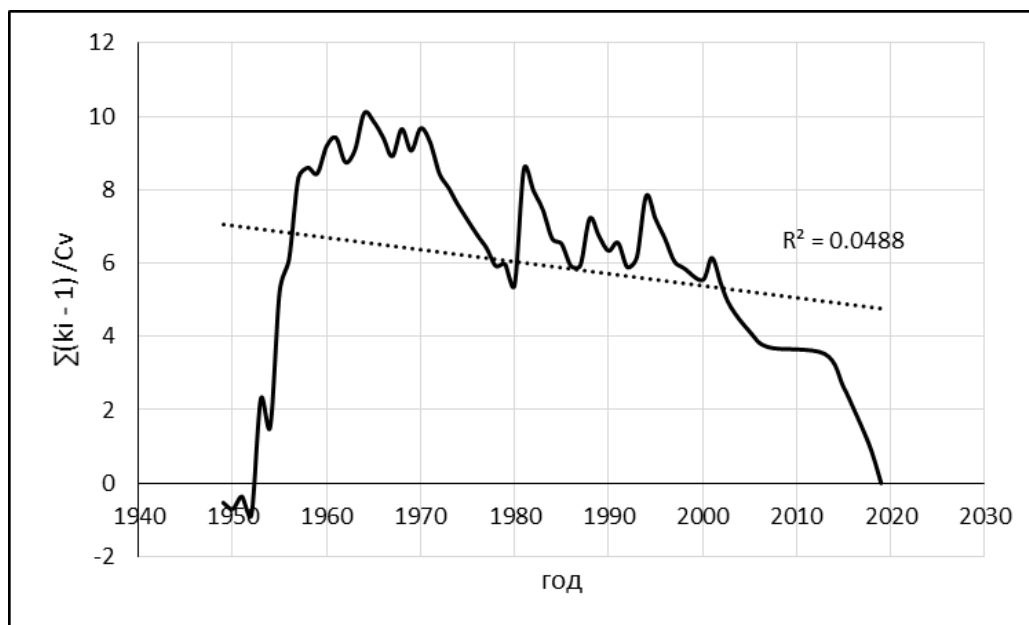
Анализ приведенной разностной интеграционной кривой по данным наблюдений поста р. Дон – г. Задонск, приведенный на рисунке 1, позволил выявить два цикла колебаний стока наносов.



**Рис. 1.** Разностная интеграционная кривая стока взвешенных наносов р. Дон – г. Задонск.

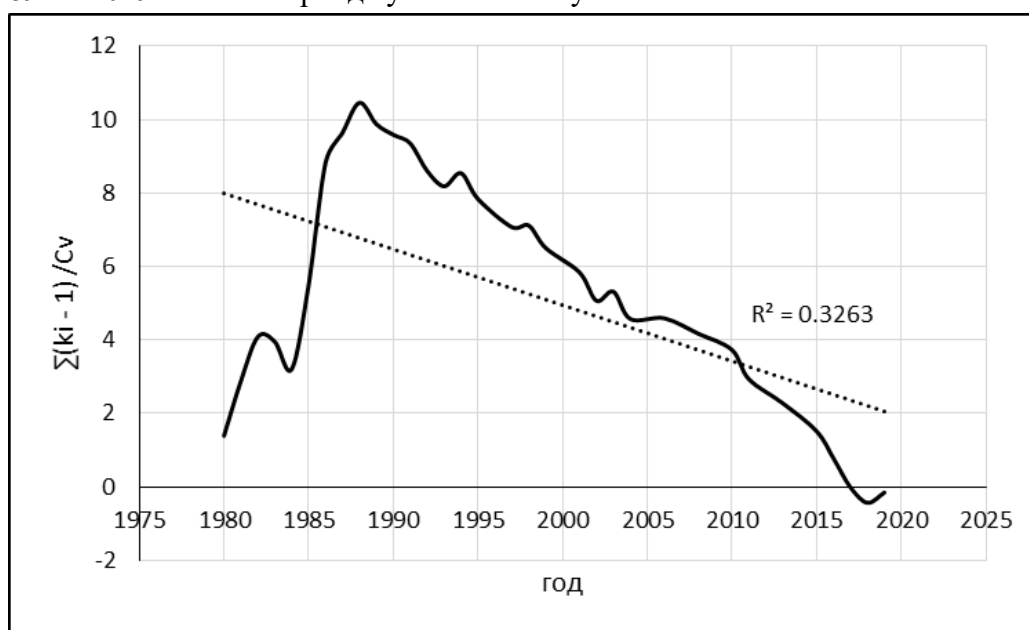
Первый многогодный цикл охватывает период с 1960 по 1982 гг. Маловодная фаза прослеживается с 1982 по 2019 гг. По линии тренда четко прослеживается тенденция уменьшения стока наносов. Следует подчеркнуть значительное уменьшение с 90-х гг.

Анализ приведенной разностной интеграционной кривой по данным наблюдений поста р. Хопер – г. Новохоперск, приведенный на рисунке 2, позволяет выделить 4 цикла колебаний стока. Два многогодные фазы охватывают периоды с 1949 по 1964 и 1980 по 1999 соответственно. Маловодные циклы – с 1964 по 1980 и с 1999 по 2019 гг. Линия тренда указывает на уменьшения стока наносов.



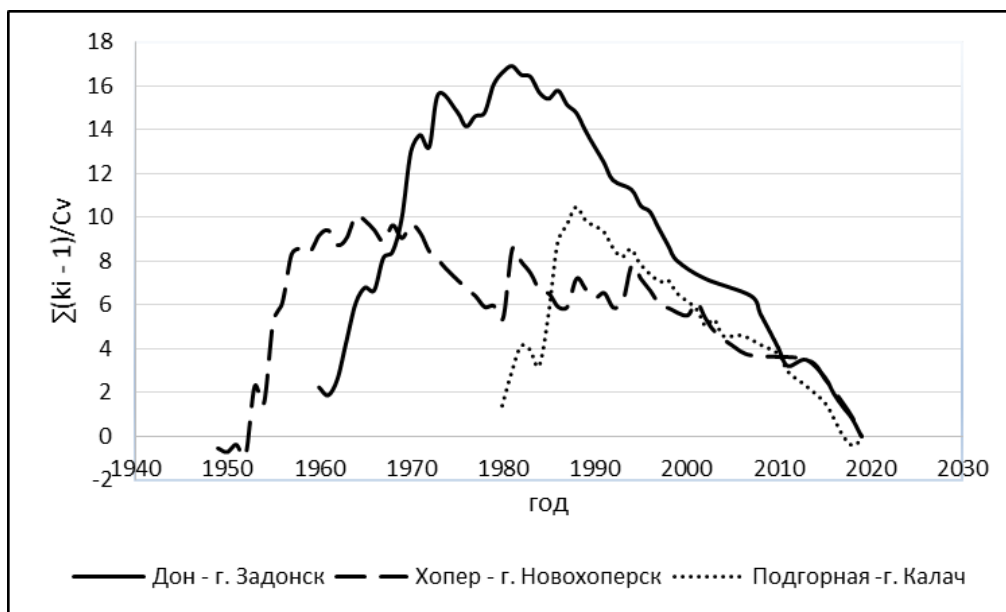
**Рис. 2.** Разностная интеграционная кривая стока взвешенных наносов р. Хопер – г. Новохоперск.

Анализ приведенной разностной интеграционной кривой по данным наблюдений поста р. Подгорная – г. Калач, приведенной на рисунке 3, позволяет выделить два цикла колебаний стока наносов. Многоводная фаза охватывает период с 1980 по 1989 гг, маловодная фаза с 1989 по 2019 г. Линия тренда указывает на уменьшение стока.



**Рис. 3.** Разностная интеграционная кривая стока взвешенных наносов р. Подгорная – г. Калач.

Следует отметить, что многоводный период – группа значений годового стока наносов превышающих среднюю многолетнюю величину, а маловодный – группу пониженных значений [а]. Характерные особенности многолетних колебаний стока наносов позволяет оценить совмещенный график разностных интеграционных кривых исследуемых пунктов наблюдений, приведенный на рисунке 4.



**Рис. 4.** Совмещенный график разностных интеграционных кривых исследуемых пунктов наблюдений.

Несмотря на разные временные сроки начала наблюдений за стоком наносов на исследуемых гидрологических постах прослеживается асинфазность циклов колебаний. Так на посту р. Дон – г. Задонск в период 1960 – 1982 гг прослеживается многоводный цикл, а для поста р. Хопер – г. Новохоперск характерно понижение стока наносов и маловодная фаза. При этом многоводный цикл р. Хопер выделяется синфазностью с р. Подгорной в период 1980 – 1989 гг. Определенно можно выделить общую характерную синфазность для всех исследуемых рек – маловодные циклы в периоды с 2000 – х годов до 2019 года.

#### Список литературы

1. Барышников Н. Б. Руслловые процессы. : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям "Гидрометеорология", обучающихся по направлениям "Гидрометеорология" и "Прикладная гидрометеорология" / Н. Б. Барышников, Д. И. Исаев // М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Российский гос. гидрометеорологический ун-т. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2014. – 503 с.
2. Владимиров А. М. Гидрологические расчеты: [Учеб. для вузов по спец. «Гидрология суши»] / А. М. Владимиров // Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 364 с.
3. Дружинин В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. / В. С. Дружинин, А. В. Сикан. // Учебное пособие. Направление «Гидрометеорология». Специальность «Гидрология». – СПб.: изд. РГГМУ. 2001. – 168 с.
4. Орлов В. Г. Основы инженерной гидрологии: учебное пособие. Направление «Экология и природопользование. Специальность «Геоэкология» / В. Г. Орлов, А. В. Сикан // Санкт –Петербург: Изд-во РГГМУ, 2003. – С. 187 с.
5. Чеботарев А. В. Гидрологический словарь. / А. В. Чеботарев // Ленинград. : Гидрометеиздат., 1978. – 308 с.

# СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ QGIS ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫПАДЕНИЯ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ

Галушин Д. А.<sup>1,3</sup>, Громов С. А.<sup>1,2</sup>, Жадановская Е. А.<sup>1</sup>, Авдеев С. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», Москва; <sup>2</sup>Институт Географии РАН, Москва; <sup>3</sup>РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Email: (galushin2012@yandex.ru), (sergey.gromov@igce.ru), (zhadanovskaya@gmail.com), (avdeev@rgau-msha.ru)

## COMPARISON OF SPATIAL INTERPOLATION METHODS IN THE QGIS GEOINFORMATION SYSTEM FOR RESEARCHING THE DISTRIBUTION OF ACID PRECIPITATION

Galushin D.A., Gromov S.A., Zhadanovskaya E.A., Avdeev S.M.

**Аннотация.** В статье рассмотрены методы двумерной пространственной интерполяции в геоинформационной системе Quantum GIS (QGIS) в применении к данным мониторинга химического состава осадков. Проведен сравнительный анализ трех методик интерполяции, их сходство и различие, а также выполнено моделирование поверхности на основе каждого вида интерполяции. Актуальность применения методов двумерной интерполяции показана на примере использования данных сети химического содержания осадков Приморского края.

**Ключевые слова:** Интерполяция, Геоинформационные системы, Моделирование, кислотные осадки

**Abstract** The article discusses the methods of two-dimensional spatial interpolation in the Quantum GIS (QGIS) geographic information system with an application to precipitation chemistry monitoring data. We consider 3 methods of two-dimensional spatial interpolation in the Quantum GIS geoinformation system. A comparative analysis of each interpolation technique, their similarities and differences, and surface modeling based on each type of interpolation were performed. The relevance of using two-dimensional interpolation methods is shown by the example of application to data from the network of chemical content of precipitation in Primorsky region.

**Keywords:** Interpolation, Geographic information systems, Modeling, Acid Precipitation

**Введение:** В настоящее время в научных исследованиях основным инструментом являются геоинформационные системы. Аналоговые методы создания карт уже достаточно давно уступили место цифровым технологиям. Основная информация о территории содержится в цифровом виде, в форме баз пространственных данных, управление которыми осуществляется средствами ГИС-технологий. Характерной тенденцией последнего времени является стремительное расширение возможностей оперативной актуализации геоданных, а также рост объема открытой пространственной информации. В свободном доступе находятся базовые пространственные данные (проекты OpenStreetMap, VMap0, VMap1), космические снимки с детальностью 10-30 м (LANDSAT, SENTINEL), цифровые модели рельефа (SRTM, ASTER GDEM), ряд источников тематических данных. Все это делает освоение ГИС-технологий необходимым для специалистов самых разных профилей, работающих с пространственными данными. [1]

Quantum GIS – это геоинформационная система которая поддерживает большое количество растровых и векторных форматов и обладает широкими возможностями.

Среди таких возможностей в QGIS реализована функция создания непрерывной поверхности на основе дискретных точек. Многие явления на планете характеризуются своей непрерывностью. К примеру, температура воздуха, высота местности и т. д. При моделировании поверхности для анализа данных, часто возникает проблема с недостаточным количеством пунктов отбора данных. Как правило это связано с экономической целесообразностью. Поэтому полевые измерения проводят на различных точках. А значения в местах, где не проводятся наблюдения определяются в момент создания интерполяции.

**Цели и задачи:** Рассмотреть методы двухмерной пространственной интерполяции в геоинформационной системе QGIS, сравнить сходства и различия каждого типа интерполяции на основе моделирования поверхности, и определить наиболее оптимальный метод пространственной интерполяции при нерегулярной сети наблюдений для решения задач связанные с выпадением кислотных осадков из атмосферы.

**Методология:** Основной идеей метода «обратных взвешенных расстояний» является процесс взвешивание точек в результате, которого от точки сбора данных до точки, где, мы не знаем значения в зависимости от расстояния происходит процесс «затухания».

Пунктам сбора данных присваивается определенное значение на основе коэффициента взвешивания. Этот коэффициент позволяет определить как при увеличении расстояния между пунктами будет уменьшаться влияние известного пункта на неизвестную точку.

При возрастании коэффициента взвешивания значение на неизвестном пункте будет стремиться к значению ближайшего пункта, на котором мы знаем данные. Этот метод наиболее распространен в геоинформационной системе. Однако у обратных взвешенных расстояниях есть недостаток. Он заключается в неравномерном пространственном характере распределения пунктов сбора данных. По этой причине в местах, где мы знаем значение и вокруг них наблюдаются углубления значений и пики. [2]

Второй метод, который применяется при создании интерполированной поверхности – это метод Нерегулярной Триангуляционной Сети (TIN). В научной литературе можно встретить название триангуляция Делоне.

Этот метод основывается на построение поверхности состоящую из треугольников, которые формируются ближайшими точкам. Для реализации метода триангуляций вокруг точки отбора данных проводятся окружности и в месте пересечения окружностей они соединяются в систему треугольников, которые примыкают друг к другу без пересечений и разрывов.

Главным недостатком метода нерегулярной триангуляционной сети является, то, что полученная поверхность (интерполяция) выглядит не гладкой (с применением функции сплайн), а достаточно угловатой. Это можно объяснить прерывистым характером полученных уклонов т. е. в местах стыковки треугольников наблюдаются перепады. Стоит заметить, что триангуляция Делоне выполняет измерение только между точками сбора данных и поэтому строит поверхность только внутри территории ограничивающимися точками сбора. Еще одним недостатком можно отнести невозможность применения триангуляционной сети вокруг точки. За счет нерегулярности точек это может привести к неожиданным результатом.

При неравномерном распределении сети сбора данных, а также при недостаточном количестве пунктов применяют метод сплайнов (Thin Spline Global). Этот тип интерполяции

реализован в QGIS версии 2.8 и выше. При использовании данного метода моделируемая поверхность состоит из отдельных ячеек в которой существует определенное значение. Наиболее детализированная поверхность интерполяции получается при выборе мелкомасштабного размера ячеек.[2]

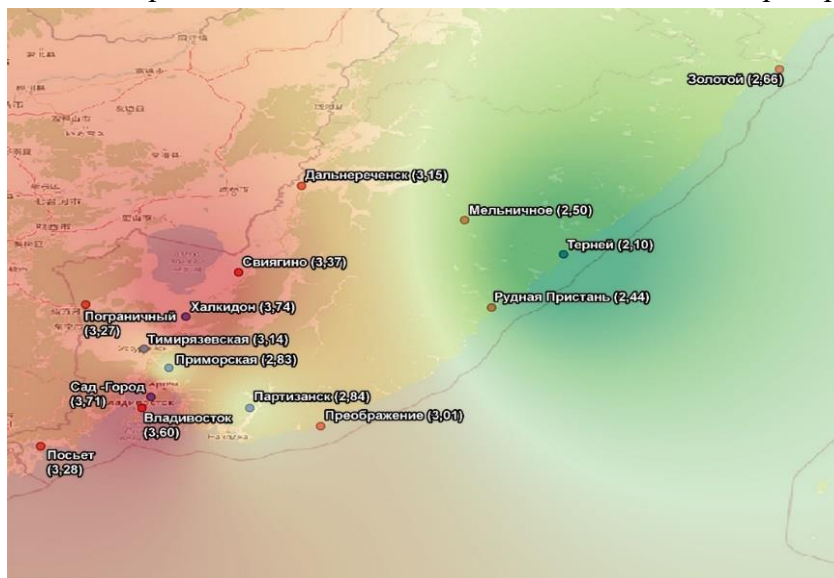
### Результаты:

В геоинформационной системе QGIS были смоделированы поверхности на основе пространственной интерполяции по данным сети химического содержания осадков о выпадении концентраций сульфатов с атмосферными осадками.

По результатам моделирования поверхности на основе IDW – интерполяции, данный тип не может качественно использоваться при недостаточном количестве пунктов сбора. Анализируя данную модель, можно сказать, что для ст. Терней характерно наименьшее значение среднегодовой концентрации сульфатов в осадках (рис.1). Однако с увеличением расстояния от ст. Терней в целом по окружности мы наблюдаем рост концентрации (ст. Золотой – 2,66 мг/л, ст. Мельничное – 2,50 мг/л, ст. Рудная Пристань – 2,44 мг/л). Таким образом можно сделать вывод, что при поступлении атмосферных осадков с морской акватории на ст. Терней, концентрация сульфатов в осадках снижалась, затем на самой станции было зафиксировано минимальное значение, а затем концентрация начала расти по мере увеличения расстояния от станции.

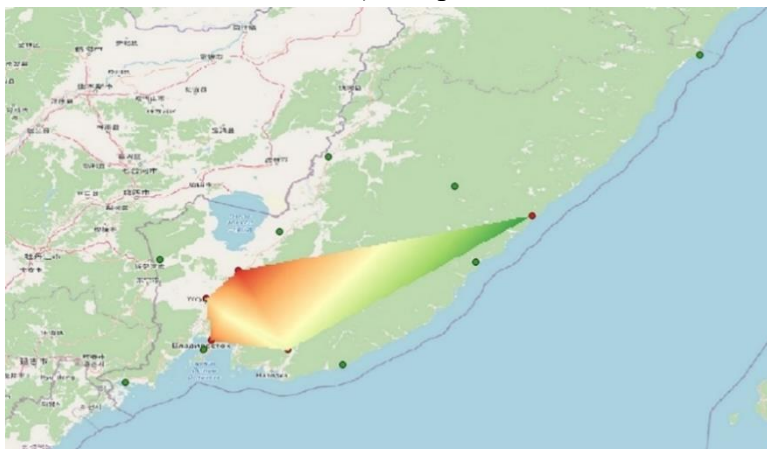
Это характерно и для территории с максимальными среднегодовыми концентрациями сульфатов в осадках. Территория южнее оз. Ханка имеет более насыщенный цвет чем, северо – восточная часть Китая, где сосредоточены многие предприятия промышленности (в частности – угольная) и откуда происходит атмосферный перенос кислотных осадков. На основе использования метода обратных взвешенных расстояний установлено, что в самом источнике загрязнения (в данном случае промышленные предприятия Китая) среднегодовые концентрации сульфатов ниже, чем на ст. Халкидон или на ст. Владивосток.

Таким образом интерполяция на основе метода обратных взвешенных расстояний не подходит для задач, в которых наблюдается недостаточное количество реперных точек.



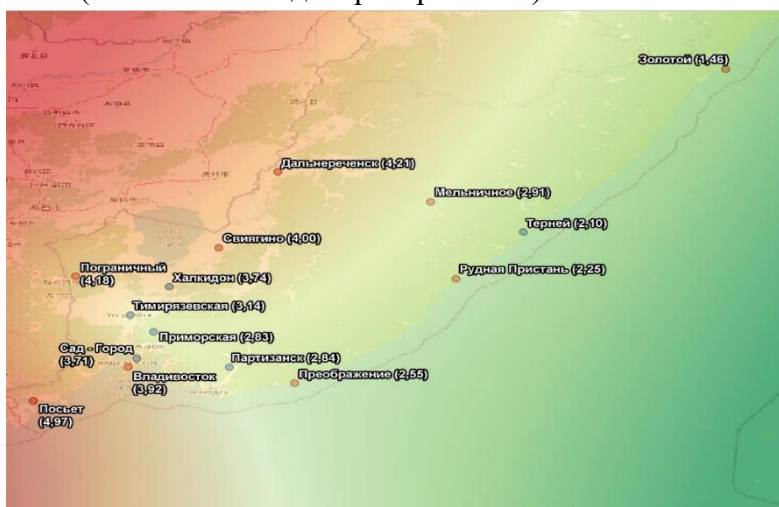
**Рис. 1.** Результат IDW-интерполяции на основе распределенных точек сбора данных о концентрации серы в атмосферных осадках на станциях химического содержания осадков. (показаны синими точками) и снятых показаний концентраций на метеостанциях (показаны красными точками).

На рисунке 2 представлен результат нерегулярной триангуляционной сети. Интерполяция выполнена по реперным точкам сети ХСО и покрывает территорию между этими точками. Поэтому выполнить интерполяцию методом триангуляции для станций сети «Примгидромет» (представлены зелеными точками) не представляется возможным.



**Рис. 2.** Триангуляция Делоне на основе нерегулярных точек сбора данных о концентрации серы в атмосферных осадках.

При использовании сплайновой интерполяции мы не наблюдаем в пунктах сбора данных пики и углубления, а также по окружности у нас не возрастает концентрация с изменением расстояния, соответственно, у нас по окружности не увеличивается концентрация с расстоянием. К примеру, при продвижении с севера – востока на юг концентрация возрастает с 1,46 мг/л до 2,55 мг/л (от ст. Золотой до Преображение).



**Рис. 3.** Результат интерполяции данных серы в атмосферных осадках на станциях ХСО для всей территории Приморского края

Метод интерполяции основанной на сплайне хорошо показывает границу которая разделяет территорию на 2 части: северная и восточная часть, где на основе сплайновой интерполяции мы можем видеть высокие значения концентраций сульфатов в атмосферных осадках, и на восточную часть характеризующуюся низкими концентрациями сульфатов по причине переноса осадков с морской части на континентальную.

На основе полученных поверхностей с помощью модуля «ValueTool», который отображает значения выбранного растрового слоя в текущей позиции, были сняты значения концентраций серы в осадках на метеостанциях (табл.1)



Таблица 1

**Сравнение методов интерполяции среднеголетних концентраций сульфатов**

Методы интерполяции	IDW	TIN	Thin Plate Spline (global)
Станции химического содержания осадков			
Сад – Город	3,71	3,71	3,71
Партизанск	2,84	2,84	2,84
Приморская	2,83	2,83	2,83
Тимирязевский	3,14	3,14	3,14
Халкидон	3,74	3,74	3,74
Терней	2,10	2,10	2,10
Метеостанции			
Золотой	2,68	-	1,46
Рудная Пристань	2,44	-	2,25
Преображение	3,01	-	2,55
Владивосток	3,60	-	3,92
Посьет	3,28	-	4,97
Пограничный	3,27	-	4,18
Свиягино	3,37	-	4,00
Дальнереченск	3,15	-	4,21
Мельничное	2,50	-	2,91

**Вывод:** Результаты сравнения трех методов пространственной интерполяции показывают, что при недостаточном количестве пунктов наблюдения за химическим составом осадков наиболее правдоподобную поверхность может смоделировать сплайновая интерполяция (рис.3, табл.1).

Триангуляционная интерполяция не смогла построить поверхность для всей территории Приморского края, поэтому в таблице указаны прочерки.

Метод обратных взвешенных расстояний в сравнении со сплайном строит поверхность для всей территории Приморского края, однако из-за малого количества пунктов наблюдений, данный вид интерполяции показывает некорректные результаты (расхождение со сплайновым методом достигает в среднем 25%).

## Список литературы

1. Шихов А. Н., Черепанова Е. С., Пьянков С. В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, С. В. Пьянков. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 88 с.: ил.
2. Краткое введение в ГИС. Часть 10: Пространственный анализ растровых данных: интерполяция [электронный ресурс] – URL: <https://wiki.gis-lab.info/> (дата обращения: 04.09.2020)

## ОЦЕНКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛАНСА МЕТАНА В ЧЕРНОМ МОРЕ

Гарькуша Д. Н.\*, Фёдоров Ю. А.\*, Тамбиева Н. С.\*\*\*, Дмитрик Л. Ю.\*

\* Институт наук о Земле Южного федерального университета,

\*\* Гидрохимический институт

Ростов-на-Дону,

gardim1@yandex.ru

## ASSESSMENT OF INDIVIDUAL ELEMENTS OF THE METHANE BALANCE IN THE BLACK SEA

Gar'kusha D.N.\*, Fedorov Yu.A.\*, Tambieva N.S.\*\*\*, Dmitrik L.Yu.\*

\* Institute of Earth Sciences of the southern Federal University,

\*\* Hydrochemical Institute

Rostov-on-Don,

gardim1@yandex.ru

**Аннотация.** Проведена оценка общего объема метана, содержащегося в аэробной и анаэробной водной толще и верхних горизонтах (до 1 метра) донных отложений Черного моря, его эмиссии на границах раздела «донные отложения – вода» и «вода – атмосфера», а также объемов метаноокисления в водной толще и донных отложениях.

**Ключевые слова:** баланс метана, общий объем метана, скорость метаноокисления, эмиссия метана, донные отложения, аэробная и анаэробная водная толща, Черное море

**Abstract.** The estimation of the total methane in aerobic and anaerobic water column and the upper horizons (up to 1 meter) of bottom sediments of the Black sea, it is issued on the interface «sediment – water» and «water – atmosphere», as well as volume of methane oxidation in the water column and sediments.

**Keywords:** methane cycle, total methane volume, methane oxidation rate, methane emission, bottom sediments, aerobic and anaerobic water column, Black Sea

В водных экосистемах цикл метана описывается блоковой моделью, состоящей из общего количества метана и его потоков, формируемых процессами образования и окисления газа [9]. Общее количество метана рассчитывается на основании измерений его концентрации и объема резервуара [13, 21]. Потоки метана в системе «донные осадки – водная толща – атмосфера» могут быть получены на основе расчета разности между скоростями биогеохимических процессов метаногенеза и метаноокисления, измеренными экспериментально радиоизотопным или реже газохроматографическим методами, а также путем непосредственных замеров потоков газа на границах раздела сред. Кроме этого, авторами настоящей статьи на основе большого количества собственных и литературных данных по содержанию, скоростям окисления и потокам метана получены и успешно апробированы эмпирические зависимости между этими параметрами [9], что позволяет перейти к расчёту этих элементов баланса метана в водных экосистемах по известным концентрациям метана.

Согласно теоретико-экспериментальным исследованиям авторов, баланс метана в Черном море складывается из следующих основных элементов (элементы баланса не ранжи-

рованы): общего объема метана, содержащегося в водной толще и верхнем горизонте донных отложений; окисления метана в данных средах; стока метана через Керченский пролив в Азовское море; эмиссии метана из водной толщи в атмосферу; эмиссии метана из донных отложений; поступления метана с речным стоком; поступления метана через Керченский пролив из Азовского моря; поступления метана с подземными водами; поступления метана с атмосферными осадками; поступления метана в результате эрозии прибрежных почв и абразии берегов; поступления метана с промышленно-бытовыми сточными водами; эмиссии метана подводными грязевыми вулканами; эмиссии метана подводными черноморскими сипами; поступления метана при разрушении газогидратов; образования метана непосредственно в водной толще моря.

Целью настоящей работы является оценка общего объема метана, содержащегося в различных горизонтах водной толщи и донных отложений Черного моря, его эмиссии на границах раздела «донные отложения – вода» и «вода – атмосфера», а также объемов метаноокисления в воде и донных отложениях моря.

Общий объем метана, содержащегося в водной толще, верхних 0–10 см и 0–100 см слоях донных отложений Черного моря, рассчитан по средним значениям концентраций газа в этих средах, установленным по опубликованным материалам и данным собственных наблюдений (таблицы 1 и 2). При этом расчеты для водной толщи Черного моря проведены отдельно для аэробной (0–150 м) и анаэробной зон. В анаэробной зоне нами, исходя из распределения концентраций метана (рис. 1), выделены промежуточная (150–500 м) и глубинная (более 500 м) водные массы. В аэробной зоне расчеты проведены дополнительно для поверхностной (0–50 м) водной массы, в которой нами выделены прибрежная водная масса (с глубинами дна до 20 м), формируемая речным стоком и атмосферными осадками в прибрежной зоне, и верхняя водная масса (до 50 м от поверхности воды) в глубоководной части моря (с глубинами дна более 20 м). Для оценки площадей поверхности и объемов аэробных и анаэробных промежуточных и глубинных водных масс Черного моря (без лиманов) нами использованы данные работы [11].

Объемы метаноокисления в водной толще и верхнем горизонте отложений и эмиссии метана на границах раздела «донные отложения – вода» и «вода – атмосфера» в Черном море рассчитывались по нижеприведенным формулам, подробно обоснованным в работе [9].

Уравнение регрессии, аппроксимирующее корреляционную связь между концентрацией метана и скоростью его окисления в водной толще, имеет следующий вид:

$$\lg MO_{\text{в}} = 1.4923 \cdot \lg C_{\text{CH}_4} - 3.3886 \quad (r = 0.92; n = 554; P < 0.01), \quad (1)$$

где  $\lg MO_{\text{в}}$  – логарифм скорости метаноокисления в воде,  $\text{нл/дм}^3$  сутки;

$\lg C_{\text{CH}_4}$  – логарифм концентрации метана в воде,  $\text{нл/дм}^3$ .

Уравнение регрессии, аппроксимирующее корреляционную связь между концентрацией метана и скоростью его окисления в донных отложениях, имеет следующий вид:

$$\lg MO_{\text{д.о.}} = 1.2115 \cdot \lg C_{\text{CH}_4 \text{ д.о.}} - 2.6942 \quad (r = 0.87; n = 336; P < 0.01), \quad (2)$$

где  $\lg MO_{\text{д.о.}}$  – логарифм скорости метаноокисления в донных отложениях,  $\text{нл/дм}^3$  сутки;

$\lg C_{\text{CH}_4 \text{ д.о.}}$  – логарифм концентрации метана в донных отложениях,  $\text{нл/дм}^3$  влажного осадка.

Таблица 1

## Элементы баланса метана в различных водных массах Черного моря \*

Водные массы Черного моря	Площадь, км <sup>2</sup>	Объем водной массы, км <sup>3</sup> (в % от объема в целом)	Содержание CH <sub>4</sub> в воде, мкл/дм <sup>3</sup>	Общий объем CH <sub>4</sub> в водной массе, м <sup>3</sup> (в % от объема в целом)	Окисление CH <sub>4</sub> в водной массе, м <sup>3</sup> в сутки (в % от объема метаноокисления в целом)	Эмиссия CH <sub>4</sub> в атмосферу, м <sup>3</sup> в сутки	Расход CH <sub>4</sub> на метаноокисление и эмиссию в атмосферу, м <sup>3</sup> в сутки / Скорость оборота CH <sub>4</sub> , сутки
<i>Аэробная водная масса</i>							
Прибрежная водная масса (0-20 м)	19200	2677 (0.5%) **	<u>1.4-8.5</u> *** 3.6 (27)	9637200 (0.01%)	1221880 (0.009%)	137434	<u>359314</u> 27
Верхняя водная масса в глубоководной части моря (0-50 м), глубины дна более 200 м в том числе, поверхностный слой (0-2 м)	397590	16873 (3.1%)  795 (0.15%)	<u>0.02-11.0</u> 1.5 (83) <u>0.02-1.0</u> 0.32 (36)	25309500 (0.03%)  254400 (0.0003%)	378681 (0.002)  1779 (0.00001%)	341132	<u>719813</u> 35 <u>342911</u> 0.7
Итого, поверхностная водная масса в целом (0-50 м)	416790	19550 (3.7%)	<u>0.02-11.0</u> 1.8 ****	34946700 (0.04%)	600561 (0.005%)	478566	<u>1079127</u> 32
Аэробная водная масса в целом (0-150 м)	416790	52205 (9.8%)	<u>0.02-35.0</u> 4.8 (201)	250584000 (0.3%)	6647042 (0.05%)	478566	<u>7125608</u> 35
<i>Анаэробная водная масса</i>							
Промежуточная водная масса (150-500 м)	316805	106105 (19.8%)	<u>1.31-139.5</u> 40.4 (69)	4286642000 (5.3%)	324517978 (2.4%)	-	<u>324517978</u> 13
Глубинная водная масса (более 500 м)	292840	377120 (70.4%)	<u>104.6-314.0</u> 204.6 (60)	7715875200 (94.4%)	12982072000 (97.5%)	-	<u>1298207200</u> <u>0</u> 6
Итого, анаэробная водная масса в целом (более 150 м)	316805	483225 (90.2%)	<u>1.31-314.0</u> 168.5 ****	8144539400 (99.7%)	13306589998 (99.95%)	-	<u>1330658999</u> <u>8</u> 6
<i>Итого, Черное море в целом</i>	<i>416790</i>	<i>535430 (100%)</i>	<i><u>0.02-314.0</u></i> <i>152.6</i> <i>****</i>	<i>8169597800 (100%)</i>	<i>13313237039 (100%)</i>	<i>478566</i>	<i><u>1331371560</u></i> <i><u>5</u></i> <i>6</i>
Примечание. * – Площадь и объем воды Черного моря (без лиманов) приведены по [11]. ** – Объем прибрежной водной массы, составляющий 0.5% от общего объема Черного моря, приводится по [3]. *** – В числителе приведены пределы изменения, в знаменателе – средние значения, в скобках – количество определений. **** – Среднее содержание метана рассчитано, как отношение общего объема растворенного в водной массе метана к общему объему водной массы.							

Таблица 2

## Элементы баланса метана в донных отложениях Черного моря \*

Водные массы Черного моря	Площадь, км <sup>2</sup>	Объем слоя д. о., км <sup>3</sup> (в %)	Пределы изменения и средние содержания СН <sub>4</sub> в различных слоях д. о., мкл/дм <sup>3</sup> влажного осадка		Общий объем СН <sub>4</sub> в д. о., м <sup>3</sup> (в % от объема в целом)	Окисление СН <sub>4</sub> в д. о., м <sup>3</sup> в сутки (в % от объема метаноокисления в целом)	Эмиссия СН <sub>4</sub> из д. о., м <sup>3</sup> в сутки	Расход СН <sub>4</sub> на метаноокисление и эмиссию из д. о., м <sup>3</sup> в сутки	Скорость оборота СН <sub>4</sub> , сутки
			0-10 см	0-100 см					
<i>Аэробная водная масса</i>									
Глубины менее 150 м	99985	<u>9.998</u> <u>5</u> ** 99.98 5	<u>0.3-</u> <u>125</u> 57 (24) ***	<u>5-</u> <u>194</u> <u>3</u> 182 (4)	<u>569915</u> <u>(9.1%)</u> 18197270 (7.5%)	<u>11681</u> 476773	253462	<u>265143</u> 730235	<u>2.1</u> 24.9
<i>Анаэробная водная масса</i>									
Глубины от 150 до 500 м	23965	<u>2.396</u> <u>5</u> 23.96 5	<u>250</u> - <u>366</u> 308 (2)	<u>211</u> - <u>514</u> 347 (5)	<u>738122</u> <u>(11.7%)</u> 8315855 (3.4%)	<u>21615</u> 249739	350536	<u>372151</u> 600275	<u>2.0</u> 13.9
Глубины более 500 м	292840	<u>29.28</u> <u>4</u> 292.8 4	<u>82-</u> <u>248</u> 170 (12)	<u>58-</u> <u>844</u> <u>0</u> 741 (50)	<u>4978280</u> <u>(79.2%)</u> 21699444 0 (89.1%)	<u>128564</u> 7650946	231016 9	<u>2438733</u> 9961115	<u>2.0</u> 21.8
<i>Итого, Черное море в целом</i>	<i>416790</i>	<u>41.67</u> <u>9</u> 416.7 9	<u>0.3-</u> <u>366</u> 151 *** *	<u>5-</u> <u>844</u> <u>0</u> 584 *** *	<u>6286317</u> <u>(100%)</u> 24350756 5 (100%)	<u>161860</u> 8377458	291416 7	<u>3076027</u> 11291625	<u>2.0</u> 21.6
Примечание. * – Площадь и объем воды Черного моря (без лиманов) приведены по [11]. ** – В числителе приведены значения для 0-10 см слоя д. о., в знаменателе – для 0-100 см слоя д. о. *** – В скобках – количество определений. **** – Среднее содержание метана рассчитано, как отношение общего объема растворенного в водной массе метана к общему объему водной массы.									

Уравнение регрессии, аппроксимирующее зависимость между концентрацией метана в поверхностном слое воды и его потоком в атмосферу, имеет следующий вид:

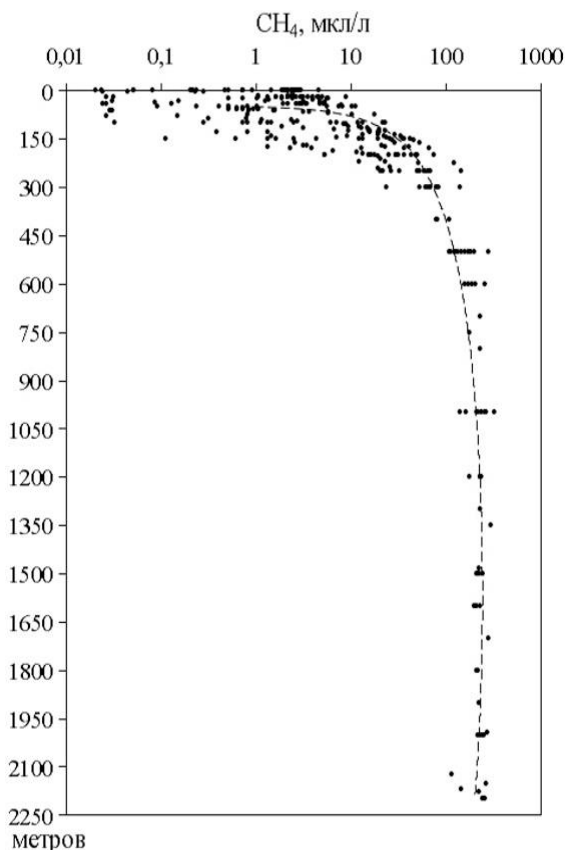
$$\lg F_{\text{CH}_4} = 0.8763 \cdot \lg C_{\text{CH}_4} + 3.7384 \quad (r = 0.72; n = 65; P < 0.01), \quad (3)$$

где  $\lg F_{\text{CH}_4}$  – логарифм потока метана из воды в атмосферу, нл/м<sup>2</sup> сутки;  
 $\lg C_{\text{CH}_4}$  – логарифм концентрации метана в воде, нл/дм<sup>3</sup>.

Уравнение регрессии, аппроксимирующее зависимость между концентрацией метана в верхнем слое донных отложений и его потоком из них, имеет следующий вид:

$$\lg F_{\text{CH}_4 \text{ д. о.}} = 1.0389 \cdot \lg C_{\text{CH}_4 \text{ д. о.}} + 1.4631 \quad (r = 0.84; n = 46; P < 0.01), \quad (4)$$

где  $\lg F_{\text{CH}_4 \text{ д. о.}}$  – логарифм потока метана из отложений в атмосферу,  $\text{нл/м}^2$  сутки;  
 $\lg C_{\text{CH}_4 \text{ д. о.}}$  – логарифм концентрации метана в отложениях,  $\text{нл/дм}^3$  влажного осадка.



**Рис. 1.** Распределение концентраций метана в водной толще Черного моря. Построено авторами по данным собственных наблюдений и опубликованных материалов [1, 5–7, 10, 12, 14–19, 21, 22, 24, 25]

Согласно рисунку 1, построенному по данным опубликованных материалов и собственных наблюдений (330 определений), в Черном море по содержанию метана отчетливо выделяются три водные массы: поверхностная (условно до 150 м), характеризующаяся низкими концентрациями метана – от 0.02 до 35.0  $\text{мкл/дм}^3$  (в среднем 4.8  $\text{мкл/дм}^3$ ). Данная водная масса содержит кислород, а ее нижняя граница (150 м) фактически соответствует общепринятой границе между аэробной и анаэробной зонами (например, [2, 4, 20]); промежуточная водная масса (от 150 до 500 м), для которой характерен резкий рост концентраций метана – от 1.31 до 139.5  $\text{мкл/дм}^3$  (в среднем 40.4  $\text{мкл/дм}^3$ ); и глубинная водная масса (более 500 метров), характеризующаяся высокими концентрациями метана, практически не изменяющимися по глубине – от 104.6 до 314.0  $\text{мкл/дм}^3$  (в среднем 204.6  $\text{мкл/дм}^3$ ).

По обобщенным данным (табл. 1) содержание метана в водной толще Черного моря на глубинах от поверхности до 2200 м (максимальная глубина моря до 2220 м) варьирует в пределах от 0.02 до 383.0  $\text{мкл/дм}^3$  (в среднем 50.7  $\text{мкл/дм}^3$ , количество определений  $n = 356$ ). Содержание метана в донных отложениях (кern до 3.5 метров) изменялось в диапазоне от 0.3

до 38300 мкл/дм<sup>3</sup> влажного осадка (в среднем 2809 мкл/дм<sup>3</sup>, количество определений  $n = 125$ ).

Следует отметить, что при построении рисунка 1 и расчетах (табл. 1), данные [7] по содержанию метана в водной толще в районах черноморских метановых сипов не учитывались, в связи с их заметным отклонением (в сторону увеличения) от линии, аппроксимирующей зависимость изменения концентрации метана с глубиной. Согласно расчетам, количество метана, одновременно растворенного во всем объеме воды Черного моря, составляет ~81.7 трлн. м<sup>3</sup>, при этом 94.4% его количества приходится на глубинную водную массу (от 500 м и глубже). Общий объем метана, содержащегося в верхних 0–10 см и 0–100 см слоях донных отложений Черного моря в целом (табл. 2), составляет 6.3 и 243.5 млн. м<sup>3</sup>, соответственно, или 0.008% и 0.30% от общего количества метана, растворенного во всем объеме воды Черного моря. Такое соотношение однозначно указывает на существование более мощного источника (источников) растворенного в водной толще метана, чем его генерация метаногенными археями в верхних горизонтах донных отложений. Это одно из важных отличий Черного моря от Азовского моря, где основным источником растворенного в водной толще метана являются донные отложения [9].

Объемы метана, расходуемые в течение суток на его окисление и эмиссию в системе «донные отложения – вода – атмосфера» Черного моря, были рассчитаны по формулам, исходя из средних значений концентраций газа в воде и донных отложениях, установленным по данным собственных исследований и опубликованных работ (см. таблицы 1 и 2). Согласно расчетам количество метана, окисляющегося в течение суток в верхних 0–10 см и 0–100 см слоях отложений Черного моря в целом, составляет соответственно 0.162 и 8.377 млн. м<sup>3</sup>. Эмиссия метана отложениями Черного моря составляет 2914.2 млн. м<sup>3</sup> в сутки, что в 6.1 раза больше, чем выделяется в атмосферу из его водной толщи (0.479 млн. м<sup>3</sup> в сутки).

В целом суточная эмиссия метана с поверхности донных отложений моря в 18 раз больше количества газа, окисляющегося в течение суток в верхнем 10 см слое отложений. В то же время эмиссия метана с водной поверхности в атмосферу составляет всего 0.004% от его количества, окисляющегося в течение суток во всей водной толще Черного моря (13.3 трлн. м<sup>3</sup> в сутки). При этом вклад анаэробной глубинной водной массы (более 500 м) в объем метана, окисляющегося в течение суток во всей водной толще Черного моря, составляет 97.5%.

Скорость суммарного суточного расхода метана на его окисление и эмиссию для Черного моря в целом составляет 13313.7 и 3.1 млн. м<sup>3</sup> соответственно на объемы воды и верхнего 10 см слоя донных отложений. При этом если для водной толщи вклад эмиссии метана в атмосферу в общий расход не превышает 0.004%, то для 0–10 см слоя донных отложений вклад эмиссии метана составляет 94.7% от суммарного суточного расхода газа. Для сравнения, согласно нашим расчетам [9], в водной толще Мирового океана на окисление метана приходится до 80%, а Азовского моря – до 10% от суммарного суточного расхода газа.

Скорость оборота метана в водной толще, то есть время, в течение которого весь метан, растворенный в воде Черного моря, может быть израсходован в процессах его окисления и эмиссии, без учета новых поступлений газа, как с поверхности водосбора, так и в результате миграции из донных отложений, а также непосредственного образования метана в водной толще, составляет для анаэробной водной массы 6 суток, для аэробной водной массы – 35 суток, снижаясь до 0.7 суток в поверхностном двухметровом слое воды моря.

Скорость оборота метана в 0–10 см слое донных отложений Черного моря составляет 2 суток и увеличивается до 21–25 суток в 0–100 см слое отложений моря.

Для сравнения, скорость оборота метана в верхнем 10 см слое донных отложений Азовского моря составляет 2.5 суток, в воде открытой акватории Азовского моря – 4 суток и в воде Таганрогского залива – около 2 суток. Скорость оборота метана в воде реки Гудзон составляет от 1.4 до 9 суток (по [23]) и реки Дон – 1.2 суток (по [8]). В то же время, как показали наши расчеты [9], скорость оборота растворенного метана в воде открытых районов Мирового океана варьирует от 229 до 279 суток, с наибольшей скоростью оборота в Северном Ледовитом океане и наименьшей – в Тихом.

В верхнем 1 метровом слое отложений Черного моря количество окисляющегося метана (8.4 млн. м<sup>3</sup> сутки) в 52 раза больше, чем в верхнем 0–10 см слое отложений (0.162 млн. м<sup>3</sup> сутки) (табл. 2). Здесь основной вклад (74.2%) в суммарный суточный расход газа вносит процесс его окисления, при этом скорость оборота метана замедляется и составляет 21 сутки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках гос. задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029.*

#### Список литературы

1. Артемов Ю. Г. Обобщенная оценка вклада метановых струйных газовыделений в баланс метана в Черном море // Материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. уч. №Морские биологические исследования: достижения и перспективы», приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции: в 3 томах. 2016. С. 13-16.
2. Безбородов А. А., Еремеев В. Н. Черное море. Зона взаимодействия аэробных и анаэробных вод. – Севастополь, Морской гидрофизический институт НАН Украины, 1993. 298 с.
3. Белокопытов В. Н. Термохалинная и гидролого-акустическая структура вод Черного моря: Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.08. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2004. 24 с.
4. Виноградов М. Е. Верхняя граница сероводородных вод и тенденция глубины ее залегания в Черном море // Океанология. 1991. Т. 31, № 3. С. 414-420.
5. Гальченко В. Ф. Метанотрофные бактерии. – Москва: ГЕОС, 2001. 500 с.
6. Гальченко В. Ф., Леин А. Ю., Иванов М. В. Интенсивности микробного образования и окисления метана в донных осадках и водной толще Черного моря // Микробиология. 2004. Т. 73. № 2. С. 271-283.
7. Гальченко В. Ф., Леин А. Ю., Иванов М. В. Содержание метана в донных осадках и водной толще Черного моря // Микробиология. 2004. Т. 73. № 2. С. 258-270.
8. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А. Метан в устьевой области реки Дон. – Ростов-на-Дону – Москва, ЗАО “Ростиздат”, 2010. 181 с.
9. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С. Расчет элементов баланса метана в водных экосистемах Азовского моря и Мирового океана на основе эмпирических формул // Метеорология и гидрология. 2016. № 6. С. 48–58.
10. Дагурова О. П., Намсараев Б. Б., Козырева Л. П., Земская Т. И., Дулов Л. Е. Бактериальные процессы цикла метана в донных осадках озера Байкал // Микробиология. 2004. Т. 73, № 2. С. 248–257.
11. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. НАН Украины, Морской гидрофизический институт. – Севастополь, 2011. 212 с.



- 12.Ижицкая Е. С., Егоров А. В. Временная изменчивость содержания растворенного метана в водах Голубой бухты Черного моря // Материалы II Всерос. научной конф. молодых ученых «Комплексные исследования Мирового океана». 2017. С. 554-555.
- 13.Леин А. Ю., Савичев А. С., Иванов М. В. Резервуар растворенного метана в водной толще морей Российской Арктики // Доклады Академии Наук. 2011. Т. 441, № 3. С. 369–371.
- 14.Леин А. Ю., Пименов Н. В., Русанов И. И., Миллер Ю. М., Иванов М. В. Геохимические последствия микробиологических процессов на северо-западном шельфе Черного моря // Геохимия. 1997. № 10. С. 985-1004.
- 15.Малахова Т. В., Мансурова И. М. Зависимость между метаном и хлорофиллом-а в воде эвфотической зоны шельфа Черного моря // Материалы V научно-практической молодежной конференции «Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами». 2018. С. 186-189.
- 16.Малахова Т. В., Мансурова И. М., Заговенкова А. Д. Особенности распределения метана в эвфотическом слое прикрымской части Черного моря по данным 102 рейса НИС "Профессор Водяницкий" // Материалы IV Всероссийской научной конференции молодых ученых «Комплексные исследования Мирового океана». 2019. С. 226-227.
- 17.Пименов Н. В., Русанов И. И., Юсупов С. К. и др. Микробиологические процессы на границе аэробных и анаэробных вод в глубоководной зоне Черного моря // Микробиология. 2000. Т. 69, № 4. С. 527-540.
- 18.Русанов И. И., Леин А. Ю., Пименов Н. В., Юсупов С. К., Иванов М. В. Биогеохимический цикл метана на северо-западном шельфе Черного моря // Микробиология. 2002. Т. 71, № 4. С. 558-566.
- 19.Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря // Под. ред. И. Ф. Глумова, М. В. Кочеткова. – Москва: Недра, 1996. 502 с.
- 20.Титов В. Б. Интегральный эффект воздействия термического и динамического факторов атмосферы на гидрологическую структуру и экологию вод Черного моря // Океанология. 2004. Т. 44, № 6. С. 837-842.
- 21.Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О. Метан в водных экосистемах. 2-е изд. – Ростов-н/Д-Москва, ЗАО “Ростиздат”, 2007. 330 с.
- 22.Amouroux D., Roberts G., Rapsomanikis S. et al. Biogenic gas (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, DMS) emission to the atmosphere from near – shore and shelf waters of the north-western Black Sea // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2002. Vol. 54. P. 575-587.
- 23.De Angelis M.A., and Scranton M.I. Fate of Methane in the Hudson River and Estuary // Global Biogeochem. Cycles. 1993. Vol. 7, № 3. P. 509-523.
- 24.Durisch-Kaiser E., Klauser L., Wehrli B., Schubert C. Evidence of intense archaeal and bacterial methanotrophic activity in the Black Sea water column // Appl. Environ. Microbiol., 2005. Vol. 71, № 12. P. 8099-8106.
- 25.Hunt J.M. Hydrocarbon geochemistry of Black Sea: Black Sea-Geol., Chem. and Biol., Tuesa, Okea, 1974. P. 499-504.

**ВЛИЯНИЕ ИОННОГО СОСТАВА И СОЛЕННОСТИ (МИНЕРАЛИЗАЦИИ)  
ВОД НА КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В ВОДНЫХ  
ЭКОСИСТЕМАХ**

Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А.

Институт наук о Земле Южного федерального университета,  
Ростов-на-Дону,  
gardim1@yandex.ru

**INFLUENCE OF IONIC COMPOSITION AND SALINITY (MINERALIZATION)  
THE EFFECT OF WATER ON METHANE CONCENTRATIONS IN WATER  
ECOSYSTEMS**

Gar'kusha D.N, Fedorov Yu.A.

Institute of Earth Sciences of the southern Federal University,  
Rostov-on-Don,  
gardim1@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрено влияние ионного состава и солёности (минерализации) вод на концентрации метана в водных объектах. Показано, что влияние этих факторов на концентрации метана не является определяющим. Основными факторами выступают интенсивность продукционно-деструкционных процессов, контролирующих содержание органического вещества и окислительно-восстановительные условия, а также гидрологические и морфометрические параметры водных объектов, обуславливающие распределение литологических типов донных отложений.

**Ключевые слова:** водные экосистемы, концентрация метана, катион-анионный состав, солёность, минерализация

**Abstract.** The influence of ionic composition and salinity (mineralization) of water on methane concentrations in water bodies is considered. It is shown that the influence of these factors on methane concentrations is not decisive.

**Keywords:** water ecosystems, methane concentration, cation-anion composition, salinity, mineralization

Исследования показывают [13, 17, 18 и др.], что для таких водных объектов как озера, водохранилища, реки, эстуарии, моря и океаны характерны определенные величины содержания метана ( $\text{CH}_4$ ) в воде. В этом ряду, в среднем, наиболее высокие его концентрации фиксируются в реках, минимальные характерны для вод морей и океанов [18]. Наблюдаемое снижение концентраций  $\text{CH}_4$  при увеличении солёности в зонах смешения «река – эстуарий → море» и «река – море (океан)» [18] требует обсуждения и установления, влияет ли непосредственно солёность (минерализация) и ионный состав вод на концентрации  $\text{CH}_4$  в воде и донных отложениях водных объектов. И, если влияет, то каким образом – прямо или опосредованно, то есть через влияние на другие факторы? Для этого, рассмотрим имеющиеся сведения о поведении  $\text{CH}_4$  в реках и зонах смешения речных и морских вод, и связи концентраций этого газа с солёностью.

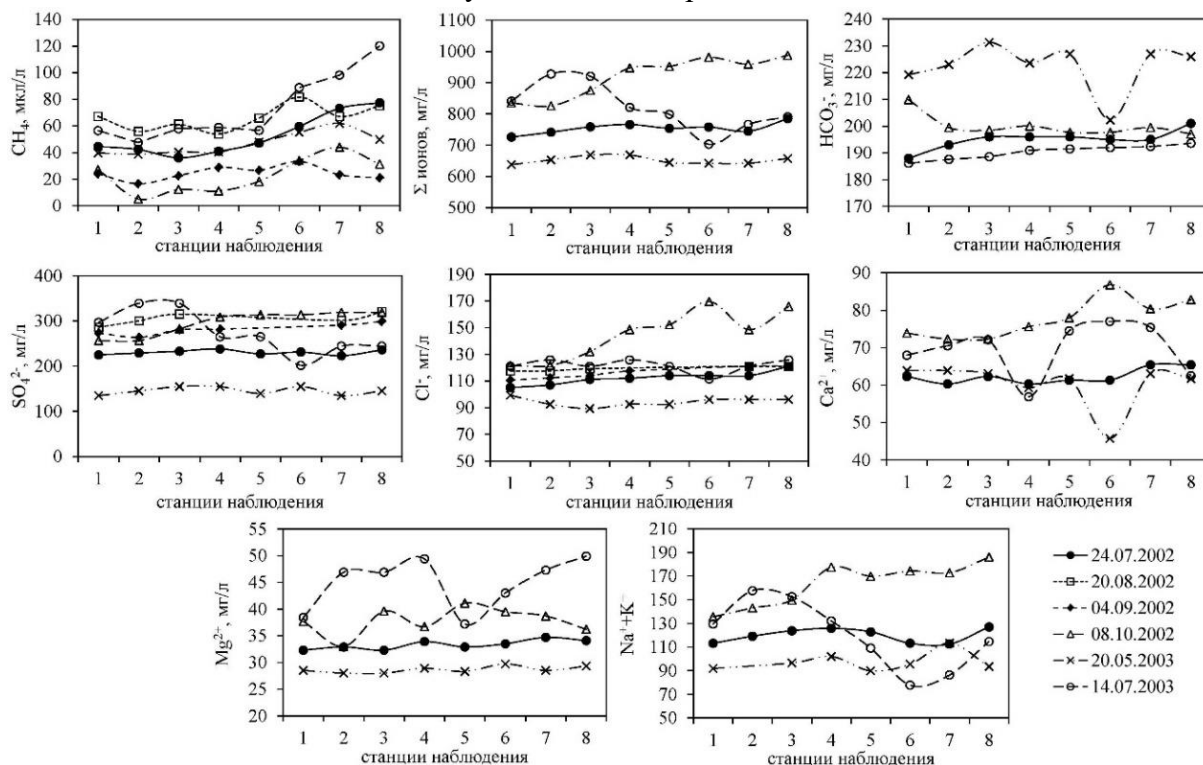
На настоящий момент известно [2, 18], что в естественных условиях основным фактором, контролирующим распределение  $\text{CH}_4$  в реках, является скорость течения, определяющая характер механической миграции органического вещества (вынос, транспортировка, аккумуляция), и, как следствие, тип донных отложений. Наибольшей способностью концентрировать органические вещества, взвеси и химические элементы обладают мелкоалевритовые и глинистые илы, отлагающиеся на участках со спокойным гидродинамическим режимом. Седиментация значительного количества взвешенных веществ на дно, а вместе с этим и повышенное накопление органического вещества на таких участках ведет к снижению содержания кислорода в воде, к ухудшению условий аэрации осадков и образованию в них восстановительной обстановки. Всё это оказывает благоприятное воздействие на активизацию роста и дальнейшее развитие анаэробных микроорганизмов, в том числе, и метаногенного сообщества.

В воде рек содержание  $\text{CH}_4$  обычно возрастает по направлению к устью. При этом данную тенденцию ослабляет или полностью нивелирует влияние крупных поставщиков органических веществ, каковыми являются города, промышленные объекты или (и) загрязнённые притоки, в зоне воздействия которых четко фиксируется резкое повышение содержания  $\text{CH}_4$  в воде и донных осадках. Как показано в работе [2], из-за быстрого окисления и миграции в атмосферу  $\text{CH}_4$ , поступившего в водную толщу, распространение его на заметные расстояния от источников поступления (генерации) не происходит. Это свойство  $\text{CH}_4$  благоприятствует его использованию как индикатора антропогенного загрязнения и оконтуривания зон загрязнения органическими веществами [3, 18].

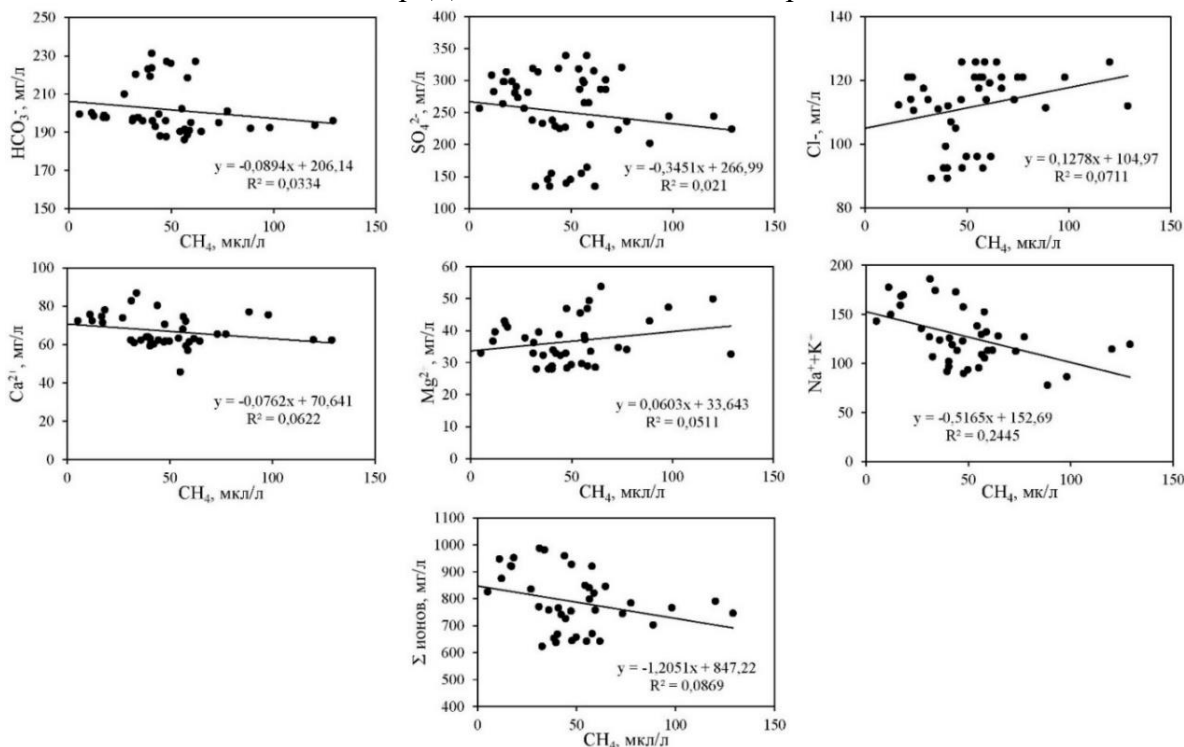
Максимальные концентрации  $\text{CH}_4$  в воде устьев рек обусловлены выносом рекой органических веществ и накоплением их в дельте, где обычно отлагаются донные отложения, сложенные более тонкозернистым материалом, по сравнению с вышерасположенными участками. Немаловажным фактором повышенных содержаний  $\text{CH}_4$  в устьях рек является и то, что, как правило, устьевые участки рек издавна наиболее плотно заселены, в связи с чем испытывают хроническое антропогенное воздействие.

Синхронное изучение сезонных изменений (июль, август, сентябрь и октябрь 2002 г., май и июль 2003 г.) катион-анионного состава вод нижнего течения реки Дон, концентраций  $\text{CH}_4$  и взвешенного вещества на восьми станциях, относительно равномерно распределенных по продольному профилю р. Дон «выше г. Аксай – ниже г. Азов», помимо отчетливого увеличения концентраций  $\text{CH}_4$  в дельте Дона (рис. 1), показало наличие относительно слабых отрицательных связей концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и в целом суммы ионов с концентрациями  $\text{CH}_4$  ( $r$  – коэффициент корреляции – составляет -0.25, -0.49, -0.18, -0.15 и -0.29, соответственно), а также слабых положительных связей концентраций ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$  с концентрациями  $\text{CH}_4$  ( $r$  – +0.23 и +0.27, соответственно) (рис. 2). Наличие слабой положительной корреляции между  $\text{CH}_4$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{Cl}^-$  может носить как случайный (вероятно, это больше относится к связи  $\text{CH}_4$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ), так и опосредованный характер, через наложение непараллельных процессов, контролирующих концентрации данных ионов и метана. Например, на фоне увеличения концентраций  $\text{CH}_4$  по направлению к устью реки Дон, связанного с выше обозначенными факторами, концентрация хлора как элемента, обладающего высокой растворимостью и слабо выраженной способностью к сорбции и потреблению живыми организмами, под влиянием естественных (выщелачивание из горных пород и почв) и антропогенных факторов (поступление в реку в составе свалочных, коммунальных и промышленных сточных вод, в результате смыва удобрений и соли, применяемой для растворе-

ния льда на дорогах и др.), также в целом увеличивается (см. рис. 1), что и обуславливает наличие положительной связи между метаном и хлоридными ионами.

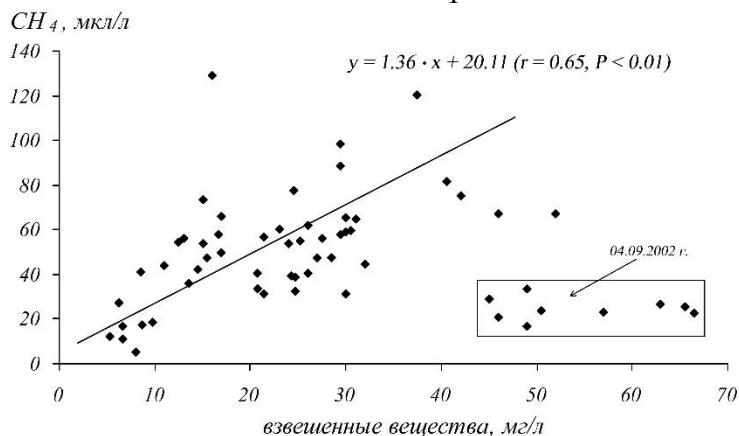


**Рис. 1.** Сезонные изменения концентраций метана и основных ионов в нижнем течении реки Дон по продольному профилю «выше г. Аксай – ниже г. Азов»: станция 1 – р. Дон, выше г. Аксай; ст. 2 – р. Дон, водозабор г. Ростова-на-Дону; ст. 3 – р. Дон, 0.5 км ниже впадения р. Темерник; ст. 4 – р. Дон, 0.5 км ниже сброса ПУ "Водоканал"; 5 – р. Дон, 0.5 км ниже х. Колузаево; 6 – рук. Большая Каланча, х. Дугино; 7 – р. Дон, выше г. Азов, водозабор; 8 – р. Дон, ниже г. Азов, водосброс.



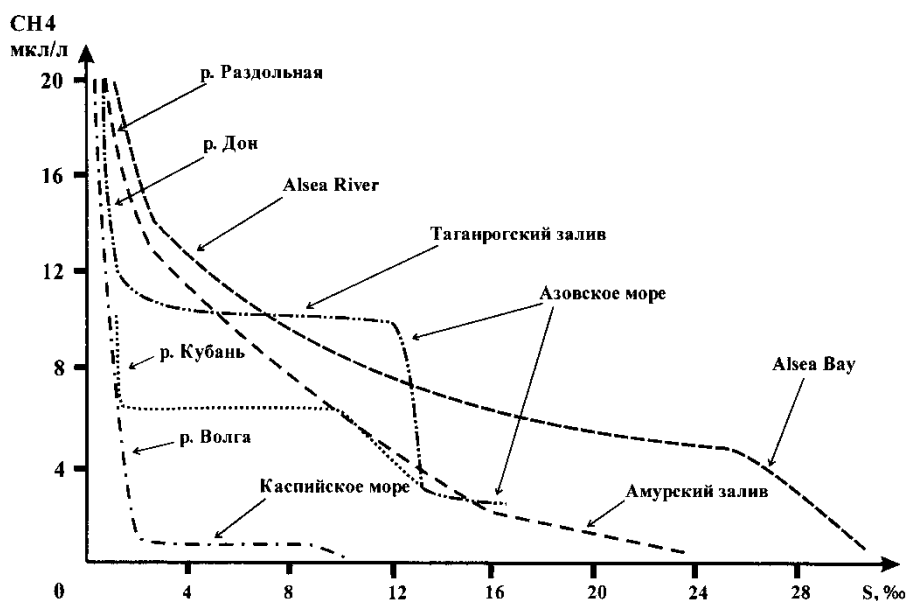
**Рис. 2.** Зависимости, построенные по результатам сезонных наблюдений за изменениями концентраций метана и основных ионов в нижнем течении реки Дон по продольному профилю «выше г. Аксай – ниже г. Азов».

Более значимая положительная связь при проведении данных исследований ( $r = +0.65$ ) отмечалась между концентрациями в воде метана и взвешенных веществ (рис. 3). Эта связь, вероятно, обусловлена тем, что внутри взвешенных веществ создаются анаэробные микрзоны [29] вокруг, так называемых «hot spots» или "горячих точек" [26], в которых идут процессы метаногенеза. По нашим данным [4], полученным при проведении мезокосменного эксперимента на эвтрофном рыбоводном пруду, вклад метаногенеза, протекающего во взвешенных в воде частицах, в том числе включая фекальные пеллеты зоопланктона, в формирование уровня содержания метана в воде составляет 25–30%. Остальная доля приходится на образование газа в донных отложениях, откуда он затем мигрирует в воду. Анализ расположения точек на графике (см. рис. 3) показывает, что ряд точек, значительно отклоняющихся от аппроксимирующей эту зависимость прямой, характеризует содержания взвеси и метана в воде в начале сентября 2002 года. Относительно резкое снижение в воде в данный период концентраций метана при максимальных содержаниях взвешенного вещества могло быть обусловлено как изменением качественного состава взвешенного вещества (например, вследствие цветения «токсичных» сине-зеленых водорослей или роста доли минеральной компоненты взвеси), так и изменением физико-химических условий (например, снижением температуры воды с 22.5–23.5°C до 20.8–21.0°C в период с 20.08.02 г. по 04.09.02 г.



**Рис. 3.** Зависимость между концентрациями в воде взвешенных веществ и метана, построенная по результатам сезонных наблюдений в нижнем течении реки Дон по продольному профилю «выше г. Аксай – ниже г. Азов».

В зонах смешения «река – эстуарий → море» и «река – море (океан)» отмечается достаточно резкое падение концентрации  $\text{CH}_4$  [18]. Среди исследованных авторами зон смешения речных и морских вод можно выделить эстуарии рек Дон (Таганрогский залив Азовского моря), Кубань (Темрюкский залив Азовского моря), Раздольная (Амурский залив Японского моря), Северная Двина (Двинская губа Белого моря), район впадения реки Волга в Каспийское море [3, 5, 19, 20, 23]. Согласно результатам проведенных исследований, в Азовском море в зоне смешения пресных вод реки Дон с солоноватыми водами Таганрогского залива в интервале солёности 1–2‰ наблюдается так называемый «метановый барьер» [18, 20], характеризующийся достаточно резким снижением концентрации  $\text{CH}_4$  (с 78.0 до 12.0 мкл/л, в среднем в 2.5 раза), после чего по направлению к устью залива его концентрации уменьшаются более плавно (в 1.1–1.3 раза) (рис. 4). На выходе из устья Таганрогского залива в открытую акваторию Азовского моря, обычно при солёности около 12‰, отмечается второй «метановый барьер», на котором концентрации  $\text{CH}_4$  в водной толще снова резко снижаются (с 12.0 до 3.0–4.0 мкл/л, в среднем в 2.8 раза).



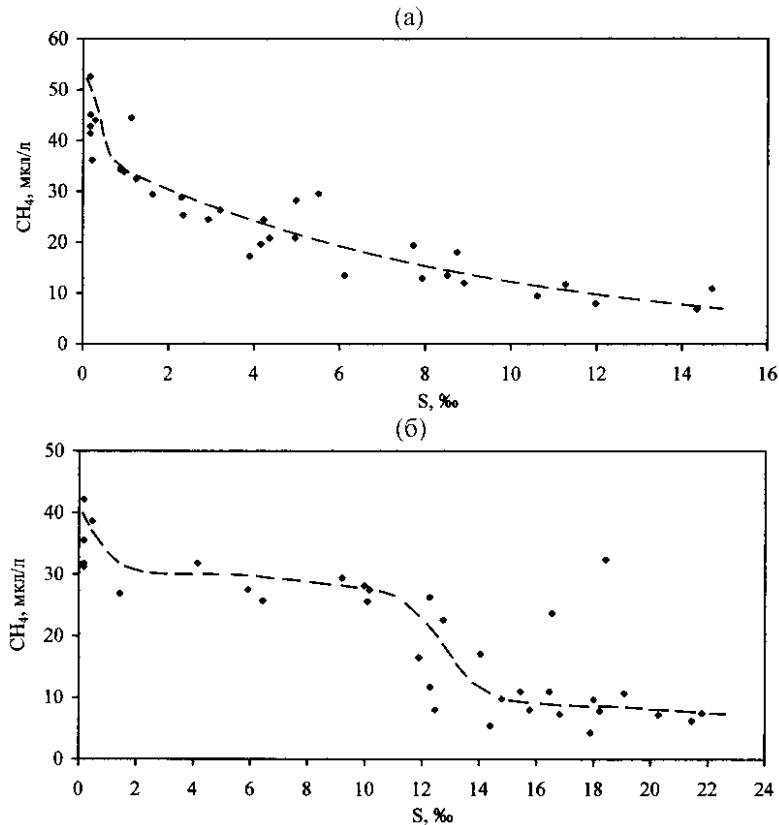
**Рис. 4.** Изменение содержания метана в воде зон смешения «река – эстуарий – море» при увеличении солёности (по [18]).

В Темрюкском заливе, который является зоной смешения вод р. Кубань с водами Азовского моря, первое резкое снижение содержания CH<sub>4</sub> (с 17.1–21.0 до 7.2–7.9 мкл/л) зафиксировано при значении солёности 2‰. Второе резкое снижение концентраций CH<sub>4</sub> наблюдалось при солёности 9‰. Для зоны смешения вод р. Волга (рукав Бахтемир) и Каспийского моря в интервале величины солёности 1–2‰ фиксируется первый «метановый барьер», выражающийся в уменьшении содержания CH<sub>4</sub> с 17.6 мкл/л до 1.8 мкл/л. Второй менее выраженный спад (более чем в 2 раза) обнаруживается при солёности 9‰.

Зона смешения вод р. Раздольная с водами Амурского залива Японского моря характеризуется более плавным снижением концентрации CH<sub>4</sub> с 20.0–22.5 мкл/л до 2.0–0.2 мкл/л по мере увеличения солёности [8]. При этом первый «метановый барьер» прослеживался при солёности 1–2‰, второй – 16‰. Аналогичная закономерность выявлена американскими исследователями для рек Потомак и Элси [25, 30]. В этих эстуариях в воде выявлено резкое падение концентрации CH<sub>4</sub> в зоне смешения при солёности 1–4‰. В зонах переходных от эстуарных к морским водам, при солёности характерной для каждого водного объекта (см. рис. 4), выявлен второй, менее выраженный метановый барьер.

В зоне смешения пресных речных вод р. Северная Двина и солоноватых вод Двинской губы Белого моря, верхняя граница которой проходит глубоко в дельте и смещается в зависимости от фазы приливно-отливного цикла, нагонных явлений, уровня моря и расхода воды в реке [5], также наблюдается снижение содержания CH<sub>4</sub> по мере возрастания солёности (рис. 5). При этом, как показано на примере протоки Маймакса, первый спад содержания CH<sub>4</sub> как в поверхностном, так и в придонном слое фиксируется в интервале солёности 1–2‰, второй – при солёности 12–14‰ – отмечен только в придонном горизонте, в то время как в поверхностном слое снижение концентраций CH<sub>4</sub> в этом интервале солёности происходит более плавно. В отличие от рассмотренных выше безприливных зон смешения (р. Дон – Азовское море, р. Кубань – Азовское море, р. Волга – Каспийское море) в р. Северная Двина первый спад выражен слабее, а второй намного сильнее (для придонного слоя). Это может быть объяснено тем, что в Северной Двине в результате мощного влияния приливно-отливных явлений взаимодействие речных и морских вод начинается не в пределах устьево-

го взморья, а глубоко в дельте реки в узких пространствах русел рукавов и протоков. И, как следствие, в интервале солености 1–2‰ не происходит такого резкого снижения концентрации  $\text{CH}_4$  в результате разбавления морскими водами, как в условиях широких пространств устьевого взморья рек Дон, Кубань и Волга. Более выраженный второй спад при солености 12–14‰ и обусловлен поступлением вод из протоки Маймакса в широкое русло Корабельного устья.



**Рис. 5.** Распределение содержания метана в поверхностном (а) и придонном (б) слоях воды в зависимости от солености в зоне смешения «р. Северная Двина – Двинская губа Белого моря» [5].

В целом характер изменения содержания  $\text{CH}_4$  при возрастании солености в зонах смешения «река – море» (уменьшение по экспоненте) указывает на то, что данное явление обусловлено не только разбавлением речного стока морскими водами, но и снижением интенсивности продуцирования  $\text{CH}_4$  в верхнем горизонте донных отложений морей и зон смешения, что выражается в уменьшении концентраций  $\text{CH}_4$  в этом слое [2, 6, 8, 10, 12, 18]. Последнее может быть обусловлено рядом причин.

Во-первых, в зонах смешения река – море происходит переход от пресноводной структуры зональности микробиологических процессов в донных осадках к морской, характеризующейся более мощной зоной сульфатредукции, отделяющей ниже расположенную зону метангенерации от поверхности дна. То есть увеличение солености и, как следствие, содержания сульфатных ионов в водах зон смешения, приводит к расширению зоны сульфатредукции, вследствие проникновения сульфатов на большую глубину донных отложений. В таких условиях преимущество в конкурентной борьбе за обладание питательными субстратами (ацетат, формиат и молекулярный водород) имеют сульфатредукторы, поскольку осуществляют термодинамически более выгодный процесс, чем метаногены [18, 28, 31]. При исчерпании сульфатов на некоторой глубине, процесс сульфатредукции замед-

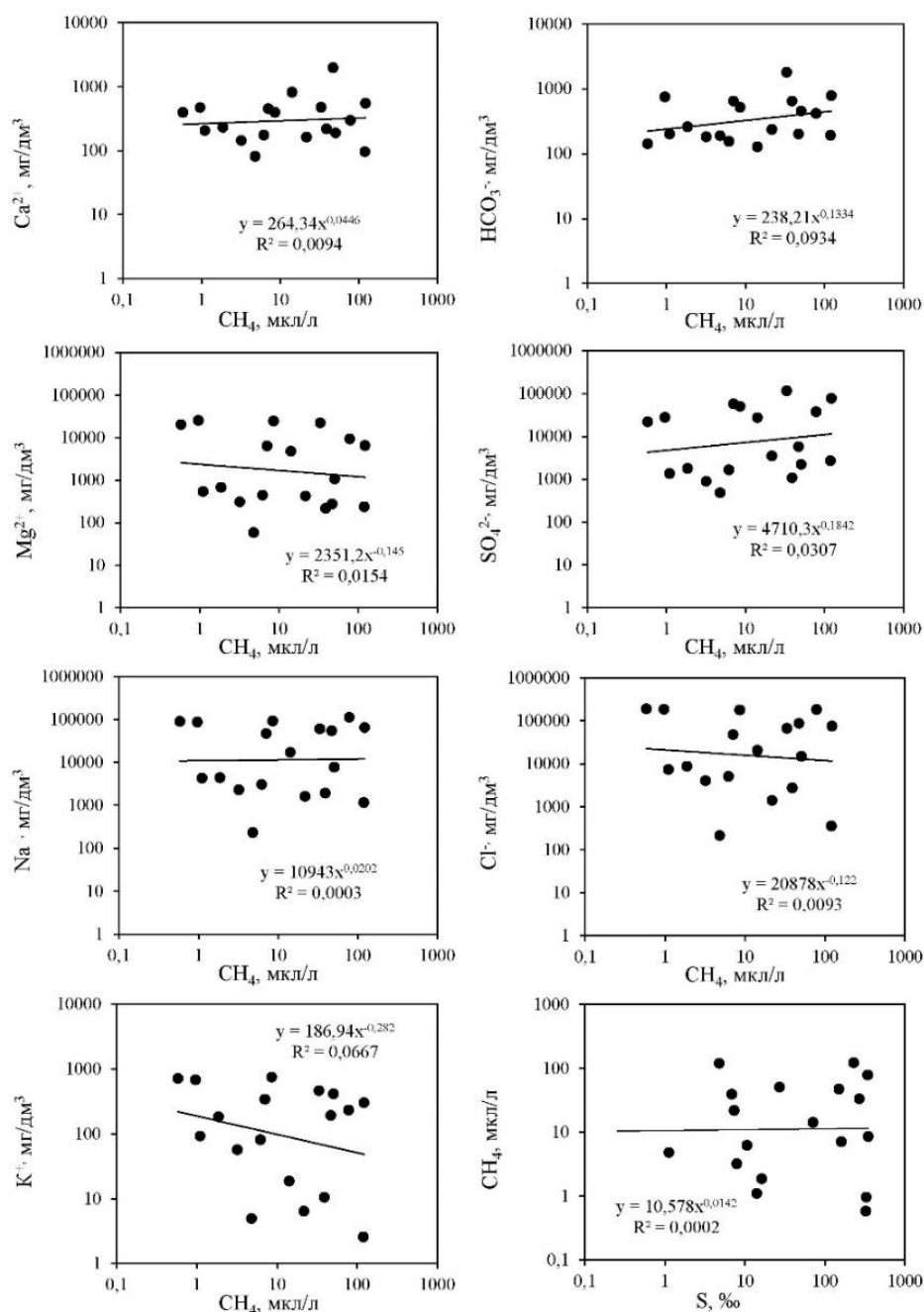
ляется и активизируется процесс метаногенеза. При этом диффундируя через мощную зону сульфатредукции, значительная часть  $\text{CH}_4$  сначала анаэробно окисляется, а затем аэробно – в верхнем слое донных отложений [7, 9, 18], что может существенно снижать объемы его поступления в водную толщу, и, как следствие, уменьшать его концентрации в ней.

Во-вторых, эстуарные участки (зоны смешения река – море) являются мощными геохимическими барьерами. При превращении речной воды в морскую основной качественный скачок осуществляется в диапазоне солёности от 1 до 2‰ [1], при этом, помимо изменения соотношения между компонентами основного солевого состава и ионной силы раствора, наблюдаются изменения температурного и кислородного режима воды, кислотно-щелочных условий, количество пелитовых частиц во взвеси уменьшается втрое, происходит осаждение значительных количеств металлов [11, 21, 22, 24 и др.], уменьшается количество питательных биогенных солей, происходит снижение численности бактериопланктона, количества сапрофитных бактерий и интенсивности фотосинтеза, отмечается резкое уменьшение РОВ и ВОВ [1]. Важную роль играют увеличение глубин и удалённость от берегов, в результате чего в донные отложения участков, удаленных от зон смешения и прибрежной зоны (основная зона развития фитопланктона), поступает более минерализованное органическое вещество, что делает его менее доступным для микроорганизмов, в том числе, метанобразующих архей.

По данным экспедиционных исследований, проведенных на водных объектах юга ЕТР [14–16, 27], характеризующихся различной минерализацией (от менее 0.3 до 347.1 г/дм<sup>3</sup>) и степенью антропогенной нагрузки (Азовское море, его лиманы и заливы (5 станций), высокоминерализованные озера (11 станций), водотоки (2 станции)), построены зависимости (рис. 6), показывающие отсутствие достоверных связей между концентрациями метана и основными ионами в воде (для концентраций  $\text{CH}_4$  и ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и солёности –  $r$  варьирует от -0.18 до +0.1, при  $P > 0.05$ ) или наличие слабых достоверных связей (для концентраций  $\text{CH}_4$  и ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$  –  $r$  составляет -0.26 и +0.31, соответственно, при  $P < 0.05$ ). При этом, наличие достоверной положительной связи между концентрациями  $\text{CH}_4$  и гидрокарбонат-иона ( $\text{HCO}_3^-$ ) может быть теоретически объяснено взаимосвязью процессов формирования этих компонентов химического состава вод в ходе интенсивного разложения остатков органических веществ. Так, накопление гидрокарбонат-иона в воде часто обязано растворению  $\text{CO}_2$  – продукта минерализации растительных остатков в почвах, воде и донных отложениях. В свою очередь  $\text{CH}_4$  также является продуктом разложения органического вещества в анаэробных условиях донных отложений и водной толщи, причем для метаногенов  $\text{CO}_2$  является одним из основных (универсальных) питательных субстратов [18].

На основе рассмотренного материала можно сделать вывод, что влияние ионного состава и солёности (минерализации) вод на концентрации метана не является определяющим фактором. Основным фактором выступает интенсивность продукционно-деструкционных процессов, контролирующая содержание органического вещества и окислительно-восстановительные условия в водных объектах, а также гидрологические и морфометрические параметры водного объекта, определяющие распределение литологических типов донных отложений. Наличие в большом количестве солей, в том числе, сульфатов в высокоминерализованных водоемах, при повышенных концентрациях лабильного органического вещества в их водной толще и грязевых отложениях не препятствует одновременному активному протеканию процессов метаногенеза и сульфатредукции, вследствие снижения конкуренции за питательные субстраты между сульфатредукторами и метаногенами [14–16, 27].





**Рис. 6.** Зависимости между соленостью, концентрациями ионов и метаном в водной толще водных объектов юга ЕТР.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 19-05-00770 (разработка концепции, построение и анализ регрессионных моделей) и № 19-05-50097 (изучение влияния солености и ионного состава на тесноту связи содержания метана с физико-химическими параметрами).*

#### Список литературы

1. Артемьев В. Е. Геохимия органического вещества в системе «река – море». – Москва: Наука, 1993. 204 с.
2. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А. Метан в устьевой области реки Дон. – Ростов-на-Дону – Москва: ЗАО «Ростиздат», 2010. 181 с.

3. Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А., Тамбиева Н. С. Метан как индикатор условий раннего диагенеза и экологического состояния водных экосистем // Изв. Вузов. Сев.-Кав. регион. Серия Естеств. науки. 2013. № 6. С. 78-82.
4. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Князева Т. В. Натурное моделирование загрязнения пресного водоема кадмием // Водные ресурсы. 2018б. Т. 45, № 5. С. 514-525.
5. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Хромов М. И. Метан в воде и донных отложениях устьевой области Северной Двины (Белое море) // Океанология. 2010. Т. 50, № 4. С. 534-547.
6. Дзюбан А. Н. Численность бактерий и микробиологические процессы в воде Тугурского залива Охотского моря // Микробиология. 2003. Т. 72, № 3. С. 419-426.
7. Егоров А. В. Биогеохимия метана в осадках Балтийского и Черного морей: кинетические модели диагенеза // Океанология. 2000. Т. 40, № 5. С. 690-696.
8. Лапин И. А., Аникеев В. В., Винников Ю. Я. и др. Биогеохимические аспекты поведения растворенного органического вещества в эстуарии реки Раздольная – Амурский залив Японского моря // Океанология. 1990. Т. 30, Вып. 2. С. 234–240.
9. Леин А. Ю., Иванов М. В. Биогеохимический цикл метана в океане / Отв. ред. А. П. Лисицын. – Москва: Наука, 2009. 576 с.
10. Леин А. Ю., Русанов И. И., Саввичев А. С. и др. Биогеохимические процессы циклов серы и углерода в Карском море // Геохимия. 1996. № 11. С. 1027-1044.
11. Лисицын А. П. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море // Актуальные проблемы океанологии / Под. ред. Н. П. Лаврова. Москва: Наука, 2003. С. 503-556.
12. Намсараев Б. Б., Русанов И. И., Мицкевич И. Н. и др. Бактериальное окисление метана в эстуарии реки Енисей и Карском море // Океанология. 1995. Т. 35, № 1. С. 88-93.
13. Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н. Закономерности распределения и образования метана в водных экосистемах // Метеоспектр. 2007. № 4. С. 249-251.
14. Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Доценко И. В., Афанасьев К. А. Метан и сероводород в лечебных сульфидных глинах (на примере озера Большой Тамбукан) // Изв. Вузов. Сев.-Кав. регион. Серия Естеств. науки. 2014. №3. С. 102-109.
15. Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Потапов Е. Г., Трубник Р. Г. Газовый состав пеллоидов Таманского полуострова // Курортная медицина. 2017. № 3. С. 26-33.
16. Фёдоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Трубник Р. Г. Сопряженные циклы метана и сероводорода в лечебных глинах водоемов бассейнов Азовского и Каспийского морей // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №09(63). Часть 2. Сентябрь. С. 17-21.
17. Фёдоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н. Глобальные вариации концентраций метана в водных экосистемах // Тез. докл. XV Межд. шк. морской геологии. Т. I. – Москва, 2003. С. 344-345.
18. Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О. Метан в водных экосистемах. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону – Москва: ЗАО «Ростиздат», 2007. 330 с.
19. Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Хорошевская В. О. Распределение содержания метана в воде по профилю "р. Дон – Азовское море – Чёрное море – пролив Босфор – бухта Золотой Рог – Мраморное море – Средиземное море" // Межвуз. сб. науч. тр.: «Безопасность

жизнедеятельности. Охрана окружающей среды». – Ростов-на-Дону: РГАСМ, 1999. В. 2. С. 29-34.

20. Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Хорошевская В. О. Теоретические аспекты формирования метанового барьера в зоне смешения «река – эстуарий – море» // Межвуз. сб. науч. тр.: «Безопасность жизнедеятельности. Охрана окружающей среды». – Ростов-на-Дону: РГАСМ, 1998. В. 2. С. 82-84.

21. Хованский А. Д., Митропольский А. Ю., Усенко В. П. Особенности формирования барьеров в аквальных системах. – Киев, 1988. 51 с.

22. Хованский А. Д., Усенко В. П., Митропольский А. Ю. Ландшафтно-геохимическое районирование водных объектов системы «река – море». – Киев, 1986. 58 с.

23. Хорошевская В. О., Федоров Ю. А. Поведение содержания метана в зонах смешения «река-море» // Тез. Докл. XV Межд. шк. морской геологии. Т. II. – Москва, 2003. С. 211-212.

24. Хрусталев Ю. П. Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны. – Ленинград: Наука, 1989. 261 с.

25. Angelis M.A., Lilley M.D. Methane in surface waters of Oregon estuaries and rivers // *Limnol. Oceanogr.*, 1987. Vol. 32, № 3. P. 716-722.

26. Darling W.G., Gooddy D.C. The hydrogeochemistry of methane: Evidence from English groundwaters // *Chemical Geology*. 2006. Vol. 229. Issue 4. P. 293-312.

27. Fedorov Y.A., Gar'kusha D.N., Trubnik R.G., Morozova M.A. Sulfite-Reducing Clostridia and their Participation in Methane and Hydrogen Sulfide Formation in the Bottom Sediments of Water Objects and Streams of the ETR South // *Water Resources*. 2019. Vol. 46, № 1. P. S85-S93.

28. McCarty P.L. Energetics of organic matter degradation // *Water Pollution Microbiology* / Ed. Mitchell R. Wiley Interscience, 1972. P. 91.

29. Murphy E.M., Schramke J.A., Fredrickson J.K., Bledsoe H.W., Francis A.J., Sklarew D.S., Linehan J.C. The influence of microbial activity and sedimentary organic carbon on the isotope geochemistry of the Middendorf aquifer // *Water Resources Research*. 1992. 28, 723-740.

30. Swinnerton J.R., Linnenbom K.J., Cheek C.H. Distribution of methane and carbon monoxide between the atmosphere and natural water // *Environ. Sci. Technol.*, 1969. Vol. 3. P. 836-838.

31. Winfrey M.R., Zeikus I.G. Effect of sulphate on carbon and electron flow during microbial methanogenesis in freshwater sediments // *Appl. Environ. Microbiol.* 1977. Vol. 22, № 2. P. 275-281.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА  
ТЕРРИТОРИИ ОХРАНЯЕМОГО ЛАНДШАФТА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ  
«НИЖНЕВИШЕРСКИЙ»**

Гатина Е. Л.

Пермский государственный университет, 614990, г.Пермь, ул.Букирева, 15,  
e-mail: suslovael@mail.ru

**THE CURRENT STATE OF PROTECTED PLANT SPECIES IN THE TERRITORY OF  
THE PROTECTED LANDSCAPE OF REGIONAL SIGNIFICANCE  
"NIZHNEVISHERSKY"**

Gatina E.L.

**Аннотация.** Приведены данные о современном состоянии выявленных ценопопуляций охраняемых видов растений на территории охраняемого ландшафта регионального значения «Нижевишерский».

**Ключевые слова:** Красная книга, охраняемые виды растений, охраняемый ландшафт регионального значения «Нижевишерский».

**Abstract.** The data on the current state of the identified populations of protected plant species on the territory of the protected landscape of regional value "Nizhnevishersky" are presented.

**Keywords:** Red Book, protected plant species, protected landscape of regional value "Nizhnevishersky".

Охраняемые виды растений являются чувствительными индикаторами состояния окружающей среды. К охраняемым видам мы относим виды, внесенные в списки Красной книги Российской Федерации, Красной книги Пермского края и виды, включенные в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде [4]. Ценопопуляции таких видов требуют особого внимания к состоянию в природной среде, особенно там, где присутствует постоянная антропогенная нагрузка на экосистемы.

Особо охраняемая природная территория «Нижевишерский» создана в 1994 году. Решением Законодательного собрания Пермской области (№ 130 от 25.11.1994 г.) на территории трех государственных памятников природы «Гагаринское болото», Губдорско-Колывиновское болото», «Мосвинское болото» был создан заказник «Нижевишерский». Заказник выполняет функции сохранения типичного болотного ландшафта равнинной территории Красновишерского района [2]. С 2008 категория изменена на охраняемый ландшафт [1].

«Нижевишерский» расположен в районе среднетаежных пихтово-еловых лесов [5], которые характеризуются простым строением древостоя; кустарниковый ярус отсутствует или развит очень слабо; травяно-кустарничковый и моховой ярусы развиты достаточно хорошо. Широколиственно-лесные (неморальные) элементы представлены слабо. Из темнохвойных лесов преобладающими являются пихтово-еловые черничные, чернично-кисличные, кисличные и кислично-мелкопапоротниковые. Из сосновых лесов – сосняки лишайниковые и бруснично-лишайниковые [6]. Сосняки лишайниковые встречаются на сухих

песчаных местообитаниях. Почвы сухие и бедные минеральными веществами, что также приводит к ограниченности минерального питания. Сосняки лишайниковые состоят из чисто соснового древостоя с сомкнутостью крон 0,5-0,6. Подлесок отсутствует. Напочвенный покров представлен в основном видами рода кладония (*Cladonia sp.*), цетрария исландская (*Cetraria islandica*) и др., достигая 70-80% проективного покрытия [6].

Болотные массивы встречаются на всей территории равнинной части Пермского края, но наибольшие площади болот приходятся на район среднетаежных елово-пихтовых лесов. Наибольшие площади в районе средней тайги приходятся на верховые болота. Верховые болота покрыты очень разреженным (сомкнутость крон 0,1–0,2) древостоем с довольно многочисленными сухими деревьями. В травянисто-кустарничковом ярусе багульник болотный (*Ledum palustre*), подбел обыкновенный (*Andromeda polyfolia*), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), морощка (*Rubus chamaemorus*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris*) и др. В мохово-лишайниковом покрове господствуют виды рода (*Sphagnum sp.*) [6]. В «Нижневишерском» распространены пихтово-еловые леса черничные, чернично-кисличные, сосняки лишайниковые и бруснично-лишайниковые, смешанные леса, верховые болота [3].

В настоящее время на территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский» ведется добыча нефти. ООО «Лукойл-Пермь» разрабатывает Озерное, Гагаринское, Маговское месторождения. С каждым годом увеличивается рекреационная нагрузка на охраняемую территорию вследствие доступности для рекреантов (вытаптывание, замусоривание территории, проезд вне существующих дорог, разведение костров).

#### **Материал и методика.**

Выявление ценопопуляций охраняемых видов растений проводилось в период 2005-2020 гг.

Обследование проводилось маршрутным методом с выделением и детальным описанием участков биотопов по общепринятым методам полевого описания растительности.

Всего выявлено 11 охраняемых видов растений, из которых 2 вида занесены в Красную книгу Пермского края:

1. кувшинка четырехгранная (*Nymphaea tetragona*), 1 местообитание;
2. кубышка малая (*Nuphar pumila*), 1 местообитание.

Остальные включены в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде [4]:

3. любка двулистная (*Platanthera bifolia*), 10 местообитаний
4. дремлик широколистный (*Epipactis helleborine*), 5 местообитаний
5. пальчатокоренник мясо-красный (*Dactylorhiza incarnata*), 2 местообитания
6. пальчатокоренник болотолюбивый (*Dactylorhiza elodes*), 1 местообитание;
7. хаммарбия болотная (*Hammarbya paludosa*) 2 местообитания
8. мякотница однолистная (*Malaxis monophyllos*), 1 местообитание.
9. гудайера ползучая (*Goodyera repens*), 1 местообитание;
10. прострел раскрытый (*Pulsatilla patens*) 3 местообитания;
11. мытник скипетровидный (*Pedicularis sceptrum-carolinum*), 1 местообитание.

#### **Результаты и обсуждение.**

**1. Кувшинка четырехгранная – *Nymphaea tetragona* Georgi**, семейство Кувшинковые – *Nymphaeaceae*. Статус III категория редкости.

Вид взят под охрану в 33 регионах Российской Федерации [4].

*Распространение.* Редкое растение Урала и Приуралья. Встречается в центральной и северной частях Пермского края, в Гайнском, Косинском, Кочевском, Оханском и Усольском районах [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский» локальная популяция кувшинки четырехгранной отмечена в озере Нюхти. Особи охраняемого вида проходят полный жизненный цикл развития, цветут и плодоносят, не имеют признаков угнетенности (нормальный размер листьев без признаков повреждения). Состояние локальной популяции стабильное.

**2. Кубышка малая – *Nuphar pumila* Timm. DC** семейство Кувшинковые – *Nymphaeaceae*. Статус III категория редкости.

Вид взят под охрану в 33 регионах Российской Федерации [4].

*Распространение.* Редкое растение Урала и Приуралья. Растет в северной части Пермского края, в Гайнском, Кочевском и Красновишерском районах, в XIX в. отмечался в Чердынском и Оханском районах [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский» локальная популяция кубышки малой произрастает в озере Нюхти. Особи охраняемого вида проходят полный жизненный цикл развития, цветут и плодоносят, не имеют признаков угнетенности (нормальный размер листьев без признаков повреждения). Численность ценопопуляции составляет в разные годы от 150 до 300 особей. Состояние локальной популяции стабильное.

**3. Любка двулистная – *Platanthera bifolia* (L.) Rich.**, семейство Орхидные – *Orchidaceae* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

*Распространение.* Умеренная зона Евразии от Западной Европы до Восточной Сибири. Встречается от Южного до Приполярного Урала, но чаще на юге Среднего Урала.

Нами отмечено 11 ценопопуляций, расположенных на территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский». Вид отмечен как в естественных растительных сообществах (заболоченные сосняки багульниковые, смешанные леса черничные и др.), так и на нарушенных местообитаниях, сформировавшихся в результате развития инфраструктуры нефтяных месторождений (строительство дорог, трубопроводов, отсыпка площадок скважин).

Ценопопуляции насчитывают от 1-2 до 500 особей. В случае выявления единичных особей состояние локальных популяций нестабильное. В остальных случаях состояние локальных популяций стабильное.

**4. Дремлик широколистный – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz**, семейство Орхидные – *Orchidaceae* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

*Распространение.* Умеренная зона Евразии, как заносный вид отмечен в Северной Америке. Довольно часто встречается на Южном, Среднем и Северном Урале.

На территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский» отмечено 5 ценопопуляций охраняемого вида. Отмечен как в естественных растительных сообществах (заболоченные сосняки багульниковые, смешанные леса черничные и др.), так и на нарушенных местообитаниях, сформировавшихся в результате развития инфраструктуры нефтяных месторождений (строительство дорог, трубопроводов, отсыпка площадок скважин). Состояние локальных популяций стабильное.

**5. Пальчатокоренник мясо-красный (*Dactylorhiza incarnata*) (L.) Soo.**, семейство Орхидные – *Orchidacea* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

Занесен в Красные книги 27 регионов России, в том числе в Красные книги Республики Коми и Свердловской области.

*Распространение.* Встречается нередко на территории большинства районов Пермского края (кроме горной части); в результате антропогенного воздействия отмечена тенденция к сокращению числа особей [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский» отмечено 2 малочисленных ценопопуляции охраняемого вида на нарушенных местообитаниях, сформировавшихся в результате развития инфраструктуры нефтяных месторождений (в придорожных сообществах у дорог и кустов скважин). Состояние локальных популяций уязвимое.

**6. Пальчатокоренник болотолюбивый – *Dactylorhiza elodes* (Griseb.) Aver.**, семейство Орхидные – *Orchidacea* Juss.. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

В других регионах не охраняется.

*Распространение.* Отмечен на северо-западе края. Растет на сфагновых болотах [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский» отмечена 1 малочисленная ценопопуляция охраняемого вида на верховом болоте. Состояние локальной популяции уязвимое.

**7. Хаммарбия болотная – *Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze (*Malaxis paludosa* (L.) Sw.)**, семейство Орхидные – *Orchidacea* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

Занесена в Красные книги 39 регионов России.

*Распространение.* Растет на верховых сфагновых болотах; очень редко по северу края [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский» отмечено 2 малочисленных ценопопуляции охраняемого вида: на верховом болоте и на нарушенном местообитании, сформировавшемся в результате развития инфраструктуры нефтяных месторождений. Состояние локальных популяций уязвимое.

**8. Мякотница однолистная – *Malaxis monophyllos* (L.) Sw.**, семейство Орхидные – *Orchidacea* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде

Охраняется в 34 регионах России.

*Распространение.* Вид распространен в умеренной зоне Северного полушария, в России относится к числу редких видов с малочисленными популяциями. В Пермском крае распространена на большей части территории (кроме горных районов) [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский» отмечена 1 малочисленная ценопопуляция охраняемого вида в заболоченном березово-сосновом лесу. Состояние локальной популяции уязвимое.

**9. Гудайера ползучая – *Goodyera repens* (L.) R. Br.**, семейство Орхидные – *Orchidacea* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

*Распространение.* Почти повсеместно в северном полушарии в районах с холодным и умеренным климатом. В России – в лесном поясе европейской части (преимущественно в нечерноземных районах), в Сибири и на Дальнем Востоке [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский» отмечена 1 ценопопуляция охраняемого вида, численностью 8 особей в генеративном состоянии. Состояние локальных популяций уязвимое.

**10. Прострел раскрытый – *Pulsatilla patens* (L.) Mill.**, семейство Лютиковые – *Ranunculaceae* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

*Распространение.* В пределах Пермской и Свердловской области распространение вида ограничено Предуральем, наиболее восточное местонахождение у пос. Кын на р. Чусовой [4].

На территории охраняемого ландшафта «Нижевишерский» отмечено 3 ценопопуляции охраняемого вида, численностью от 50 до 600 особей. Вид встречается в сосняках лишайниковых. Состояние локальных популяций стабильное.

**11. Мытник скипетровидный – *Pedicularis sceptrum-carolinum* L.**, семейство Норичниковые – *Scrophulariaceae* Juss. Вид внесен в перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

Занесен в Красные книги 31 региона России.

*Распространение.* Вид со стабильно низкой численностью, произрастающий на болотах, в согах, сырых лесах почти по всему краю (кроме горных районов и Кунгурской лесостепи).

Вид отмечен на окраине болота в заболоченном березово–сосновом лесу. Локальная ценопопуляция насчитывает в разные годы от 16 до 25 особей в отцветшем состоянии. Состояние локальной популяции стабильное.

В результате проведенных исследований на охраняемого ландшафта «Нижевишерский» обнаружено 11 охраняемых видов растений, представленных 28 ценопопуляциями.

Состояние некоторых локальных популяций на исследованной территории стабильное. Малочисленные локальные популяции находятся в уязвимом состоянии. Некоторые охраняемые виды (дремлик широколистный, любка двулистная, хаммарбия болотная) заселяют свободные экологические ниши на вновь создаваемых местообитаниях при условии, что воздействие хозяйственной деятельности человека на этих участках сводится к минимуму.

В целях сохранения ценопопуляций охраняемых видов растений необходимо проведение следующих природоохранных мероприятий:

- 1) мониторинговые наблюдения за состоянием ценопопуляций,
- 2) обустройство особо охраняемой природной территории для упорядочения рекреационной нагрузки,
- 3) очистка территории от мусора,
- 4) запрет проезда автотранспорта вне существующих дорог,
- 5) запрет разведения костров,
- 6) предотвращение сбора растений на букеты.



## Список литературы

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С. А. Бузмакова. Пермь, Астер. 2017. 512с.
2. Бахарев П. Н., Ильиных С. И. ООПТ Красновишерского района: история, современное состояние и перспективы развития // Вестник ПГГПУ. Сер. № 2 Физико-математические и естественные науки. Биология. 2013. С.5-8.
3. Бузмаков, С. А. Ландшафтный заказник «Нижневишерский» / С. А. Бузмаков, Г. А. Воронов, С. А. Кулакова. Пермь. Изд-во «Мобиле», 2004. 61с.
4. Красная книга Пермского края, под общ. ред. М. А.Бакланова. Пермь, Алдари. 2018. 232с.
5. Овеснов, С. А. Ботанико-географическое районирование Пермской области / С. А. Овеснов // Вестн. Перм. ун-та. 2000. Вып. 2 Биология. С.13-21.
6. Овеснов, С. А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ / С. А. Овеснов. Пермь, 2009. 215с.
7. Особо охраняемые природные территории Пермской области: Реестр / Отв. Ред. С. А. Овеснов. Пермь: Книжный мир, 2002. 464 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО  
ТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОБУСОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ)**

О. М. Гоммерштадт

Аспирант кафедры рационального природопользования, МГУ, Москва

**PUBLIC TRANSPORT ENVIRONMENTAL IMPACT CHANGE AFTER THE START  
OF ELECTRIC BUSES WORK (EXAMPLE OF MOSCOW)**

O.M. Gommershtadt

PhD in environmental management, MSU, Moscow

Gommershtadt\_olga@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья рассматривает место электробусов в общей структуре наземного городского пассажирского транспорта Москвы. Были рассмотрены все маршруты электробусов, проанализированы даты их запуска, технические характеристики транспортных средств, а также ежедневный пробег для дальнейшего подсчета сэкономленных объемов электроэнергии. Рассматривались все маршруты в интервале с начала 2018 года по 1 сентября 2020. Одним из результатов исследования является определение района Москвы, где электробусный транспорт наиболее развит.

**Ключевые слова:** общественный транспорт, Москва, электробусы, экология.

**Abstract.** This article considers the place of electric buses in the whole structure of ground public transport of Moscow. All routes of electric buses were analyzed, the dates of its starts, technical features and daily route length were considered for further saved energy calculation. Electric buses started to work in Moscow in 2018, so the considered time period includes all the routes of electric buses that started their work since the beginning of 2018 to 01.09.2020. One of the results of the research was that the region with the biggest length of electric buses routes was determined.

**Keywords:** public transport, Moscow, electric buses, environmental study.

**Введение.** Москва, как столица и самый населенный город России, характеризуется самой обширной сетью наземного городского общественного транспорта в стране. Его структура усложняется с каждым годом, появляются все новые средства передвижения, активно строится метро и сопутствующие линии (например, МЦД и МЦК). Развитие проката велосипедов и самокатов, рост популярности каршеринга, создание сети перехватывающих парковок у станций метро и многое другое способствуют росту популярности городского транспорта в городе. Одним из нововведений последних лет по праву считается электробус – новый тип транспорта, характеризующийся отсутствием выбросов в атмосферу (в отличие от автобусов) и мобильностью (в отличие от троллейбусов и трамваев). Электробусы по большей части заменяют автобусы и троллейбусы на уже имеющихся маршрутах, чаще всего троллейбусы. Так, с 2017 года в Москве прекратили действие 54 троллейбусных маршрута, на данный момент в городе функционирует лишь один троллейбусный маршрут. Многие отмененные троллейбусные маршруты были в последствии переключены в электробусные. Так как и троллейбусы, и электробусы являются типами транспорта, не производя-

щими выбросов в атмосферу, для сравнения их влияния на экологическую обстановку можно проанализировать энергозатраты и сравнить друг с другом.

Таким образом, цель данной работы – оценка влияния электробусов на экологическую обстановку Москвы в случае замены троллейбусов электробусами. Среди задач можно выделить следующие:

1. Проанализировать все маршруты электробуса в Москве: выделить сроки действия, определить, какой вид транспорта он заменяет (если заменяет);
2. На основе открытых данных проанализировать длины маршрутов, средний ежедневный пробег по маршрутам электробусов и сравнить его с аналогичными показателями для троллейбусов, которые они заменили;
3. Посчитать объем сэкономленной электроэнергии
4. Проанализировать районы Москвы с целью определения района, на который приходится больше всего км маршрутов электробуса.

**Краткая история наземного общественного транспорта Москвы.** История развития наземного городского пассажирского транспорта в Москве насчитывает практически 250 лет. Официально датой создания общественного транспорта в городе принято считать 7 июля 1872 года, именно в этот день был запущен первый маршрут конной железной дороги [2]. После началось постепенное появление паровых трамваев и их запуск (1886 г.), а ближе к концу XIX в. были запущены первые электрические трамваи. Уже тогда общественный транспорт был популярным у населения, он отличался сравнительно небольшой стоимостью проезда, а также высокой скоростью – трамваи могли обгонять частные экипажи. Так к 1918 году протяженность трамвайных путей составляет 323 км. Через несколько лет появился первый городской автобусный маршрут – английские автобусы ходили от Каланчевской площади до площади Белорусского вокзала. Постепенно сеть автобусных маршрутов связала почти все вокзалы города, а также прилегающие районы. Также началось локальное нерегулируемое использование маршрутных такси, а к началу 30-х годов появились первые троллейбусные маршруты.

Послевоенные годы характеризуются пиком развития трамвайного транспорта – пути были построены и в новых районах массовой жилой застройки, включая Хорошево-Мневники, Тушино, Чертаново и прочие. Однако после трамваи уступили автобусам, активное развитие которых приходится на 50-60е годы. К 1980 году треть всех перевозок общественным транспортом в Москве приходилась на автобусы, и это с учетом бурного развития метрополитена [2].

К началу XXI века количество маршруток превышало общее количество автобусов в Москве. Так как маршрутные такси не отвечают требованиям безопасности и не являются перспективным видом общественного транспорта, была предпринята реформа системы пассажирских перевозок в 2015-2016 гг, когда маршрутные такси в старом понимании этого слова были окончательно упразднены в пределах города.

**Маршруты электробуса в Москве.** На сегодняшний день основным перевозчиком в Москве является ГУП «Мосгортранс», однако имеется и ряд коммерческих перевозчиков, таких как «Мострансавто», «Трансавтолиз» и прочие. Общее количество маршрутов наземного городского общественного транспорта достигает 1 тысячи. При этом электробусы за все время ходили на 38 маршрутах. Постепенно электробусы внедрялись в структуру наземного общественного транспорта, замещая автобусы и троллейбусы. Наиболее массовые замены случались в 2019 (в ГУП «Мосгортранс» поставили около 200 электро-

бусов), и 2020 году (в августе 2020 года все оставшиеся маршруты троллейбусов прекратили работу, часть из них была заменена электробусами). После проведения анализа открытых источников (официальные сайты Дептранса, МГТ и прочие) было выяснено, что на сегодняшний день в городе функционирует 14 маршрутов электробусов, которые заменили собой аналогичные маршруты троллейбусов. Основная информация о таких маршрутах представлена в таблице 1.

Таблица 1

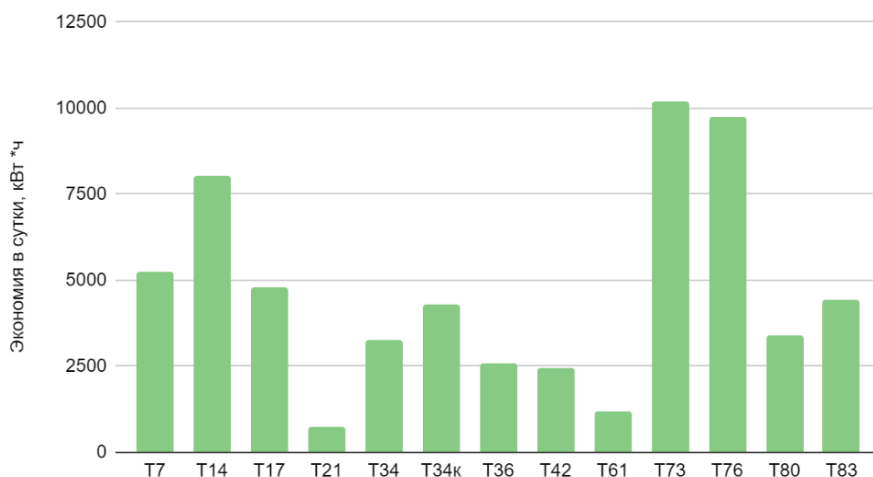
**Маршруты электробусов, заменяющие троллейбусы**

Э	Тб	Название	Начало действия	Дней в действии	
1	М4	М4	м. "Озерная" – м. "Октябрьская"	2020-08-25	7
2	Т7	7	м. "Парк Победы" – К/т "Ударник"	2019-09-21	346
3	Т14	14	Северянинский путепровод – Электrozаводский мост	2019-09-09	358
4	Т17	17	м. "Озерная" – Киевский вокзал	2019-05-18	472
5	Т21	21	Берег Москвы-реки – м. "Полежаевская"	2020-06-01	92
6	Т34	34	м. "Юго-Западная" – Киевский вокзал	2019-05-18	472
7	Т34к	34к	Ул. Кравченко – Киевский вокзал	2019-05-18	472
8	Т36	36	ВДНХ (южн.) – ДСК-1	2019-03-12	539
9	Т42	42	Рижский вокзал – м. "Петровский парк"	2019-09-09	358
10	Т61	61	Карамышевская наб. – Ст. Панфиловская	2020-07-25	38
11	Т73	73	6-й мкр. Бибирева – ВДНХ (южн.)	2018-09-01	731
12	Т76	76	Холмогорская ул. – м. "ВДНХ"	2019-07-15	414
13	Т80	80	6-й мкр. Бибирева – Осташковская ул.	2019-05-08	482
14	Т83	83	Уссурийская ул. – м. "Преображенская пл."	2019-08-01	397

Далее для того, чтобы посчитать сэкономленную электроэнергию были собраны данные о расписании маршрутов электробусов и действующих ранее маршрутах троллейбусов, средней протяженности маршрута, количестве рейсов в сутки и длине трасс. Информация собиралась на официальных порталах МГТ и бралась из приложения «Московский транспорт».

Согласно источникам, среднее потребление электроэнергии троллейбусом на 1 км пути составляет 1,8 кВт\*ч/км [3, 4], для электробуса этот показатель равен 1,63 кВт\*ч/км [1]. Имея данные о количестве рейсов в сутки и днях действия, представляется возможным посчитать, сколько энергии было потрачено каждым типом транспорта и сколько в итоге было сэкономлено. Полученные показатели отображены на рисунке 1.

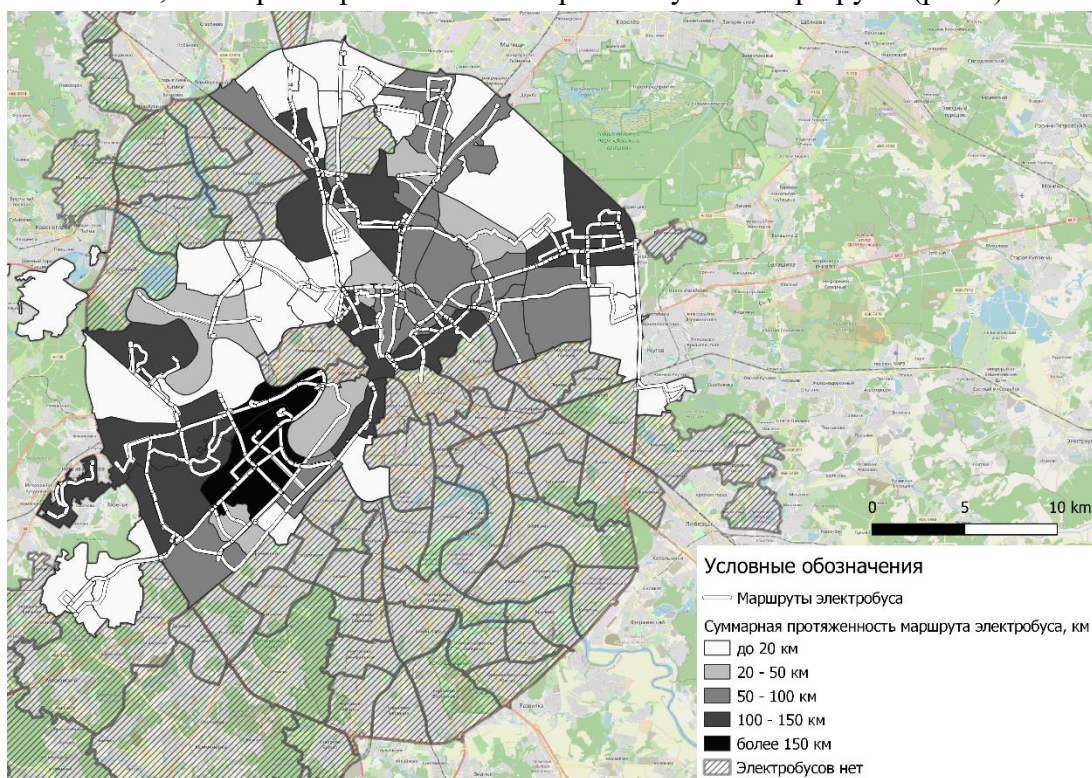
### Экономия в сутки



**Рис.1.** Экономия электроэнергии в сутки для выбранных маршрутов электробусов

Как можно заметить из таблицы, наибольшая экономия отмечается для маршрутов T73 и T76 (ранее троллейбусы 73 и 76), в то время как минимальная экономия отмечается для маршрута T21 (ранее троллейбус 21). Такая разница в экономии электроэнергии зависит от протяженности маршрута.

Электробусы в пространственной структуре НППТ Москвы. Как уже было сказано, маршруты электробуса часто заменяют троллейбусы. Потому районы города, ранее характеризующиеся развитой троллейбусной сетью, на данный момент будут иметь развитую сеть маршрутов электробуса. Наибольшей протяженностью характеризуются районы Дорогомилово и Раменки, в них ранее располагались троллейбусные маршруты (рис.2).



**Рис. 2.** Протяженность маршрутов электробуса по районам Москвы

**Заключение.** Таким образом, было определено, что замена троллейбусов на электробусы позволяет сэкономить значительные объемы энергии, если не учитывать стоимость обслуживания маршрутов и саму стоимость транспортных средств. Наибольшая экономия отмечается для маршрута Т73 (6-й мкр. Бибирева – ВДНХ), когда как минимальная экономия электроэнергии в сравнении с троллейбусом отмечается для маршрута Т21 (Берег Москвы-реки – м. «Полежаевская»). Среди районов Москвы можно выделить Раменки и Дорогомиловский как районы с максимальной протяженностью маршрутов электробуса. При этом стоит отметить, что на юге и юго-востоке города сеть маршрутов электробуса вовсе не развита. Такая же ситуация отмечается в Новой Москве, на начало сентября 2020 года там не проходят маршруты электробусов. В дальнейшем необходимо проведение исследований, направленных на отображение ситуации по изменению маршрутов электробуса в динамике.

#### Список литературы

1. Сколько реально потребляют электробусы. // Автоцентр.ua [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/skolko-realno-potrebyayut-elektrobusy-bespretседentное-issledovanie-1253218.html> (дата обращения: 11.09.2020).
2. Трехвековая история столичного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://moscowseasons.com/articles/trekhvekovaia-istoriia-stolichnogo-transporta/> (дата обращения: 02.10.2020).
3. Инструкция «Инструкция по нормированию расхода электроэнергии трамвайным и троллейбусным транспортом» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/57/57823/index.htm#i301135> (дата обращения: 11.09.2020).
4. Троллейбус СТ-6217 с длительным режимом автономного хода | МАП ГЭТ [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mapget.ru/technology/troll\\_ST6217/](http://www.mapget.ru/technology/troll_ST6217/) (дата обращения: 11.09.2020).

**РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДЕ И ВЗВЕСИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПО  
ДАНЫМ 4-Х ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Гордеев В. В., Стародымова Д. П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии  
им. П. П. Ширшова РАН

г.Москва

gordeev@ocean.ru, d.smokie@gmail.com

**RARE EARTH ELEMENTS IN WATER AND SUSPENDED MATTER OF THE  
SEVERNAYA DVINA RIVER ON A BASE OF DATA OF 4 YEARS INVESTIGATIONS**

Gordeev V.V., Starodymova D.P.

Shirshov Institute of Oceanology RAS

Moscow

**Аннотация.** Представлены результаты ежемесячных определений концентраций растворенных и взвешенных редкоземельных элементов (РЗЭ) в устьевой зоне реки Северная Двина в течение 4-х лет (2015-2018). Определения выполнялись в фильтрованной через ядерные фильтры воде и взвеси на фильтрах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Agilent 7500). Установлены сезонные вариации и средневзвешенные по стоку для каждого года и за все 4 года исследований концентрации всех 14 РЗЭ и определены годовые стоки всех РЗЭ в обеих формах.

**Ключевые слова:** Северная Двина, концентрации РЗЭ в воде и взвеси, годовые объемы стока РЗЭ в море.

**Abstract.** Results of every month determinations of REE in water and suspended matter of the mouth area of the Severnaya Dvina during 4 years (2015-2018) are presented. The determinations were carried out in filtrated water (nuclepore filters) and in suspended matter on filters by the mass-spectrometry with inductively coupled plasma (Agilent 7500). The seasonal variations and average-weighted on river discharge concentrations of all REE for every year and for all 4 years were established and annual REE fluxes to the White sea were calculated.

**Keywords:** Severnaya Dvina River, REE concentrations in water and suspended matter, annual REE fluxes in both forms to the sea.

Начиная с мая 2015г., нами совместно с сотрудниками Северо-Западного Отделения ИО РАН в г.Архангельске проводятся регулярные исследования химического состава стоков Северной Двины и их трансформации в зоне смешения река-море (маргинальный фильтр), чтобы получить информацию не только о сезонных вариациях и годовых стоках биогенных элементов, растворенных и взвешенных форм органического вещества, макро и микроэлементов, углеводов, но и о потерях этих веществ в зоне МФ, что позволит получить оценки реально достигающих открытых частей моря масс этих веществ (Программа «Обсерватория МФ Северной Двины»). Подобные исследования геохимии речного стока отвечают неоднократным указаниям нашего учителя, к большому сожалению недавно ушедшего от нас, академика РАН А. П.Лисицына о необходимости включать в работы дополнительно к 3-м координатам пространства 4-ую координату времени (4 D система) [7]. Настоящее сообщение посвящено пер-

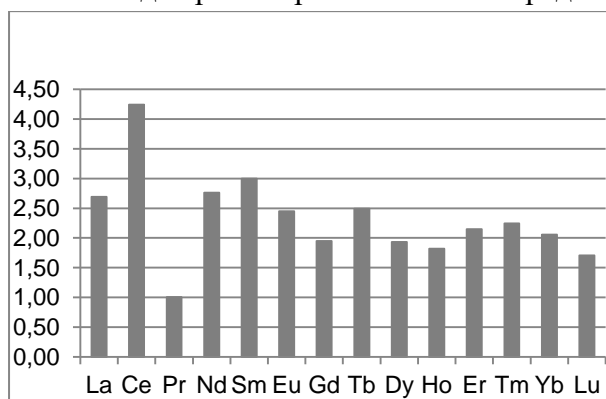
вому представлению результатов определения 14-ти редкоземельных элементов (РЗЭ) в воде и взвеси реки и оценкам их годовых стоков в море. К настоящему времени опубликовано несколько статей по итогам 1-й фазы программы (2015–2018) [1-4]. Пробы речной воды отбирались ежемесячно круглый год в двух точках – в черте города с причала яхт-клуба и в порту Экономия. Сразу после отбора воду фильтровали через ядерные фильтры с размером пор 0.4 мкм, фильтрат подкисляли азотной кислотой до pH 2. Отдельная аликвота пропусклась через стекловолкнистые фильтры GF/F для последующего определения  $C_{орг.}$  в растворе в фильтрате и во взвеси на фильтрах. Определения РЗЭ выполнялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Agilent 7500a) в лаборатории в Москве. Контроль надежности данных проводили с помощью канадского эталона речной воды SLRS-4 и китайских стандартов прибрежных донных отложений GSD-2 и GSD-6.

Таблица 1

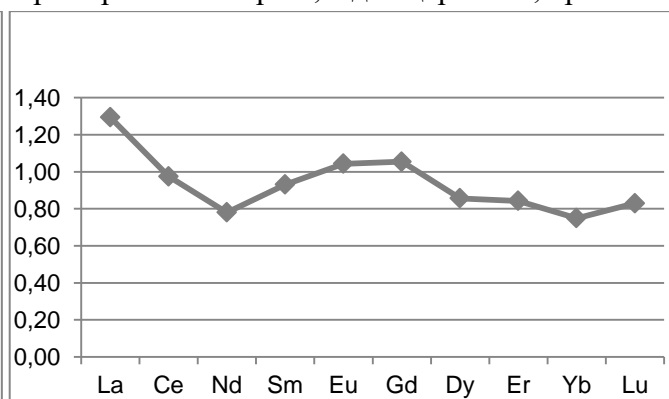
**Результаты четырехлетних определений РЗЭ в воде и взвеси Северной Двины.  
(Данные по содержанию РЗЭ во взвеси рек Мира взяты из работы [15].)**

	a	e	r	d	m	u	d	b	y	o	r	m	b	u
Растворенная форма, концентрации (нг/л)														
Сев. Двина	23	28	04	20	08	4	8	3.7	8	2.9	3	.4	5	.1
Реки мира	20	48	03	52	6	.8	0	.5	0	.1	0	.3	7	.4
Взвешенная форма, содержания (мкг/г)														
Сев. Двина, содержание во взвеси	4	5	.4	3.5	.4	.21	.4	.67	.0	.77	.3	.34	.0	.34
Реки мира, содержание во взвеси,	8	3.6	.9	2.5	.1	.29	.25	.82	.25	.88	.23	.38	.11	.35
Доля взвеси от суммы взвеш.+раств. Форм (%)	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>9</b>

Средневзвешенные по стоку концентрации РЗЭ представлены в таблице 1 и на рис.1. Из них следует, что концентрации растворенных в воде Северной Двины РЗЭ превышают типичные для рек Мира значения – в среднем примерно в 2-2.5 раза, а для церия в 4,2 раза.



**Рис. 1.** Отношения средневзвешенных концентраций растворенных РЗЭ в Северной Двине к средним глобальным концентрациям.



**Рис. 2.** Содержания РЗЭ, нормализованные к РЗЭ в сланцах (NASC), во взвеси Северной Двины.



Такие результаты не вызывают удивления. Хорошо известна тесная связь РЗЭ с Fe. В работах Покровского О. С. с соавторами [9, 13] было показано, что в воде Северной Двины растворенное железо на 80-90% находится в коллоидной форме в ассоциации с органическим углеродом. И  $C_{орг.}$  и Fe в воде Северной Двины присутствуют в повышенных по сравнению со средними концентрациями в реках Мира. По нашим определениям в рамках данной программы средняя концентрация  $C_{орг.}$  составляет 17,7 мг/л (глобальное среднее 5,75 мг/л [12]), а  $Fe_{раств.}$  – 340 мкг/л (глобальное среднее 66 мкг/л [10]). Обогащение речных вод этими важнейшими для геохимических процессов элементами связано с широким распространением болот в бассейне реки. РЗЭ следуют в своем поведении за железом и органикой, что и объясняет их высокие концентрации в воде реки. Сезонные вариации  $C_{орг.}$  и Fe в воде Северной Двины детально изучались в наших работах и публикациях других авторов [3, 9, 13]. Было показано, что  $C_{орг.}$  достигает максимальных значений в период весеннего половодья. Концентрации Fe раств. также высокие весной, когда максимальна доля коллоидной фракции. Таким же образом ведут себя в течение года РЗЭ – их концентрации максимальны в апреле-мае и нередко повышаются в конце осени - начале зимы. Состав РЗЭ в речной воде в большей степени определяется их химическими свойствами, чем составом дренируемых пород водосбора [6, 14].

Содержания РЗЭ во взвеси Северной Двины весьма близки к уровню содержаний их во взвеси рек Мира, в среднем они ниже примерно на 10%. Рис.2 демонстрирует содержания РЗЭ во взвеси, нормализованные на их содержания в сланцах (NASC – North American Shale Composite) [11].

Как пишет А. В.Дубинин чем больше бассейн реки и разнообразие пород в нем, тем больше состав взвеси напоминает состав сланца или глин платформы. Форма показанной на рис.2 кривой очень напоминает таковую для взвеси реки Лены, которая относится именно к рекам с большим водосборным бассейном [6]. РЗЭ во взвеси Северной Двины были определены в работе [8] и результаты оказались весьма сходны с нашими. Представляет интерес сравнение РЗЭ в растворенной и взвешенной форме. Результаты такого сравнения приведены в Таблице 1. Видно, что доля взвешенной формы РЗЭ от суммы двух форм в Северной Двине составляет примерно от 71% для легкого La до 45-50% для средних и тяжелых РЗЭ. Надо отметить, что эти величины гораздо ниже, чем в реках Мира – более 99% [5]. Объясняется это в первую очередь гораздо более низкой концентрацией самого взвешенного материала в воде Северной Двины по сравнению с глобальным уровнем (10-20 мг/л против 510мг/л).

Таблица 2

**Годовые стоки растворенных и взвешенных форм РЗЭ Северной Двины  
в 2015–2018 гг. (в т/год)**

форма	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
2015														
Раств.	26.9	49	9.1	35	9.1	1.89	5.8	1.25	4.6	1.52	4.5	0.86	4.1	0.43
Взв.	37.8	71	7.7	30	5.5	1.26	6.0	0.77	4.1	1.0	2.3	0.40	2.4	0.41
2016														
Раств.	33	72	14.4	57	18.1	3.33	6.7	2.09	6.45	1.95	8.2	1.76	6.25	0.64
Взв.	81	104	11.0	16	7.5	1.72	7.0	1.0	5.9	1.2	3.6	0.59	3.2	0.60
2017														
Раств.	40	79	11.2	43	10.4	2.9	10.2	1.75	8.5	1.54	4.8	0.80	3.43	0.60

Взв.	94	158	19.3	75	12.7	3.65	14	1.83	11.2	1.83	6.0	0.92	6.7	1.03
2018														
Раств.	46	85	21.2	68	17.2	3.83	14.3	1.83	8.7	1.56	4.5	0.48	4.1	0.43
Взв.	111	162	16.5	64	14.4	3.00	12.4	1.55	9.8	1.57	5.4	0.70	3.4	0.65

Объемы годовых стоков обеих форм РЗЭ Северной Двины показаны в Таблице 2. Сток растворенных La и Ce может достигать 40-85т/г, еще выше сток этих металлов в составе взвеси – 80-160 т/г. Гораздо ниже объемы стока средних и тяжелых РЗЭ. Сток Eu и Yb находится в пределах 3-3,5т/г каждой из форм, тогда как на долю Tb, Ho, Tm, Lu приходится не более 1 т/г как в растворе, так и во взвеси. Надо особо подчеркнуть, что это оценки валового стока элементов, т. е. массы элементов, приносимые рекой к границе река-море. С позиций седиментологии и геохимии важно иметь представление о реально проникающих масс металлов в открытую часть моря, т. е. после прохождения зоны МФ. Известно о более чем 90% потерях РЗЭ в этой зоне [5, 14]. Такие данные будут получены после завершения работ по программе исследований, упомянутой выше.

*Получение материала выполнено в рамках Государственного задания ИО РАН по теме № 0149-2019-0007. Обработка материала и интерпретация выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-17-00234*

#### Список литературы.

1. Гордеев В. В., Чульцова А. Л., Коченкова А. И. и др. Сезонные вариации концентраций растворенных неорганических форм биогенных элементов в нижнем течении Северной Двины и в зоне смешения река-море // Вода: химия и экология. 2018. № 4-6. С.75-87
2. Гордеев В. В., Дара О. М., Алексеева Т. Н. и др. Сезонные вариации гранулометрического и минерального состава взвеси в маргинальном фильтре Северной Двины (Белое море) // Океанология. Т.60, №3, 2020, С.442-451.
3. Гордеев В. В., Коченкова А. И., Лохов А. И. и др. Сезонные и межгодовые вариации концентраций и потоков ОВ, Fe, Mn Северной Двины в Белое море // Океанология, 2020, Т.60, №6 (в печати).
4. Гордеев В. В., Стародымова Д. П. Тяжелые металлы в воде и взвеси Северной Двины по результатам непрерывных 4-х летних исследований // Труды научно-практической конференции «Морские исследования и образование. MARESEDU-2020», 2020 (в печати).
5. Гурвич Е. Г., Лукашин В. Н., Лисицын А. П., Куринов А. Д. Редкоземельные элементы и иттрий. // Геохимия элементов – гидролизатов. Под ред. А. Б.Ронова. М.: Наука. 1980. С.81-117.
6. Дубинин А. В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука. 2006. 360 С.
7. Лисицын А. П. Системные 4-х мерные исследования рассеянного осадочного вещества в водной толще Белого моря. // Система Белого моря. Т.III. М.: Научный мир. 2013. С.25-38.
8. Шевченко В. П., Покровский О. С., Филиппов А. С. и др. Об элементном составе взвеси Северной Двины. // ДАН, 2010. Т.430. №2, С. 228-234.
9. Chupakov A.N., Pokrovsky O.S., Moreva O.Y. et al. High resolution multi-annual riverine fluxes of organic carbon, nutrients and trace elements from the Severnaya Dvina river. // Chem.Geol., 2020. V.538. 119491.

10. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river water.// *Treatise of Geochemistry*. H.D.Holland et al.-eds. V.5., Elsevier Pergamon. 2004. P.225-272.
11. Goldstein S.J, Jacobsen S.B. Rare earth elements in river water.// *Earth Planet. Sci.Letters*, V.89, 1988, P.35-47.
12. Meybeck M. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers // *Amer.Sci.J.*, V.282, P.401-450.
13. Pokrovsky O.S. Viers J.,Shirokova L.S. et al. Dissolved, suspended and colloidal fluxes of Corg., major and trace elements in the S. Dvina river and its tributaries// *Chem.Geol.*, 2010. V.273. P.136-145.
14. Sholkovitz E.R. The aquatic chemistry of rare earth elements in rivers and estuaries // *Aquatic Geochemistry*. V.1, 1995, P.1-34.
15. Viers J., Dupre B., Gaillardet J. Chemical composition of suspended sediments in World Rivers – new insights from a new database.// *Sci.Total Envir.* 2009. V.407, N2, P.853-863.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ АТФ В МИКРОПЛАНКТОНЕ

Гордиенко А. П., Ерохин В. Е.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени  
А. О.Ковалевского РАН", Севастополь, Россия  
apgord@gmail.com

## CLASSIFICATION OF WATERS BY ATP CONTENT IN MICROPLANKTON

Gordienko Alla P., Erokhin Vladislav E.,

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia  
apgord@gmail.com

**Аннотация.** Проведен анализ, полученных ранее данных по содержанию АТФ (аденозинтрифосфата) в микропланктоне биолюминесцентным методом в районах со сложной структурой вод. Выполнена типизация вод по содержанию АТФ в микропланктоне и его размерных фракциях в исследованных акваториях. Получены пространственные характеристики распределения АТФ в пико- и нанопланктоне, дана оценка вклада размерных групп микропланктона в формировании планктонных полей.

**Ключевые слова:** микропланктон, АТФ, морские экосистемы.

**Abstract.** The analysis of the previously obtained data on the ATP (adenosin triphosphate) content of microplankton by the bioluminescence method in areas with a complex water structure is carried out. The typification of waters was carried out according to the ATP content of microplankton and its size in the studied water areas. The spatial characteristics of the ATP distribution of piko- and nanoplankton were obtained; the contribution of the size groups of microplankton to the formation of plankton fields is estimated.

**Keywords:** microplankton, ATP, marine ecosystems.

Несмотря на определенный прогресс в области исследования прибрежных пелагических сообществ, некоторые проблемы остаются малоизученными. В частности, это касается вопросов пространственного распределения планктона в высокоширотных районах арктических морей [4]. Исследования динамически активных зон открытых районов океана, в которых создаются определенные условия для резкого повышения биологической продуктивности, являются и в настоящее время традиционными.

Микропланктон – один из важнейших компонентов водной экосистемы – ключевое звено пищевых цепей океанов и пресных вод. Планктонные организмы пойкилотермны, следовательно, их жизнедеятельность в значительной степени зависит от температуры среды. Поэтому динамика микропланктона тесно связана с климатическими процессами, и в условиях масштабных климатических изменений на планете особый интерес представляет исследования тенденций в многолетней динамике обилия и состава планктона [4]. В частности это касается вопросов пространственного распределения планктона в высокоширотных открытых районах арктических морей.

В морях высоких широт сильно выражены сезонные и межгодовые колебания характеристик среды и показателей обилия микропланктона. Такие изменения были выявлены нами при комплексных исследованиях, проведенных в марте – апреле на разрезах Нордкап – Медвежий и на двух мезомасштабных полигонах у о. Медвежий и о. Ян-Майен [3]. Район исследований расположен на пересечении основных водных масс Норвежского моря и пограничной зоны Баренцева моря. Здесь образуется крупномасштабная гидрологическая и гидрохимическая структура экосистем, которые формируют состав вод зон полярного фронта.

В связи с теплым характером зимы, отмечено смягчение контрастности температуры атлантических и полярных вод; слабо выражена обособленность ветвей Норвежского течения. На фоне общего потепления полярный фронт оказался размытым. Ослабление температурных и соленостных контрастов, создало благоприятные условия для усиления волновых процессов на фронте и отрыва вихревых структур. И на Медвежинском и Ян-Майенском участках ПФЗ обнаружены вихревые структуры с теплым ядром [3]. В отличие от холодных лет ранее наступление биологической весны обнаруживается во фронтальных зонах как Норвежского, так и Баренцева морей. Первым показателем, реагирующим на эти процессы, является развитие планктонного сообщества.

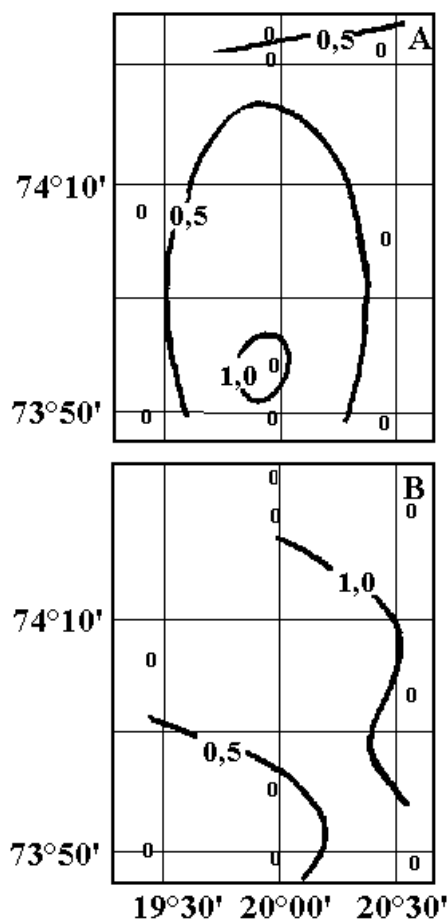
Анализ полученных данных по содержанию АТФ микропланктона и его составляющих фракций (биолюминесцентный метод) показал, что в период биологической зимы (март) концентрация АТФ пико-, нано- и микропланктона в открытых районах Баренцева и Норвежского морей характеризовалась крайне низкими величинами [1-3]. Так, например, на полигоне в районе о. Медвежий концентрация АТФ возрастала в среднем с 0,54 до 8,52 нг·л<sup>-1</sup> и с 0,63 до 50,74 нг·л<sup>-1</sup> соответственно для пико- и нанопланктона. В исследованный период отчетливо прослеживается изменение соотношения размерных фракций микропланктона. Отмечено увеличение доли нанопланктона с 53,8 до 85,6% наряду со снижением пикопланктонной фракции с 46,2 до 14,4%. Кроме того, в апреле отмечена значительная неоднородность пространственного распределения АТФ пико- и нанопланктона. Оценка графических данных по пространственной неоднородности распределения концентрации АТФ в марте на полигоне у о. Медвежий в районе полярного фронта на границе Медвежинского и Нордкапского течений, показала несовпадение локальных зон максимумов пико- и нанопланктона. Локальные зоны максимумов пикопланктона более 1 нг·л<sup>-1</sup>, при сравнительно однородном фоне величин АТФ, наблюдали в пределах координат 19°20'-19°54'3" в. д. и 73°50' – 73°54' с. ш.; нанопланктона – в пределах 19°54' – 20°30' в. д. и 74°04' -74°20' с. ш. [3].

На полигоне у о. Ян-Майен в районе полярного фронта, образованного западной ветвью Северо-Атлантического потока и Восточно-Гренландским течением, локальные зоны максимумов АТФ пикопланктона (более 0,4 нг·л<sup>-1</sup>) отмечено в районе 07°15'3"-08°00' з. д. и 69°41' - 69°55' с. ш.; АТФ нанопланктона (более 1 нг·л<sup>-1</sup>) в пределах 07°15'3" з. д. и 69°55' с. ш.

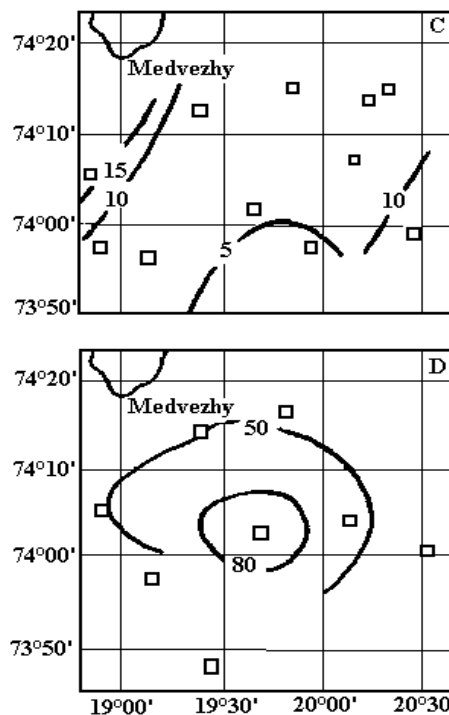
Очевидно, в олиготрофных водах по мере формирования сообщества микропланктона происходит изменение его различных структурных характеристик. На первых этапах развиваются мельчайшие водоросли и цианобактерии, составляющие основу пикопланктона. Известна удивительная приспособляемость пикопланктона к районам с низкими концентрациям таких жизненно важных элементов, как фосфор и азот, причем усваивают их эти мельчайшие организмы быстрее, чем более крупные клетки обычного фитопланктона [5].

Пространственное распределение АТФ микропланктона на полигоне, расположенного у побережья Норвегии в районе фронта, образованного восточной ветвью Северо-

Атлантического потока и Балтийским прибрежным течением, характеризовалось четко выраженной пятнистой структурой.



**Рис. 1.** Распределение концентраций АТФ пико- (А) и нанопланктона (В) в  $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$  на полигоне о. Медвежий (март). По оси абсцисс приведены координаты в. д., а по оси ординат – с. ш.



**Рис. 2.** Распределение концентраций АТФ пико- (С) и нанопланктона (D) в  $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$  на полигоне в районе о. Медвежий (апрель). По оси абсцисс приведены координаты в. д., а по оси ординат – с. ш.

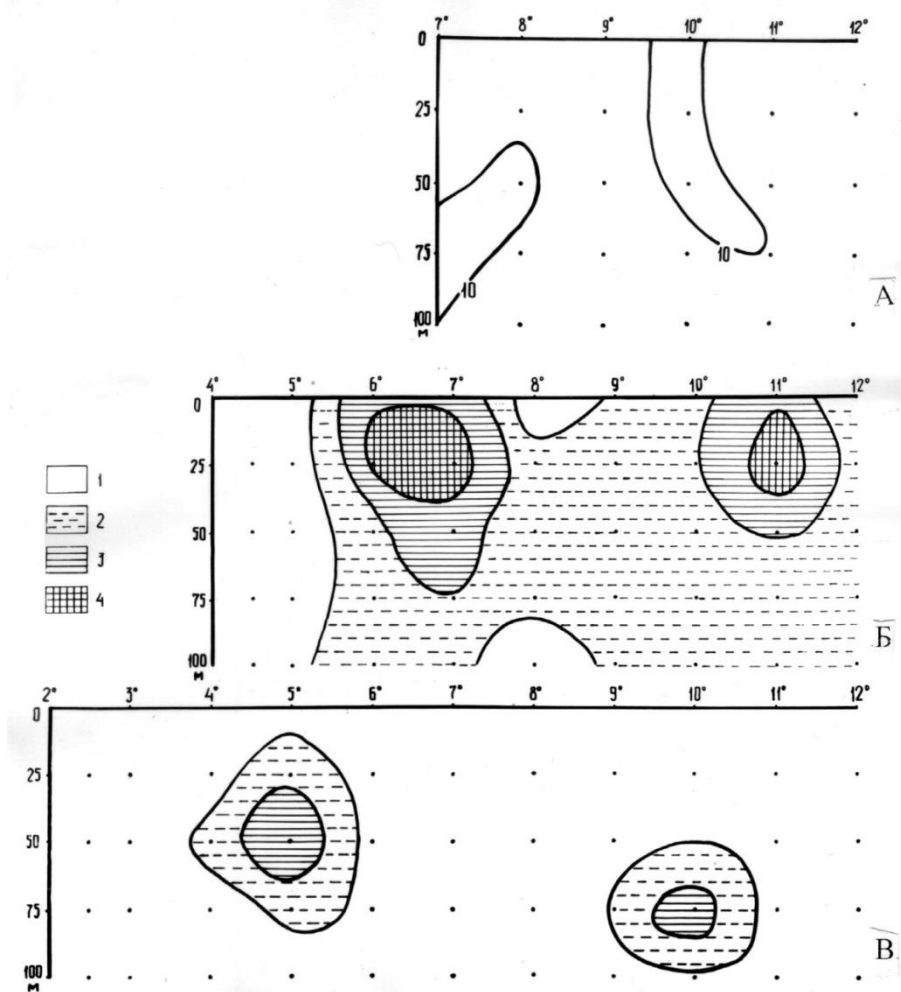
В целом максимумы АТФ мельчайшего микропланктона связаны с особой структурой гидрологических и гидрохимических характеристик фронтальных разделов. Прослеживается также сезонный цикл его развития. В период биологической зимы микропланктон отличается чрезвычайной бедностью (концентрация АТФ минимальна, рис.1). С началом весеннего развития планктона содержание АТФ увеличивается. В этот период происходит изменение соотношений составляющих размерных групп микропланктона (рис.2). Наблюдается увеличение доли нанопланктона с 53, до 85,6% наряду со снижением пикопланктонной фракции с 46,2 до 14,4%.

Анализ наблюдений, проведенных в западной части атлантического полигона, расположенного в полосе от экватора до  $12^\circ$  с. ш., показал сравнительную неоднородность распределения АТФ пико- и нанопланктона в осенний период. Исследованная акватория охватывала обширный район Атлантического океана со сложной системой поверхностных течений. Выполненные разрезы пересекали водные массы Северного Пассатного течения и Межпассатного противотечения, локальные области вихревых образований и линзы пониженной со-

лености. Разброс величин в слое 0-100м колебался в пределах от 0 до 53.15 и от  $0.11 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$  до  $88,52 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ , соответственно, для пико- и нанопланктона.

Анализ данных по пространственной неоднородности распределения АТФ показал несовпадение локальных зон максимумов пико- и нанопланктона. Очевидно, в олиготрофных водах по мере формирования сообществ а микропланктона происходит изменение его различных структурных характеристик. На первых этапах развиваются мельчайшие водоросли и цианобактерии, составляющие основу пикопланктона. Затем по мере старения сообщества и обогащения среды продуктами метаболизма возникают условия для формирования более крупных форм микропланктона – нанопланктона.

При рассмотрении материалов по вертикальному распределению АТФ, мы обнаружили значительные отличия в концентрациях этого параметра от разреза к разрезу. По характеру распределения АТФ согласно методике [6] проведена типизация вод.



**Рис. 3.** Основные типы профилей распределения концентраций АТФ на разрезах полигона (А – I тип распределения; Б – II тип; В – III тип): 1 – меньше  $10 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ ; 2 –  $10-20 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ ; 3 –  $20-30 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ ; 4 – более  $30 \text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ . По оси абсцисс приведены координаты с. ш., а по оси ординат – глубины отбора проб, м.

I тип – распределение АТФ однородно во всем активном фотическом слое и зоны относительно повышенных ее значений отличались от фоновых ( абсолютные единицы концентрации) приурочены к ультраолиготрофным массам Северного Пассатного течения;

II тип – распределение АТФ носит мозаичный характер, области с повышенными концентрациями АТФ чередуются с областями пониженного ее содержания. Этот тип вод совпадает с районами расположения линз пониженной солености и приурочен к области зонального потока;

III – тип промежуточный – на однородном фоне распределения АТФ наблюдаются локальные зоны повышенных ее концентраций, по-видимому, связанные с вихревыми образованиями синоптической или топографической природы.

Наличие длительного ряда наблюдений в районе, не подверженном антропогенным воздействиям, дает возможность оценить размах естественных колебаний обилия микропланктона. Эти данные могут служить для классификации и типизации вод по содержанию АТФ в микропланктоне, позволят выявить аномальные явления в планктоне и их причины.

*Работа выполнена по государственному заданию в рамках темы НИОКР РАН регистрационный номер: АААА-А18-118020790229-7 «Структурно-функциональная организация продуктивности и устойчивости пелагических экосистем» и темы АААА-А18-118021490093-4 «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом».*

#### Список литературы

1. Гордиенко А. П., Ерохин В. Е. Использование биолюминесцентного анализа АТФ в морской планктонологии // Биология моря – Владивосток, -1985,- №1. –С.5-13.
2. Гордиенко А. П. О роли бактериопланктона в функционировании морской экосистемы// В кн.: Морские биологические исследования: достижения и перспективы. Всероссийск. науч.-практич. конф. с международн. участием приурочен. к 145-летию Севаст. биол. станции.( 19-24 сент. 2016г.). Севастополь // Сб-к материалов. 2016. Т. 2. С. 264-268.
3. Бенжицкий А.Г., Петров В. С, Ильин Г. В., Гордиенко А. П. Изучение пространственно-временной изменчивости АТФ микропланктона в динамически активных зонах Баренцева и Норвежского морей //Экология моря.1992. Вып. 40. С. 15-20.
4. Дворецкий В. Г., Венгер М. П., Макаревич П. Р., Моисеев Д. В. Летний бактерио- и зоопланктон прибрежных вод архипелага Шпицберген // Биология моря.-2012.- том 38. №1.- С.82-85.
5. Крупаткина Д. К. Оценка первичной продукции олиготрофных вод и метаболизм пикопланктона //Журн. общ. биологии .- 1988.-49, №5.С.618-629.
6. Кун М. С. Многолетние изменения формирования продуктивных зон в районах субарктического фронта северо-западной части Тихого океана //Биологические основы промыслового освоения открытых районов океана. – М. Наука.1985. –С.166-174.



**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО  
АППАРАТА В ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Григорьев И. И.

Удмуртский государственный университет

г. Ижевск

e-mail: ivanrig@yandex.ru

**POSSIBILITIES OF USING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN ECOLOGICAL  
AND GEOGRAPHICAL INVESTIGATIONS**

Grigor'ev I.I.

Udmurt state university

Izhevsk

e-mail: ivanrig@yandex.ru

**Аннотация:** в статье рассмотрены возможности использования беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на примере квадрокоптера DJI Phantom 4 для проведения эколого-географических исследований. Опробована методика проведения залетов и фотограмметрической обработки аэрофотоснимков. Кроме того, проведен анализ перспектив использования БПЛА в различных отраслях. Полученные результаты свидетельствуют о применимости использования данных дистанционного зондирования, полученных с помощью БПЛА для крупномасштабного экологического картографирования.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат (БПЛА), фотограмметрия, цифровая модель местности (ЦММ), дешифрирование.

**Abstract:** the article considers the possibility of using an unmanned aerial vehicle (UAV) on the example of the DJI Phantom 4 quadcopter for ecological and geographical investigations. The method of conducting flights and photogrammetric processing of aerial photographs was tested. In addition, the analysis of the prospects for the use of UAVs in various industries. The results obtained demonstrate the applicability of remote sensing data obtained using UAVs for large-scale environmental mapping.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle (UAV), photogrammetry, digital terrain model (DMM), decoding.

Гражданские беспилотные летательные аппараты (БПЛА) начали лавинообразно набирать популярность в начале 2010-х годов. В 2010 году Федеральное управление гражданской авиации США (ФАА) ошибочно предполагало, что к 2020 году в мирных целях будут использоваться порядка 15 000 дронов. В аналогичном прогнозе ФАА в 2016 году эта оценка была повышена до 550 000. В прогнозе компании «Business Insider», выпущенном в 2014 году, рынок гражданских БПЛА в 2020 году оценивался в 1 миллиард долларов США, но уже два года спустя эта оценка была повышена до 12 миллиардов долларов [1]. Аналитики «J'son & Partners Consulting» оценили объем российского рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) по итогам 2017 года в 9,5 млрд. рублей. Ожидается, что к 2020 году он увеличится в 1,5 раза [2]. Лидером по про-

изводству беспилотных аппаратов в формате коптера является DJI Technology (Китай).

В последние годы появилось несколько законодательных актов, регламентирующих эксплуатацию БПЛА. С сентября 2019 г. владельцы всех квадрокоптеров с массой от 250 грамм до 30 кг обязаны поставить на учет свои БПЛА в течение 10 дней с момента покупки.

Развитие геоинформационных технологий позволило получать высокоточные данные с большой скоростью. Использование фотограмметрических методов для получения планового и высотного положения различных объектов, как природного, так и антропогенного происхождения, позволяет получить точность, соизмеримую с наземными методами. В последние годы в эколого-географических исследованиях все чаще используются космические и аэрофотоснимки. Их использование исключает несколько недостатков, присущих традиционным наземным методам измерения объектов – локальность и продолжительность наблюдений. Снимки с БПЛА, в отличие от космических, имеют сверхвысокое пространственное разрешение и высокую оперативность, но при этом покрывают съемкой относительно малые площади. Высотой полета ( $H$ ) и фокусным расстоянием камеры ( $f$ ) определяется масштаб ( $m$ ) получаемого снимка:  $m = f / H$  [3]. Конечным продуктом использования БПЛА является трехмерное облако точек, производными которого являются цифровые модели местности (ЦММ), рельефа (ЦМР) и ортофотопланы в различных мировых и местных системах координат.

Анализ применения данных с БПЛА в отраслевой структуре географической науки по публикациям выявил, что наиболее часто БПЛА используется при исследованиях биогеографической направленности. Они нашли широкое применение в изучении почвенно-растительного покрова, особенно при проведении работ по точному земледелию. Кроме того, среди множества направлений использования БПЛА можно отметить лесопаталогические и лесотаксационные исследования, гидрологические изыскания, кадастровые и картографо-геодезические работы [4]. Подобные работы основываются на использовании глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), чаще всего GPS. Точное позиционирование результатов фотограмметрической обработки аэрофотоснимков позволяет выполнять работы по мониторингу экологического состояния территории, включая несанкционированные свалки ТБО, разливы загрязняющих веществ и т. п. Существует несколько методов геопривязки аэрофотоснимков. Первым и наименее трудозатратным является использование встроенных в БПЛА модулей GPS. Однако погрешность позиционирования в данном случае может достигать 2-3 метров. Вторым способом является позиционирование с помощью специальных марок, координаты которых получены с помощью RTK-DGPS приемников. Третий способ представляет собой модификацию второго, здесь в качестве источника получения координат марок берется наземная тахеометрическая съемка. В таком случае достигается миллиметровая точность позиционирования, но требуется проведение дополнительных работ по геодезическому обоснованию, что является очень трудозатратным, особенно на больших территориях.

Кроме плановой аэрофотосъемки, где угол между главной оптической осью камеры и отвесной прямой менее  $3^\circ$ , может осуществляться и перспективная аэрофотосъемка с углами больше  $3^\circ$ . Применение для картографических целей перспективных снимков не допускается из-за существенных искажений в геометрии сцены, что затрудняет или делает невозможным точные измерения. Тем не менее, и перспективные снимки имеют гео-

графическую ценность: позволяя рассматривать объекты под определенным углом по ним довольно легко можно визуально распознать и идентифицировать объекты.

В Удмуртском государственном университете БПЛА (DJI Phantom 4) появился сравнительно недавно, но, тем не менее, уже активно используется в ряде исследований. В частности, это создание картографической основы для проведения кадастровых и геодезических работ, исследование размыва береговой линии Воткинского водохранилища, изучение овражной и русловой эрозии, оползневых процессов, использование в природоохранной деятельности и т. д.

Для проведения исследований был использован БПЛА Phantom 4 производства фирмы DJI Technology. Этот квадрокоптер позволяет производить съемочные работы на высоте до 500 м, при этом скорость полета коптера достигает 72 км/ч. Оснащается системой трехосевой активной стабилизации камеры и встроенными модулями GPS и ГЛОНАСС. Управление квадрокоптером производилось в ручном или автономном режимах путем загрузки полетного задания в контроллер дрона. В качестве контроллера можно использовать любой смартфон или планшет с операционными системами «Android» или «iOS» с предустановленными программами управления квадрокоптером.

Методика отработывалась на базе биогеоэкологической станции «Фертики» Института естественных наук Удмуртского университета в Воткинском районе Удмуртской Республики в течение 2019 г. Настройки полета обычно были следующими: полет на высоте 70 м, продольное перекрытие снимков составляло 80%, поперечное – 70%, угол наклона камеры  $90^{\circ}$ , скорость полета 15 м/с, а площадь облета составляла в среднем около 7-8 га. В результате 1 залета по маршруту получается от 100 до 200 фотоснимков, разрешением 12 Мп. Нами были использованы все три способа геопривязки фотоснимков. В качестве опорных точек были использованы как координаты элементов ситуации существующей цифровой модели местности – углы построек и столбы линий электропередач, так и координаты центров наземных марок (лист бумаги с нанесенными на нем концентрическими окружностями). Собранный материал выгружается в ПО Agisoft Photoscan для проведения фотограмметрических работ. Конечным результатом обработки является 3d-модель и цифровой ортофотоплан земной поверхности.

Для изучения растительности предпочтительна съемка в видимом и ближнем инфракрасном (БИК) диапазонах [3]. При этом часто возникают проблемы, связанные с наличием яркостного шума, затрудняющего дешифрирование. Движущиеся листья и ветки также ограничивают функции сопоставления и порождают позиционные ошибки, что сказывается на качестве итогового изображения. Данные трудности возникли перед нами при проведении съемки территории Ботанического Сада Удмуртского университета, часть территории которого занята смешанными высокоствольными лесами. Подобные проблемы решаются подбором другого оптимального разрешения исходя из соотношения «Разрешение мозаики = (разрешение изображения X высота)/фокусное расстояние». Путем проведения залетов нами была определена оптимальная высота фотографирования для квадрокоптера DJI Phantom 4 – она должна быть не менее 100 м (рис.1). При меньших высотах высокоствольный лес (20-30 м) определяется при обработке снимков крайне неудачно. Дешифрирование растительного покрова на снимках видимого диапазона производится визуальным методом, по тем же дешифровочным признакам, что и при космической съемке. Для достоверного дешифрирования и верификации удобно использовать исходные одиночные снимки (рис.2).

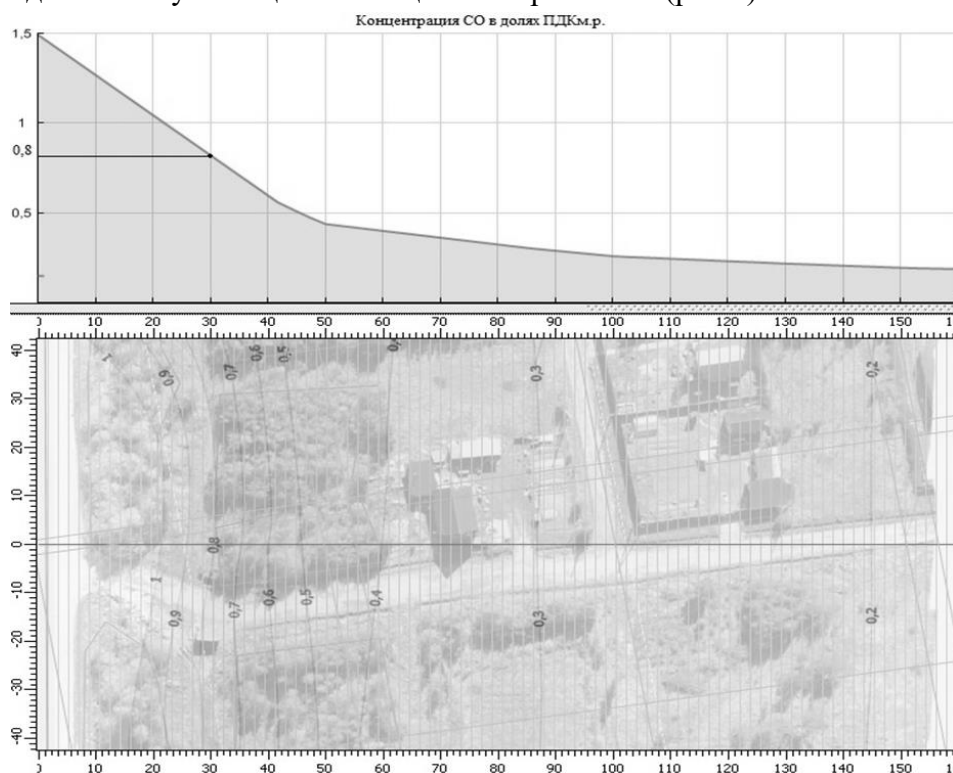


**Рис.1.** Фрагмент ортофотоплана



**Рис.2** Перспективный снимок

По сравнению с космическими снимками, четкость и подробность изображения вырастает во много раз, что позволяет осуществлять измерения с высокой точностью. Ортофотопланы используются в качестве картографической основы при создании тематических экологических карт выбросов, сбросов, шумового загрязнения автодорог. Это повышает точность и наглядность визуализации имеющихся загрязнений (рис.3).

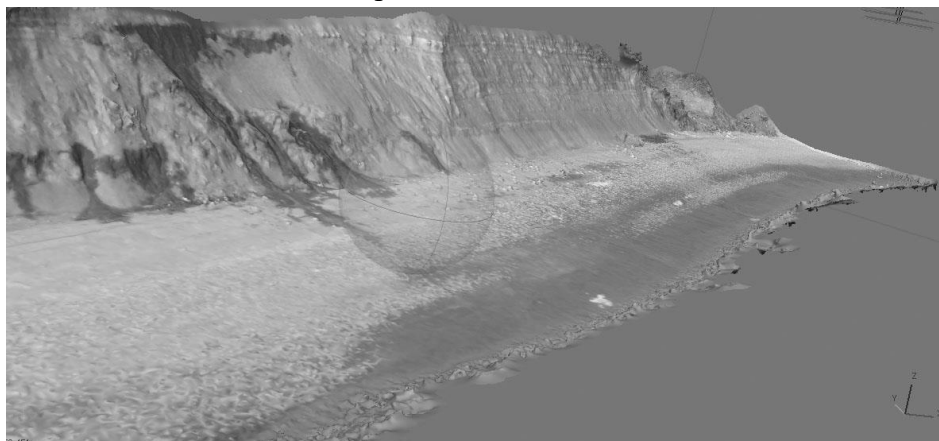


**Рис. 3.** Изменение концентрации оксида углерода (CO)

Также появляется возможность осуществления визуального наблюдения интересующих нас объектов путем получения перспективных фотографий и видеосъемки. Конечно, имеются определенные ограничения в его использовании, в первую очередь – наличие кустарниковой растительности на бровке и в тальвеге, а также зависимость от погодных условий – ветра и осадков.

Технология компьютерного зрения позволяет получать из аэроснимков помимо ортофотомозаики и другие геоинформационные продукты (рис.4). Наиболее востребованные в

географических исследованиях – цифровые модели местности (ЦММ). Проведение разно-временных залетов позволит с высокой точностью отслеживать динамику различных геоморфологических, геологических и гидрологических явлений.



**Рис. 4.** 3D-модель береговой линии Воткинского водохранилища

Возможности использования БПЛА в эколого-географических исследованиях достаточно велики. Данные аэросъемок необходимо использовать наряду с полевыми маршрутными исследованиями как источники информации для дешифрирования снимков и сборов эталонов для автоматизированной классификации. Теоретический и практический опыт использования данных с БПЛА позволяет предположить целесообразность использования высокодетальных данных дистанционного зондирования, полученных с помощью БПЛА, для целей крупномасштабного тематического картографирования, а также получения данных для труднодоступных территорий (по проходимости, высоте и пр.). Перспективы использования БПЛА в эколого-географических исследованиях не вызывают сомнений. Особенно следует отметить перспективность разработок методик съемок и использование многозональных камер, тепловизоров, LIDAR-ов и гиперспектральных камер.

#### Список литературы

1. McNabb, Miriam. Changing Forecasts: The Drone Industry Surprise, Drone Life (8 апреля 2016) (дата обращения 10.09.2020)
2. Краев В. М., Тихонов А. И. Инвестиционный потенциал рынка беспилотных летательных аппаратов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://russiandrone.ru/publications/investitsionnyu-potentsial-rynka-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov/> (дата обращения: 10.09.2020)
3. Медведев А. А., Алексеенко Н. А., Курамагомедов Б. М. Возможности и ограничения использования БПЛА в географических исследованиях // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – № 5. – С. 117–122.
4. Батоцыренов Э. А., Бешенцев А. Н. Использование БПЛА в географических исследованиях // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2018. – С. 20-23.

**РИСКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ, СВЯЗАННЫЕ  
С НАЛИЧИЕМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В СОЧИНСКОМ РЕГИОНЕ**

Гудкова Н. К.

Филиал института природно-технических систем в г. Сочи, г. Сочи

e-mail: n.k.gud@yandex.ru

**RISKS OF POLLUTION AND DEGRADATION OF WATER ECOSYSTEMS  
ASSOCIATED WITH THE PRESENCE OF GEOCHEMICAL ANOMALIES IN THE  
SOCHI REGION**

Gudkova N.K.

**Аннотация** Расширение курортов в Сочинском районе связаны с увеличением нагрузки на уникальные водные экосистемы региона. Активное освоение территорий, расположенных в долинах горных рек, связано с рисками активизации опасных геологических процессов и деградации водных экосистем. Исследования в области идентификации факторов негативного влияния на водные экосистемы приобретают особую важность для устойчивого развития Сочинского региона. Статья посвящена анализу этих процессов на примере долины р. Мзымты, где за последнее десятилетие наблюдалось широкомасштабное строительство олимпийских объектов и трех новых горнолыжных курортов. В статье рассмотрены геохимические аномалии и основные виды техногенной нагрузки в долине р. Мзымты. Сделанные выводы и рекомендации могут быть использованы для решения экологических проблем рекреационных территорий и минимизации экологических рисков в области использования водных ресурсов, с учетом специфики Сочинского региона.

**Ключевые слова:** водные экосистемы, экзогенные геологические процессы, геохимические аномалии, рекреационные территории, экологическая безопасность

**Abstract.** The expansion of resorts in the Sochi region is associated with an increase in the load on the unique water ecosystems of the region. Active development of territories located in the valleys of mountain rivers is associated with the risks of activation of dangerous geological processes and degradation of water ecosystems. Research in the field of identifying factors of negative impact on water ecosystems is of particular importance for the sustainable development of the Sochi region. The article is devoted to the analysis of these processes on the example of the Mzymta river valley, where large-scale construction of Olympic facilities and three new ski resorts has been observed over the past decade. The article deals with geochemical anomalies and the main types of technogenic load in the Mzymta river valley. The conclusions and recommendations made can be used to solve the environmental problems of recreational areas and minimize environmental risks in the field of water resources use, taking into account the specifics of the Sochi region.

**Keywords:** water ecosystems, exogenous geological processes, geochemical anomalies, recreational areas, environmental safety.

Расширение курортов в районе Красной Поляны в Сочинском регионе связаны с увеличением нагрузки на уникальные водные экосистемы региона. Активное освоение территорий, расположенных в долинах горных рек, связано с рисками активизации опасных геологических процессов, геохимического загрязнения и деградации водных экосистем. Исследо-

вания в этой области особенно важны для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития Сочинского региона.

В основу данного исследования положены результаты геоэкологических работ Северо-Кавказского геоэкологического центра ГУП «Кубаньгеология», которые проводились под непосредственным руководством автора в период 2001-2005 г. г. В 2019-2020 г. г. автором были проведен анализ всей доступной документации, в том числе в сфере мониторинга окружающей среды долины р. Мзымты [1,2,3,4].

Современное геоэкологическое состояние исследуемого района обусловлено сложным сочетанием комплекса природных и техногенных факторов. Эта территория может рассматриваться в качестве своеобразной модели для изучения опасных геологических процессов и их взаимоотношений с процессами, связанными с другими компонентами природной среды и, особенно, водными экосистемами. Практически каждый из компонентов природной среды характеризуется на этой территории весьма широким «набором» состояний и свойств, обусловленных сложным геологическим строением региона [6], что определяет многообразие и сложность негативного влияния на водные экосистемы.

Рассмотрим эти проблемы на примере долины р. Мзымты, где за последнее десятилетие наблюдалось широкомасштабное строительство олимпийских объектов и новых горнолыжных курортов. Река Мзымта – самая крупная река Сочинского региона, берет свое начало из озера Кардывач на высоте 2440 м и впадает в Черное море в Адлерском районе г. Сочи.

За период наиболее активной фазы строительных работ, с ноября 2009 года по февраль 2014 года, было отмечено резкое увеличение содержания взвешенных веществ и уменьшение прозрачности воды в среднем и нижнем течении р. Мзымты. После завершения строительства олимпийских объектов показатели содержания взвешенных веществ и прозрачности воды стали приближаться к среднемноголетнему уровню. Результаты исследований проб воды, отобранных в мае 2014 года, показали, что основным загрязняющим веществом является железо общее, превышение нормативного значения которого было отмечено по всем створам наблюдений рек Мзымта, Лаура и Бешенка[5].

Следует отметить, что в целом данная территория характеризуется повышенным геохимическим фоном по ряду химических элементов, что отмечено в ряде опубликованных ранее работ [9,10]. Повышенные фоновые содержания элементов в почвах высоко- и среднегорных лесных ландшафтов вызваны интенсивно протекающими здесь экзогенными геологическими процессами, приводящими к разрушению, выветриванию коренных пород и накоплению химических элементов в почвах. Опасные экзогенные процессы представлены здесь оползнями, селями, эрозией, карстом и обвально-осыпными процессами [7].

В районе выделены участки повышенного содержания химических элементов в основных компонентах геологической среды (почво-грунтах, донных осадках, водах) обусловленные, как особенностями геологического строения района, так и воздействием техногенных факторов. Эти участки интерпретируются как локальные геохимические аномалии (ЛГА). ЛГА по своему генезису условно разделяются на природные и техногенные. Природные ЛГА обусловлены особенностями геологического строения региона. Техногенные ЛГА обусловлены различными видами техногенеза.

Таким образом, с геоэкологических позиций горнолыжные курорты долины р. Мзымты расположены в регионе, главной отличительной особенностью является масштабное распространение экзогенных геологических процессов и геохимических аномалий.

В коренных породах и почво-грунтах горных ландшафтов исследуемого региона содержатся токсичные элементы – ртуть, свинец, медь, цинк, марганец, хром, мышьяк и др. На северном склоне хребта Аибга, образующем левый борт долины р. Мзымты, геологической средой являются, в основном, верхне – плейстоценовые в верхних частях и голоценовые – в средних и нижних частях склонов образования. Литологически – это щебнистые коллювиальные, галечниково-глыбовые моренные, реже делювиальные отложения с суглинистым и глинистым наполнителем, перекрывающие коренные породы. Коренные породы в исследуемом регионе представлены преимущественно аргиллитами с прослоями алевролитов.

В зависимости от уклонов рельефа, при строительстве склоны подрезаются на 3-5 м, что вызывает активизацию обвально-осыпных, селевых и оползневых процессов. В результате их развития происходит дальнейшее вскрытие геологического разреза вверх по склону с обнажением горных пород на глубину до 15-20 м. Таким образом, источником воздействия на окружающую среду в целом и водные экосистемы, в частности, служит та часть геологической среды, которая вовлекается в миграцию.

Повышенные содержания ртути, связанные с наличием месторождений и проявлений киновари в этом регионе могут представлять потенциальную опасность при дальнейшем расширении горнолыжных курортов и новом строительстве в долине р. Мзымты.

Эколого-геохимическая специфика воздействия строительства новых объектов и расширения инфраструктуры горнолыжных курортов в Красной поляне заключается в том, что при этом в процесс активизации включаются не только опасные экзогенные геологические процессы, но и токсичные элементы (ртуть, кадмий, свинец и др.), сосредоточенные в коренных породах аргиллитах и продуктах выветривания горных пород.

В результате геоэкологических исследований, проводимых Северо-Кавказским геоэкологическим центром, в Сочинском регионе было выделено множество локальных геохимических аномалий в почво-грунтах, как природного, так и техногенного генезиса. Ниже приводится краткая характеристика наиболее крупных из них:

- Аномалия расположена, на западном склоне р. Псоу и представлена аномально высокими концентрациями хрома. Учитывая удаленность от мест хозяйственной деятельности человека, и то, что повышенные содержания хрома на данной территории были отмечены в рамках проведения региональных металлогенических исследований, аномалию можно отнести к природным ЛГА.

- Аномалия расположена вдоль федеральной трассы Адлер – Красная Поляна, обусловлена повышенным содержанием свинца, нефтепродуктов, хрома. По расположению вдоль автотрассы и составу загрязнителей аномалию отнести к техногенным ЛГА.

- Аномалия выявлена в районе расположения аэропорта «Сочи». Основным компонентом загрязнения являются нефтепродукты, повышено содержание хрома и свинца, что позволяет эту геохимическую аномалию отнести к техногенным ЛГА.

- Аномалия, расположенная в районе реки Кепши представлена медью, хромом, цинком, свинцом, серебром, фосфором, марганцем. Имеет, предположительно, природное происхождение.

- Аномалия участка расположения Адлерского полигона промышленных и твердых бытовых отходов (ТБО), на правом склоне р. М. Херота. Основными компонентами загрязнения являются нефтепродукты и свинец, концентрации которых достигают опасных значений. В ассоциации элементов-загрязнителей здесь присутствуют галлий, серебро, цинк, медь, хром, никель, фосфор. Эту ЛГА можно отнести к типично техногенным.



- Аномалия района Адлерского вагонного депо, основным компонентом загрязнения являются нефтепродукты, свинец, никель. Также в ассоциации элементов-загрязнителей присутствуют молибден, хром, медь, цинк, олово. Аномалию можно отнести к техногенным ЛГА.

Необходимо отметить, что в районах высокой техногенной нагрузки, приуроченных к долинам рек, существует угроза расширения ореола геохимического загрязнения за счет переноса химических элементов из ЛГА. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются неорганизованные хозяйственно-бытовые стоки населенных пунктов, предприятий жилищно-коммунального комплекса, строительные организации, АЗС, транспорт рекреационные и др. объекты. Для предотвращения загрязнения водных экосистем необходим постоянный контроль соблюдения экологических ограничений для техногенных объектов и водоохраных зон.

Основные виды техногенеза в рассматриваемом районе: строительный, транспортный, рекреационный, селитебный, горно-промышленный, гидротехнический. Техногенная деятельность априори негативно влияет на водные экосистемы. В большинстве случаев на одной территории происходит комплексное воздействие нескольких видов техногенеза, ведущими из которых являются строительство, горно-промышленный комплекс и транспорт. Горно-промышленный комплекс в исследуемом регионе охватывает разработки стройматериалов в карьерах, выборки песчано-гравийного материала из пойм рек, складирование отходов и отвалов строительных грунтов, которые располагаются на склонах рек. Этот вид техногенеза активизирует эрозионные и осыпные процессы, способствующие переносу загрязнителей, что влечет за собой загрязнение водных экосистем. Часть отходов со свалок и отвалов грунтов, стихийно появляющихся на туристских территориях, неизбежно со сточными водами и дождевыми потоками попадает в горные реки и, в конечном итоге, в Черное море, что значительно снижает привлекательность санаторно-курортного отдыха на побережье [8].

Следует отметить, что выявление геохимических закономерностей района и природы локальных геохимических аномалий требует дальнейшего изучения и уточнения. Для минимизации негативного воздействия на водные экосистемы рекомендуется разработка четкого алгоритма исследований техногенной нагрузки, геохимического загрязнения и опасных геологических процессов [10]. В перспективе разработанный алгоритм может применяться в работе искусственного интеллекта для оперативного анализа геоэкологической ситуации и принятия обоснованных управленческих решений.

#### **Выводы.**

1. Сочинский регион характеризуется сложной геоэкологической обстановкой, обуславливающей дополнительные риски деградации водных экосистем.

2. Активное хозяйственное освоение долин рек, без должного учета сложных геоэкологических условий региона и наличия природных и техногенных геохимических аномалий, создает предпосылки для загрязнения водных экосистем.

3. Активизация опасных геологических процессов и бурное развитие транспортного, рекреационного строительства и других форм техногенеза способствуют распространению загрязнения, вызванного расширением площади природных ЛГА и возникновением новых техногенных ЛГА.

4. Для минимизации экологических рисков рекомендуется разработка алгоритма исследований водных экосистем с учетом основных группы факторов негативного влияния на

водные экосистемы: экзогенные геологические процессы; геохимическое загрязнение; техногенная нагрузка.

#### Список литературы

1. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2014 г. [электронный ресурс] Режим доступа: URL:[http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet\\_29.html](http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html) (дата обращения 12.10.18.).
2. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2015 гг. [электронный ресурс] Режим доступа: URL:[http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet\\_29.html](http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html) (дата обращения 20.10.18.).
3. ФГУ «Кубаньмониторингвод» и НИИ прикладной, экспериментальной экологии Кубанского госагроуниверситета. Результаты гидрохимических и гидробиологических наблюдений за состоянием поверхностных вод рек, расположенных в зоне строительства олимпийского комплекса г. Сочи за 2010 г. [электронный ресурс]. Режим доступа: URL:<http://voda.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=6021>(дата обращения 02.06.19.).
4. ФГБУ «ГХИ». Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации.2016. [электронный ресурс] Режим доступа: <http://gidrohim.com/node/80> (дата обращения 17.05.20).
5. ФГБУ «СЦГМС ЧАМ». Обзоры об уровне загрязнения поверхностных вод суши.2019. [электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.pogodasochi.ru/info/85>(дата обращения 02.06.20.).
6. Государственная геологическая карта Российской федерации масштаба 1:200 000. Серия Кавказская. Лист К-37-V. Изд. 2-е / В. А. Лаврищев, Н. И. Пруцкий, В. М. Семенов и др. – СПб. – 2002.
7. Гудкова Н. К. Мониторинг геологической среды олимпийских объектов в Сочи // Системы контроля окружающей среды. 2016. №3(23). С.130 -133.
8. Гудкова Н. К. Олимпийский проект в Сочи: экологические аспекты // Academia. Архитектура и строительство. 2015. №2. С.91-94.
9. Гудкова Н. К., Горбунова Т. Л., Любимцев А. Л. Идентификация экологических рисков, связанных с развитием рекреационно-туристских регионов Черноморского побережья Кавказа на примере комплексной оценки экосистемы горной реки Лаура// Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 1 (35). С. 23-34.
10. Гудкова Н. К., Ренева М. И. Алгоритм исследования территорий с опасными геологическими процессами в Сочинском регионе // Грозненский естественнонаучный бюллетень.2019.Том 4,№3(17). С.34-40.
11. Захарихина Л. В., Литвиненко Ю. С. Радиоэкологические особенности почвенно-растительного покрова долины реки Мзымта Сочинского Черноморского побережья // Агро-ЭкоИнфо. 2019. №4. С.25-30.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТРОВНЫХ ЛЕСОВ ИЗ *ACER NEGUNDO* И *ROBINIA PSEUDOACACIA* В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ЛАНДШАФТЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОРУССИИ**

Гусев А. П., Соколов А. С.

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины», г. Гомель

gusev@gsy.by, alsokol@tut.by

**CHARACTERISTICS OF ISLAND FORESTS FROM *ACER NEGUNDO* AND *ROBINIA PSEUDOACACIA* IN AGRICULTURAL LANDSCAPE OF SOUTH-EASTERN BELARUS**

Gusev A.P., Sokolov A.S.

EE “F. Skorina Gomel State University”, Gomel

gusev@gsy.by, alsokol@tut.by

**Аннотация.** В статье приводится описание островных лесов в пахотном моренно-зандровом ландшафте юго-востока Белоруссии. Всего в них отмечено 14 инвазивных видов. В лесах с доминированием *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia* преобладают виды синантропных классов Artemisietea vulgaris, Robinietaea и Chenopodietea, наиболее высокое постоянство имеют *Chelidonium majus*, *Stenactis annua*, *Urtica dioica*, *Artemisia vulgaris*, *Conyza canadensis*, *Parthenocissus quinquefoli*.

**Ключевые слова:** островные леса, инвазии, фитосоциологический спектр.

**Abstract.** The article describes the island forests in the arable moraine-outwash landscape of the south-east of Belarus. There are 14 invasive species which were recorded in them. In forests with dominating of *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia*, species of the synanthropic classes Artemisietea vulgaris, Robinietaea, and Chenopodietea prevail; the most constant species are *Chelidonium majus*, *Stenactis annua*, *Urtica dioica*, *Artemisia vulgaris*, *Conyza canadensis*, *Parthenocissus quinquefoli*.

**Keywords:** island forests, invasions, phytosociological spectrum.

Растительность данных изолированных островных лесов развивается иначе, нежели зональные сообщества плакоров, и их изучение представляет интерес с точки зрения выявления процессов формирования биоразнообразия территории и общих биогеографических закономерностей [1]. Изолированные и окружённые сельскохозяйственными и селитебными территориями островные леса обладают пониженной устойчивостью к различным видам внешних воздействий, становятся полигоном активного внедрения, разрастания и последующего распространения инвазивных видов.

Вместе с тем такие леса играют важную роль в природно-антропогенных ландшафтах, являясь элементами их экологического каркаса. Всё это обуславливает высокую актуальность всестороннего исследования островных лесов, мониторинг протекающих в них негативных процессов, изучение особенностей внедрения в их состав видов инвазивной флоры.

Целью исследования было изучение интенсивности вторжения чужеродных видов растений в островные леса сельскохозяйственного ландшафта и фитоэкологических характеристик таких лесов. Район исследований находится на юго-востоке Белоруссии и представлен пахотным

моренно-зандровым ландшафтом. В структуре землепользования преобладают пахотные земли (удельная площадь более 73 %), а также застроенные и нарушенные земли (17,8 %). На лесной покров всего лишь 3,3 % площади ландшафта. Средняя площадь лесных массивов составляет 0,85 км<sup>2</sup>. Полевые исследования проводились методом пробных площадей. Названия растений приводятся по С. К. Черепанову [3].

Доминантами в древостое изучаемых лесов выступают как местные (*Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L.), так и чужеродные деревья (*Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L.).

В ходе исследования обнаружено 14 инвазивных видов, которые в значительной степени различаются по своей распространенности. максимальное распространение в островных лесах из инвазивных видов получили деревья – *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia*, встречающиеся примерно на половине всех описанных пробных площадей. Из травянистых видов чаще всего встречается *Solidago canadensis* L. (28 %), из кустарников – *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. (14 %), из лиан – древовидная лиана *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. (13 %). Также из травянистых видов на 15–20 % площадок отмечены *Conyza canadensis* (L.) Cronq. и *Stenactis annua* (L.) Cass., на 10–15 % – *Impatiens parviflora* DC. и *Xanthoxalis fontana* (Bunge) Holub., на 5–10 % – *Impatiens glandulifera* Royle и *Lupinus polyphyllus* Lindl., на менее 5 % площадок – *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray и *Galinsoga parviflora* Cav.

Рассмотрим особенности островных лесов с доминированием инвазивных деревьев – *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia*. Видовой состав этих типов лесов имеет существенное сходство. Так, в напочвенном покрове высоким постоянством в обоих сообществах обладают виды-нитрофилы *Chelidonium majus* L., *Artemisia vulgaris* L., *Urtica dioica* L., *Arctium lappa* L., а также адвентивные виды *Stenactis annua*, *Conyza canadensis*, *Solidago canadensis*, лиана *Parthenocissus quinquefolia*. Имеются ряд видов, встречающихся в заметном количестве лишь в одном типе сообществ: в лесах с доминированием *Acer negundo* это *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H.Wigg., *Geum urbanum* L., *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Impatiens glandulifera* и др., в лесах с доминированием *Robinia pseudoacacia* это *Glechoma hederacea* L., *Oxalis stricta* L. и др.

Почти весь древесный ярус и подрост состоит из адвентивных видов. В лесах из *Acer negundo* подрост данного вида в среднем составляет 78,3 %, а подрост *Robinia pseudoacacia* – 19,8 % общего количества данного яруса; лесах из *Robinia pseudoacacia* подрост *Acer negundo* составляет в среднем 59,3 %, подрост *Robinia pseudoacacia* – 40,7 %. Показатели адвентивизации в синантропизации напочвенного покрова также высоки – в обоих сообществах около 40 % всех видов данного яруса составляют адвентивные виды. Из общего количества видов в рассматриваемых сообществах более 2/3 являются синантропными видами. Также высокую долю в данных сообществах составляют нитрофильные виды – около 1/4 всех видов. Доля луговых видов составляет менее 10 %, лесные виды представлены единично. Из всех изученных типов леса именно в лесах с древесным ярусом из инвазивных видов наблюдается самая высокая степень адвентивизации, практически весь напочвенный покров представлен исключительно луговыми, синантропными и адвентивными видами, а лесные виды почти полностью отсутствуют.

Экологические условия сообществ с доминированием чужеродных деревьев были оценены нами с помощью экологических (фитоиндикационных) шкал Д. Н. Цыганова и Х. Элленберга [2, 4] (таблица 1).

Таблица 1

**Характеристика экологических режимов островных лесов с доминированием *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia***

Экологическая шкала	AN*	RP
Hd – шкала влажности почв**	11,33 (10,54–11,96)****	11,39 (10,95–11,92)
fH – шкала переменности увлажнения почв**	6,41 (5,00–7,17)	7,08 (6,38–8,00)
Tr – шкала трофности почв**	7,21 (6,46–8,00)	7,31 (7,00–7,92)
Nt – шкала азотного богатства**	7,68 (7,08–8,36)	7,66 (6,95–8,25)
Rc – шкала кислотности-щелочности условий**	6,95 (6,64–7,13)	6,74 (6,50–6,86)
Lc – шкала затененности**	3,23 (2,65–3,71)	3,41 (2,92–4,00)
T – термоклиматическая шкала***	6,00 (5,75–6,25)	6,07 (5,91–6,20)
K – шкала континентальности климата***	4,98 (4,00–5,60)	4,57 (4,00–5,00)
F – шкала влажности почв***	5,32 (4,50–5,90)	5,20 (4,85–5,50)
N – шкала азотного богатства***	7,14 (6,54–7,67)	7,23 (6,75–7,70)
R – шкала кислотности-щелочности условий***	7,17 (7,00–7,50)	6,70 (6,20–7,00)
L – шкала освещенности***	6,81 (6,11–7,77)	6,73 (6,00–7,00)

Примечание: \* – AN – сообщества с доминированием *Acer negundo* L., RP – сообщества с доминированием *Robinia pseudoacacia* L.; \*\* – фитоиндикационная шкала Д. Н. Цыганова; \*\*\* – фитоиндикационная шкала Х. Элленберга; \*\*\*\* – в скобках указаны диапазоны значений.

Особенности фитосоциологического спектра рассматриваемых сообществ заключаются в следующем. В составе лесов с доминированием *Acer negundo* преобладают виды синантропного класса рудеральных сообществ высокорослых двулетних и многолетних видов *Artemisietea vulgaris* 25,1 (9,1–42,9) %, а с доминированием *Robinia pseudoacacia* – виды синантропного класса городской спонтанной древесной растительности и сообщества искусственных насаждений *Robinietea* 29,1 (25,0–50,0) %. Кроме того, в последних значительно выше доля видов класса полуестественных и антропогенных нитрофильных сообществ затененных мест и опушек *Galio-Urticetea* – 19,2 (7,7–33,3) % против 7,4 (0,0–22,2) % в лесах с доминированием *Acer negundo*. Заметную долю в обоих сообществах занимают виды синантропного класса сообществ однолетников, представляющих начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений и сорнополевых сообществ пропашных культур *Chenopodietea* – 13,6 (0,0–21,4) % в лесах с доминированием *Acer negundo* и 17,2 (0,0–46,2) % в лесах с доминированием *Robinia pseudoacacia*. В сумме виды синантропных классов абсолютно преобладают и составляют в сообществе *Acer negundo* 61,1 (45,5–71,4) %, в сообществе *Robinia pseudoacacia* – 53,9 (45,5–69,2) %. Виды лугового класса *Molinio-Arrhenatheretea* в среднем составляют около 10 % всех видов.

Таким образом, островные леса из *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia* в окружении сельскохозяйственного ландшафта в условиях юго-востока Белоруссии характеризуются интенсивным внедрением адвентивных видов, абсолютным преобладанием синантропных видов синантропных классов растительности, практически полным отсутствием лесных видов, значительной долей нитрофильных видов. В подросте также отсутствуют нативные виды.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта №Б20Р-090.*

#### Список литературы

1. Леонова, Н. Б. Фиторазнообразие островных лесов в агроландшафте юга Архангельской области / Н. Б. Леонова, И. Н. Горяинова, Г. Д. Мухин // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – № 3. – 2015. – С. 40–50.
2. Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука. 1983. – 196 с.
3. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
2. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas // H. Ellenberg. – Gottingen: Goltze, 1974. – 97 S.

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СРЕДНЕГОДОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ДЛИНЕ Р. ЛЕНА**

Даниленко А. О., Давыдова Н. И.  
ФГБУ «Гидрохимический институт»  
г. Ростов-на-Дону

**THE LONG-TERM DYNAMIC OF OIL PRODUCTS' MEAN CONCENTRATIONS  
ALONG THE LENA RIVER**

Danilenko A.O., Davydova N.I.  
FSBI «Hydrochemical Institute»  
Rostov-on-Don

**Аннотация:** антропогенная нагрузка в бассейне р. Лена связана с влиянием различных типов промышленности (в том числе и топливно-энергетической) в республике Саха (Якутия), а также с загрязнением речных вод затопленным водным транспортом, создающим опасность эмиссии оставшихся в нем горюче-смазочных материалов. В работе дана оценка пространственной неоднородности концентраций нефтепродуктов по длине реки, а также охарактеризована их многолетняя динамика с 2003 по 2019 гг. Показано, что среднегодовые концентрации нефтепродуктов постоянно превышают нормативы только в пунктах наблюдений, расположенных ближе к устью реки. В отдельные годы загрязнение р. Лена также происходило по причине утечек нефтепродуктов с территорий нефтебаз.

**Ключевые слова:** р. Лена, нефтепродукты, динамика концентраций

**Abstract:** anthropogenic load in the Lena river drainage basin is caused by various types of industry (including oil production) in the Republic of Sakha (Yakutia), as well as the pollution of river waters by flooded water transport, which creates a danger of emission of the remnant oil products. The paper provides an assessment of the spatial heterogeneity of the concentrations of oil products along the river, and also characterizes their long-term dynamics from 2003 to 2019. It is shown that the mean of concentrations constantly exceed the normative levels at observation points located not far from estuary. In some years, the pollution of the Lena also leaked oil products from the territory of oil depots.

**Keywords:** Lena river, oil products, dynamic of concentrations

**Введение**

Река Лена – крупнейшая река Северо-Восточной Сибири, впадает в море Лаптевых, протекает по территории Иркутской области и Республики Саха (Якутия). Протяженность реки – 4400 км, площадь бассейна – 2490 тыс. км<sup>2</sup>. Основное питание реки и ее притоков составляют талые снеговые и дождевые воды, так как повсеместное распространение вечной мерзлоты мешает питанию рек грунтовыми водами [1].

На качество поверхностных вод р. Лена и ее бассейна оказывает влияние хозяйственная деятельность объектов горнодобывающей промышленности, энергетики, коммунального хозяйства, водного транспорта, нефтебазового хозяйства, сельского хозяйства при непосредственном сбросе в них сточных вод, а также за счет поступления загрязняющих веществ с

прилегающих к населенным пунктам территорий. Антропогенная нагрузка отражается на химическом составе воды [1]: на территории Республики Саха (Якутия) наиболее характерными загрязняющими веществами поверхностных вод являются фенолы, соединения меди, железа, а также органические вещества, оцениваемые по потреблению кислорода на их окисление (по ХПК).

Нефтепродукты являются одним из наиболее опасных видов загрязнения водных объектов. В бассейне р. Лена их источником являются не только нефтебазы, но и речной транспорт (а также порты и судоверфи), который занимает особое положение в экономическом развитии Якутии из-за низкой транспортной обеспеченности республики, сложившейся географии внутренних водных путей, их высокой пропускной способности и низких капиталозатрат использования для организации судоходства. Река Лена является главной транспортной магистралью, связывающей районы Дальнего Севера с другими регионами страны.

Следует иметь в виду, что любое судно относится к потенциальным источникам загрязнения поверхностных вод. В процессе эксплуатации судовых механизмов образуется особый вид отходов – подсланевые нефтесодержащие воды, которые скапливаются под сланями (лялями) машинных отделений. Несмотря на то, что объем перевезенных речным транспортом грузов в РС (Якутия) увеличивается с каждым годом, при этом лишь на 35 % транспортного флота имеются автономные установки по очистке нефтесодержащих вод [2]. Еще одной известной экологической проблемой р. Лена остается большое число затонувших судов (98 единиц по данным на 2018 г.), имеющих на борту горюче-смазочные материалы [3].

В связи с вышеизложенным, в работе дана оценка пространственного распределения среднегодовых концентраций нефтепродуктов по длине реки и выявлены участки, где наблюдается регулярное превышение рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций. Также охарактеризована многолетняя динамика среднегодовых концентраций нефтепродуктов в пунктах наблюдений на участке реки с 3971 по 111 км от устья.

### **Материалы и методы**

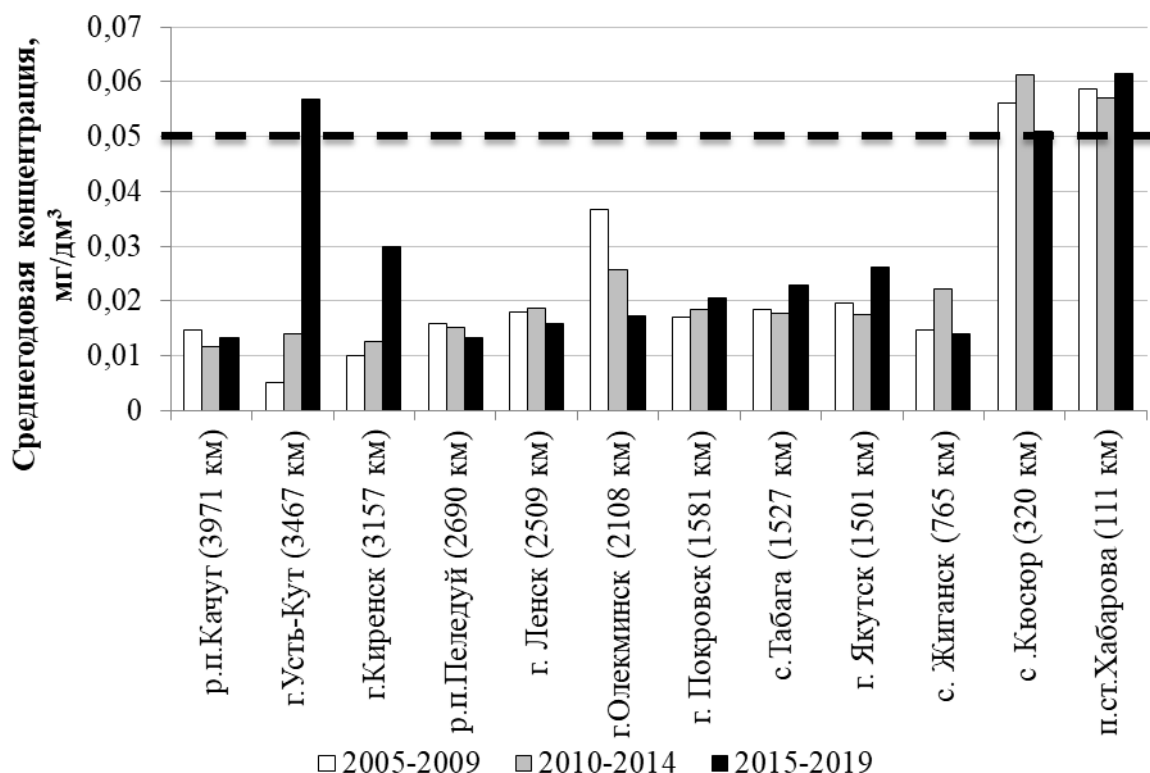
В качестве объекта исследования выбрана река Лена. Для исследования многолетней динамики содержания нефтепродуктов в её воде использованы данные режимных гидрохимических наблюдений, полученные Государственной наблюдательной сетью Росгидромета в период с 2003 по 2019 годы. Математические расчеты выполнены с использованием программ MS Excel 2016 и Statistica 13.0.

### **Результаты и обсуждение**

В СМИ регулярно поднимаются вопросы антропогенного загрязнения воды р. Лена нефтепродуктами. Однако результаты государственного мониторинга не выявляют хронического превышения концентрациями нефтепродуктов установленных нормативов рыбохозяйственных ПДК по длине реки. На всем протяжении Лены выделяются только два пункта наблюдений, где много лет среднегодовая концентрация этих загрязняющих веществ держится на уровне 1-2 ПДК: с. Кюсюр и полярная станция Хабарова (рисунок 1). По-видимому, основным источником поступления нефтепродуктов здесь является речное судоходство, так как в годовом разрезе их максимальные концентрации отмечаются в период активного судоходства – в 5-8 месяце. Эпизодически резкое увеличение среднегодовых концентраций нефтепродуктов фиксируется в створе ниже г. Усть-Кут, в связи с чем среднегодовая концентрация также возрастает. Причины этого явления имеют исключительно антропогенный характер и связаны с непосредственным влиянием расположенной выше по тече-



нию нефтебазы. Также необходимо отметить периодическое превышение содержания нефтепродуктов в пробах воды (в отдельные годы – в большинстве таких проб), отобранных на участке реки Лена ниже г.Киренск.



**Рис. 1.** Распределение среднегодовых концентраций нефтепродуктов по длине р. Лена с 2005 по 2019 гг. Линия ПДК отмечена пунктиром.

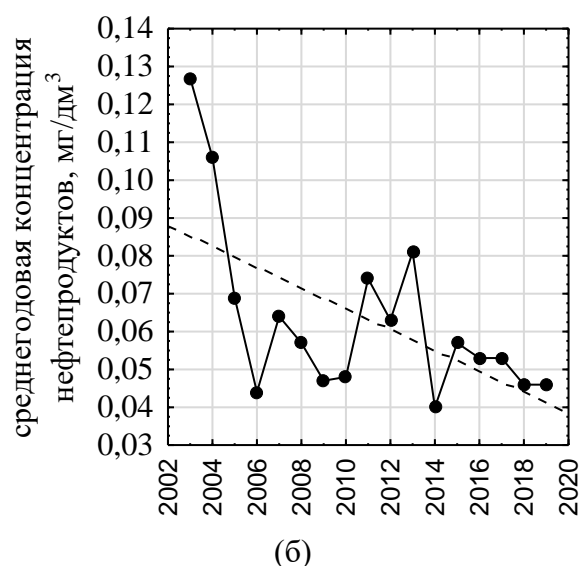
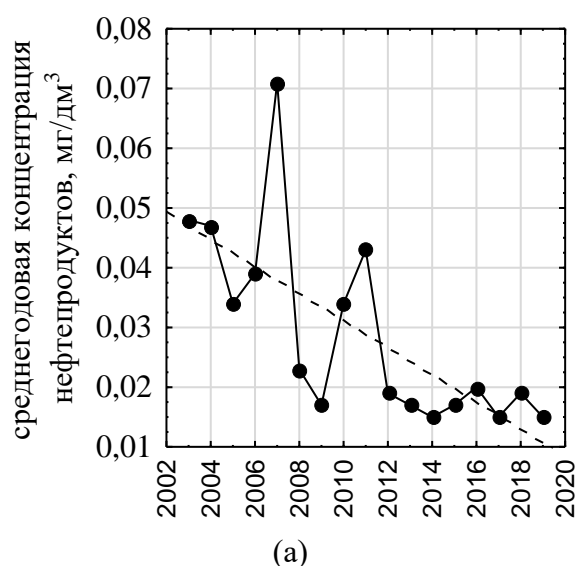
Регрессионный анализ многолетней динамики среднегодовых концентраций нефтепродуктов по длине р.Лена выявил положительные (с экологической точки зрения) тенденции статистически значимого их снижения у г. Олекминск и близ с. Кюсюр (таблица 1, рисунок 2). В остальных пунктах наблюдений с 2003 года среднегодовые концентрации нефтепродуктов не претерпели существенных изменений.

Таблица 1

**Параметры уравнений линейных трендов среднегодовых концентраций нефтепродуктов р.Лена**

№ п/п	Населённый пункт	Створ наблюдений	Уравнение линейного тренда среднегодовых концентраций нефтепродуктов с 2003 по 2019 гг.
1	р. п.Качуг	2.5 км ниже судовой верфи	$y = 0,0002x + 0,0102; R^2 = 0,02$ при $p > 0,05$
2	г.Усть-Кут	1 км ниже нефтебазы	$y = 0,0033x - 0,0034; R^2 = 0,23$ при $p > 0,05$
3	г.Киренск	2.5 км ниже Киренской РЭБ	$y = 0,0015x + 0,0039; R^2 = 0,10$ при $p > 0,05$
4	р. п.Пеледуй	1 км. выше п.Пеледуй	$y = -0,0005x + 0,0198; R^2 = 0,15$ при $p > 0,05$
5	г.Ленск	4 км ниже г.Ленск	$y = -0,0002x + 0,0199; R^2 = 0,04$ при $p > 0,05$

6	г.Олекминск	1,5км ниже г.Олекминск	$y = -0,0023x + 0,0494; R^2 = 0,51$ при $p < 0,001$
7	г. Покровск	0,5км ниже г. Покровск	$y = 2 \cdot 10^{-5}x + 0,019; R^2 = 0$ при $p > 0,05$
8	с.Табага	1,3 км выше с.Табага	$y = 9 \cdot 10^{-5}x + 0,0189; R^2 = 0,01$ при $p > 0,05$
9	г.Якутск	2 км ниже г.Якутск	$y = 0,0002x + 0,0196; R^2 = 0,04$ при $p > 0,05$
10	с.Жиганск	0,5км выше с.Жиганск	$y = -0,0008x + 0,0264; R^2 = 0,13$ при $p > 0,05$
11	с.Кюсюр	в черте с.Кюсюр	$y = -0,0027x + 0,0878; R^2 = 0,35$ при $p < 0,002$
12	п. ст.Хабарова	4км. на юоз от п. ст.Хабарова	$y = -0,0005x + 0,0661; R^2 = 0,07$ при $p > 0,05$



**Рис. 2.** Многолетняя динамика среднегодовых концентраций нефтепродуктов в (а) г. Олекминск и (б) у с. Кюсюр. Линия тренда отмечена пунктиром.

Заметно, что наиболее выраженные изменения среднегодовых концентраций нефтепродуктов у с. Кюсюр произошли в 2003-2004 гг., однако по настоящее время здесь регулярно фиксируется превышение рыбохозяйственных ПДК. У г. Олекминск с 2012 года концентрации нефтепродуктов колеблются на уровне всего 0,5 ПДК.

Таким образом, несмотря на периодически публикуемые материалы о загрязнении р. Лена нефтепродуктами, поступающими с нефтебаз или затопленных речных судов, хронического повышения концентраций этих загрязняющих веществ по длине реки практически нигде не отмечено. Исключение составляют пункты, расположенные ближе к устью реки – с. Кюсюр и полярная станция Хабарова. В связи с тем, что в этом районе нет крупных нефтеперерабатывающих комплексов, а также с тем, что максимальные концентрации нефтепродуктов здесь отмечаются в судоходный период, основным источником поступления нефтепродуктов может быть, по-видимому, речной флот. В то же время периодическое резкое возрастание концентраций нефтепродуктов у г. Усть-Кут вызвано их утечками с нефтебазы. В целом же, вода р. Лена в настоящее время относится к классу ЗБ «очень загрязненная», но характерными загрязняющими веществами здесь являются не нефтепродукты, а фенолы, органические вещества (по ХПК), соединения ряда тяжелых металлов.

## Список литературы

1. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохран-ных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Якутское УГМС» за 2019г. – Ч. 1. – Якутск, 2020. – 437с.
2. Курносов А. Д., Анганова Е. Б., Савилов Е. Д. Оценка качества вод бассейна реки Лены по содержанию нефтепродуктов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН – 2007. –№6 (58). – С. 137- 139.
3. Вальдман Н. А., Викторов С. В., Илюхин В. Н., Озерова Л. Л. Влияние затонувших судов на экологическую безопасность прибрежных акваторий и береговых зон России // Тр. Крыл. государственного научного центра. – 2019. – Т.4 – № 390 –С. 231 – 244.

**ЗООПЛАНКТОН ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНОВ ЧЁРНОГО МОРЯ В  
ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2019 Г**

Дацык Н. А., Аннинский Б. Е., Финенко Г. А.

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени  
А. О.Ковалевского РАН»,  
г. Севастополь  
e-mail: dacikn@yandex.ru

**ZOOPLANKTON OF OPEN REGIONS OF THE BLACK SEA IN  
AUTUMN 2019**

Datsyk N. A., Anninsky B. E., Finenko G.A.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,  
Sevastopol

**Аннотация.** По материалам 110 рейса НИС «Профессор Водяницкий» в октябре 2019 г., проанализировано состояние зоопланктонного сообщества в глубоководных районах Чёрного моря. Рассмотрены региональные колебания численности, биомассы и видового разнообразия кормового зоопланктона. Существенные различия между численностью и биомассой копепод, а также кормового зоопланктона в целом в октябре 2005 и 2019 гг. свидетельствует о том, что на фоне относительной стабилизации экосистемы в начале этого столетия в структуре мезопланктонного сообщества по-прежнему могут происходить сильные изменения, в основном связанные с популяционной динамикой массовых планктофагов и климатическими особенностями последних лет.

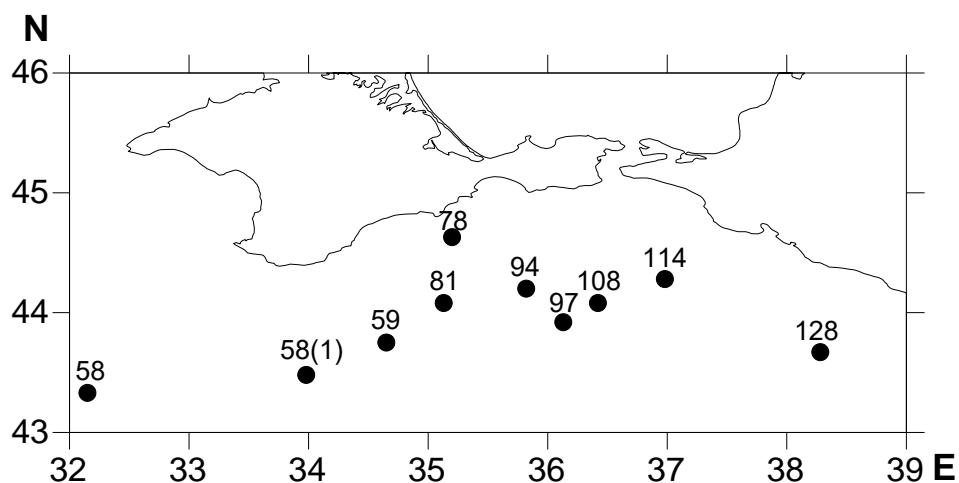
**Ключевые слова:** кормовой зоопланктон, численность, биомасса, Чёрное море

**Abstract.** Based on the materials of cruise 110 of the R / V Professor Vodyanitsky in October 2019, the state of the zooplankton community in the open regions of the Black Sea was analyzed. Regional fluctuations in the abundance, biomass and species diversity of forage zooplankton are considered. Significant differences in the abundance and biomass of copepods (as well as forage zooplankton in general) between October 2005 and 2019 may indicate that strong changes in the structure of the mesoplankton community may still occur against the background of relative stabilization of the ecosystem. Apparently, they are mainly associated with the dynamics of the abundance of mass planktophages as well as climatic features of recent years.

**Keywords:** forage zooplankton, abundance, biomass, Black Sea

Мезопланктон – важный компонент морских пелагических экосистем. Данных по зоопланктону открытой части Чёрного моря известно мало [4, 5]. Цель исследований – оценка современного состояния и межгодовой изменчивости черноморского мезопланктона при условно «стабильном» функционировании пелагической экосистемы моря в последние десятилетия.

**Материалы и методы.** В 110-ом рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (4–22 октября 2019 г.) пробы зоопланктона отбирали на 10 станциях, находящихся в глубоководных районах Чёрного моря в основном вблизи южного берега Крыма (рис 1).



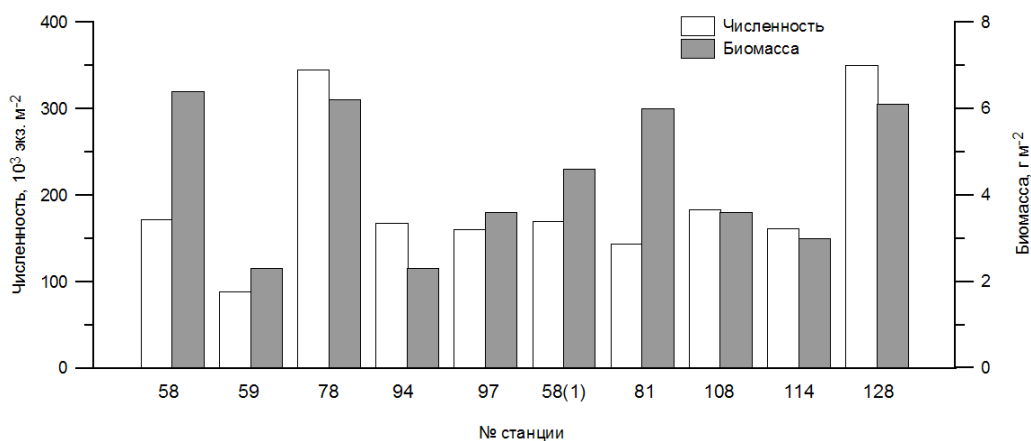
**Рис. 1.** Карта-схема станций планктонных работ в глубоководных районах Чёрного моря в 110-ом рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (4–22 октября 2019 г.).

Пробы мезопланктона отбирали стандартной сетью Джели (площадь облова  $0.1 \text{ м}^2$ , ячея  $112 \text{ мкм}$ ), методом вертикальных ловов от нижней границы кислородной зоны ( $\sigma_t = 16.2$  – по данным зонда “Sea-Bird’s *STD plus*”) до поверхности моря. Материал фиксировали 4 % забуференным боратами формалином, определяли и измеряли в лаборатории под микроскопом. Их массу тела находили по известным линейно-весовым соотношениям [3], биомассу всего мезозоопланктона рассчитывали с учетом численности организмов в пробе. К кормовому зоопланктону относили всех планктонных животных, кроме желетельных форм и динофлагелляты *Noctiluca scintillans* Macartney, 1810.

**Результаты и обсуждение.** Состав мезопланктона был характерным для середины осени. Копеподы были представлены типичными для Черного моря видами: *Acartia clausi* Giesbricht, 1889 + *A. tonsa* Dana, 1849, *Calanus euxinus* Hulsemann, 1991, *Pseudocalanus elongatus* Boek, 1865, *Paracalanus parvus* Claus, 1863, *Centropages ponticus* Karavaev, 1895, *Oithona davisae* Ferrari F. D & Orsi, 1984 и *Oithona similis*, Cladocera. Кроме того, значительную часть численности и биомассы всех организмов составляли хетогнаты *Parasagitta setosa* J. Müller, 1847 и аппендикулярии *Oikopleura dioica* Vexillaria Fol, 1872.

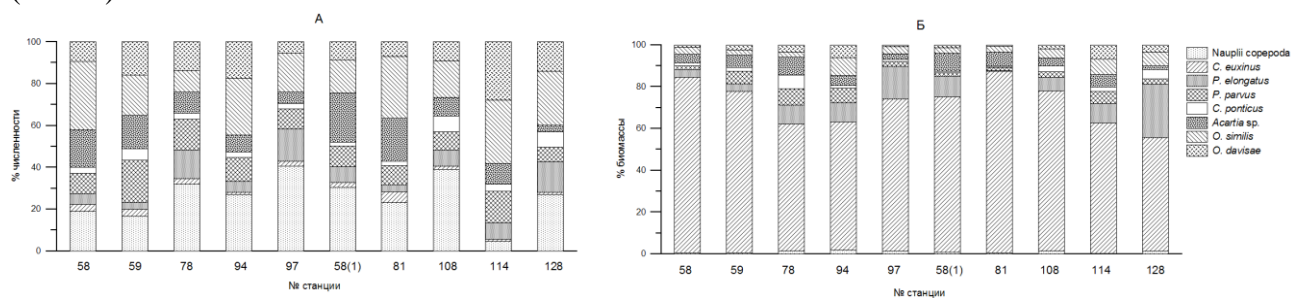
Общая численность мезопланктона колебалась на станциях в пределах  $88$ – $363$  тыс. экз.  $\text{м}^{-2}$  (ст. № 59 и 78, соответственно) и в среднем составляла  $199.8 \pm 28.1$  тыс. экз.  $\text{м}^{-2}$ . При этом средняя доля некормовых видов в его составе не превышала 3 %. Также, как и в случае всего мезопланктона, численность кормовых видов была особенно высока на траверзе м. Меганом (ст. № 78) и в восточной части моря (ст. № 128), где она достигала  $350$  и  $345$  тыс. экз.  $\text{м}^{-2}$ , соответственно (рис. 2). Резкое увеличение численности планктеров на этих станциях в основном было обусловлено большим количеством науплиусов копепод, насчитывающих здесь около 30% всех организмов. Биомасса всего кормового зоопланктона изменялась по станциям от  $2.3$  до  $6.4 \text{ г м}^{-2}$  и находилась в среднем на уровне  $4.4 \pm 0.5 \text{ г м}^{-2}$ .

В кормовом зоопланктоне по численности и биомассе доминировали копеподы, в среднем составляющие  $\sim 90$  % общей численности и  $\sim 86$  % биомассы кормовых организмов.



**Рис. 2.** Численность и биомасса кормового зоопланктона в Черном море в октябре 2019 г.

Среди массовых копепод по численности всюду преобладали такие виды, как *O. similis* и *O. davisae* (58 %), *A. clausi* и *A. tonsa* (24 %), *P. parvus* (20 %) и *P. elongatus* (<16 %) (Рис. 3). На долю рачка *C. euxinus* в среднем приходилось лишь около 2 % численности всех копепод. Однако по биомассе, достигающей в среднем ~ 73% всей биомассы копепод или ~63% биомассы кормовых организмов, этот вид единолично доминировал во всей глубоководной части моря. Субдоминирующие позиции повсюду занимал *P. elongatus* (<16 %).



**Рис. 3.** Относительная численность (А) и биомасса (Б) отдельных видов копепод в глубоководных районах Черного моря в октябре 2019 г.

Кладоцеры были представлены практически одним видом *Pleopis polyphemoides* Leuckart, 1859 с невысокой численностью во всех районах моря, меропланктон – единичными экземплярами личинок полихет и моллюсков. В процентном соотношении к общей биомассе кормового зоопланктона на долю кладоцер и меропланктона приходилось менее 1%.

В популяции аппендикулярии *O. dioica* осенью преобладали особи длиной до 2 мм, которые иногда (ст. № 114) вносили довольно весомый вклад в численность (22%) и биомассу (29%) кормовых организмов. Однако обычно доля этого вида в суммарной численности и биомассе кормового зоопланктона была близка к 8–9 %. Хетогната *P. setosa* из-за невысокой численности и обычно небольших размеров особей (<10 мм), также существенно не влияла на численность и биомассу осеннего зоопланктона в целом.

Сравнение численности и биомассы копепод и кормового зоопланктона в глубоководном районе Черного моря в октябре 2019 с результатами более ранних исследований в октябре 2005 г. (рейс НИС «Владимир Паршин») показало, что в 2019 г. величины средней суммарной численности зоопланктона были значительно выше, а биомассы – ниже, чем в 2005 г. (табл. 1).

Таблица 1

## Численность и биомасса мезопланктона в Черном море в октябре 2019 г. и 2005 гг.

Виды и группы мезозоопланктона	4–22 октября 2019 г. (110 рейс НИС «Профессор Водяницкий»)		6–14 октября 2005 г. (рейс НИС «Владимир Паршин». [2])	
	Численность, тыс. экз. м <sup>-2</sup>	Биомасса, г м <sup>-2</sup>	Численность, тыс. экз. м <sup>-2</sup>	Биомасса, г м <sup>-2</sup>
<i>N. Copepoda</i>	47.46 ± 9.96	0.04 ± 0.01	2.93 ± 0.43	< 0.01
<i>Acartia</i> spp.	19.60 ± 3.30	0.2 ± 0.04	62.30 ± 11.80	0.97 ± 0.20
<i>Calanus euxinus</i>	3.90 ± 0.73	2.78 ± 0.45	20.20 ± 3.60	6.19 ± 1.11
<i>Pseudocalanus elongates</i>	16.65 ± 4.90	0.36 ± 0.12	36.00 ± 8.00	1.05 ± 0.20
<i>Paracalanus parvus</i>	19.30 ± 3.20	0.14 ± 0.03	17.70 ± 4.80	0.17 ± 0.05
<i>Centropages ponticus</i>	7.10 ± 2.00	0.09 ± 0.03	0.90 ± 0.04	0.02 ± 0.01
<i>Oithona similis</i>	38.20 ± 6.00	0.15 ± 0.02	5.30 ± 1.32	0.02 ± 0.01
<i>Oithona davisae</i>	22.30 ± 4.50	0.09 ± 0.02	–	–
Copepoda Σ	174.40 ± 24.80	3.80 ± 0.50	125.10 ± 13.40	7.13 ± 1.94
Cladocera Σ	0.62 ± 0.24	0.01 ± 0.00	5.51 ± 5.08	0.19 ± 0.17
Meroplankton	1.24 ± 0.45	0.01 ± 0.00	2.95 ± 0.45	< 0.01
<i>Noctiluca scintillans</i>	5.60 ± 1.80	0.50 ± 0.20	2.40 ± 1.17	0.15 ± 0.04
<i>Parasagitta setosa</i>	0.70 ± 0.20	0.20 ± 0.06	4.80 ± 0.90	1.12 ± 0.27
<i>Oikopleura dioica</i>	16.30 ± 3.60	0.40 ± 0.09	7.50 ± 2.20	0.25 ± 0.07
Суммарный зоопланктон	199.80 ± 28.10	4.90 ± 0.60	161.00 ± 20.70	10.01 ± 1.36
Кормовой зоопланктон	194.30 ± 26.70	4.40 ± 0.50	153.90 ± 20.30	8.72 ± 1.25

В большей степени это связано со значительным вкладом в общую численность кормового зоопланктона представителей рода *Oithona* – до 30%, в частности, вида-вселенца *Oithona davisae*, который был обнаружен в Черном море в 2005 г [1], а также науплиусов копепод, доля которых в среднем составляла 25%. Наличие значительного количества науплиусов и младших копеподитных стадий развития свидетельствует об активном размножении многих видов копепод в период наблюдений. В 2005 г этот процесс протекал по-видимому менее активно, либо в большей мере контролировался планктофагами. Несмотря на более высокую численность мелких рачков в 2019 г., они внесли лишь незначительный вклад в общую биомассу копепод и в целом не компенсировали существенного отставания от биомассы рачкового планктона в 2005 г. Вероятно наиболее заметная особенность мезопланктона в 2019 г. – невысокая биомасса копеподы *C. euxinus*. Хотя его доля в биомассе кормового зоопланктона сократилась за эти годы незначительно (с 71 до 63 %), снижение самой биомассы оказалось более чем 2-х кратным. Наблюдаемые различия в состоянии мезопланктонного сообщества Чёрного моря в 2005 и 2019 гг. указывают на сильную зависимость ежегодного развития популяций от хищнического пресса видов-планктофагов, а также погодно-климатических

факторов, по-видимому имеющих особое значение в критические периоды популяционного развития.

В целом, на основании приведенных результатов можно заключить, что в настоящее время состояние зоопланктонного сообщества продолжает стабилизироваться после коллапса конца 80-х, вызванного вселением северо – атлантического гребневика *Mnemiopsis leidyi*. Вселение другого вида гребневиков – *Beroe ovata* – в конце 90-х кардинально изменило ситуацию в планктонном сообществе Чёрного моря, в результате чего как в шельфовых, так и глубоководных районах началось восстановление видового и количественного состава зоопланктонного сообщества [6].

Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» (Регистрационный номер НИОКТР АААА-А18-118021490093-4) и при частичной поддержке проекта РФФИ и г. Севастополя р\_а 18-44-920022 «Отклик черноморской пелагической экосистемы на изменение климата в регионе (на примере медуз, гребневиков и мелких пелагических рыб).

#### Список литературы

1. Алтухов Д. А., Губанова А. Д. *Oithona brevicornis* Giesbrecht в Севастопольской бухте в октябре 2005 – марте 2006 гг. // Морской экологический журнал. 2006. Т. 5, №2. С. 32.
2. Аннинский Б. Е., Тимофеев Ф. Распределение зоопланктона в западном секторе Чёрного моря в октябре 2005 г. // Морской экологический журнал. 2009. Т. 8, № 1. С. 17-31.
3. Петина Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Чёрного моря // Труды Севастопольской биологической станции. 1957. Т. 9. С. 39-57.
4. Суточная динамика и вертикальное распределение пелагических Copepoda в открытых водах у юго-западного Крыма (Чёрное море) осенью 2010 г. / А. В. Темных, Ю. Н. Токарев, В. В. Мельников, Ю. А. Загородняя // Морской экологический журнал. 2012. Т. 11, no. 2. С. 75-84.
5. Mesozooplankton in the open Black Sea: Regional and seasonal characteristics / E. G. Arashkevich [et al.] // Journal of Marine Systems. 2014. vol. 135. P. 81-96.
6. Population dynamics, ingestion, growth and reproduction rates of the invader *Beroe ovata* and its impact on plankton community in Sevastopol Bay, the Black Sea / G. A. Finenko [et al.] // Journal Plankton Research. 2003. vol. 25. no. 5. P. 539-549



**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ МАРУХА  
КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Дева Н. С., Каракетов И. К.

Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева

г. Карачаевск

dega999@mail.ru

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF SURFACE WATERS OF THE MARUKHA  
RIVER KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC**

Dega N.S., Karaketov I.K.

Umar Aliev Karachai-Cherkess State University

Karachayevsk

**Аннотация.** В результате гидрохимического мониторинга поверхностных вод р. Маруха, методом комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод, отмечено значительное загрязнение воды в реке с 2017 по 2019 гг., качество воды характеризуется в это период как загрязненное 3 класса разряда "а". С 2008 по 2017 гг. годовые стоки воды понизились на 28,11 млн. м<sup>3</sup>, что составляет 8%. Причина гидрохимической трансформации реки состоит в увеличении антропогенных нагрузок на горную местность без соблюдения санитарных норм и экологических правил.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, загрязнение, комплексные индексы загрязнения

**Abstract.** As a result of hydrochemical monitoring of the surface waters of the Marukha River, using the method of a comprehensive assessment of the degree of contamination of surface waters, significant water pollution in the river from 2017 to 2019 was noted, water quality is characterized during this period as polluted 3 grade "a." From 2008 to 2017. annual water runoff decreased by 28.11 million m<sup>3</sup>, which is 8%. The reason for the hydrochemical transformation of the river is the increase in anthropogenic loads on the mountainous area without observing sanitary and environmental rules.

**Keywords:** surface water, pollution, integrated pollution indices

Маруха - горная река, протекающая на территории туристического района Архыз в Карачаево-Черкесской Республике. Долина реки расположена к западу от долины р. Аксаут и имеет северо-восточное направление. От истока до Передового хребта долина имеет троговый вид, в пределах Передового хребта - V-образный и в Северо-Юрской сии - ящикообразный. Длина реки составляет 78 км, площадь водосбора 394 км<sup>2</sup>, средняя высота водосбора 2280 м (Лурье, 2002).

Истоки реки лежат в обширном цирке, который почти полностью занимает Марухский ледник. Ледник Марухский - отступающий. Его конец лежал в 1990 г. у бараньих лбов на месте бывшей гляцстанции. В настоящее время он лежит от нее в 900 м, с 1967 по 2000 гг. ледник отступил на 168 м, с 2000 по 2015 гг. на 132 м. Современная скорость отступления около 10 м в год [1] (рис. 1).



**Рис. 1.** Характер отступления Марухского ледника

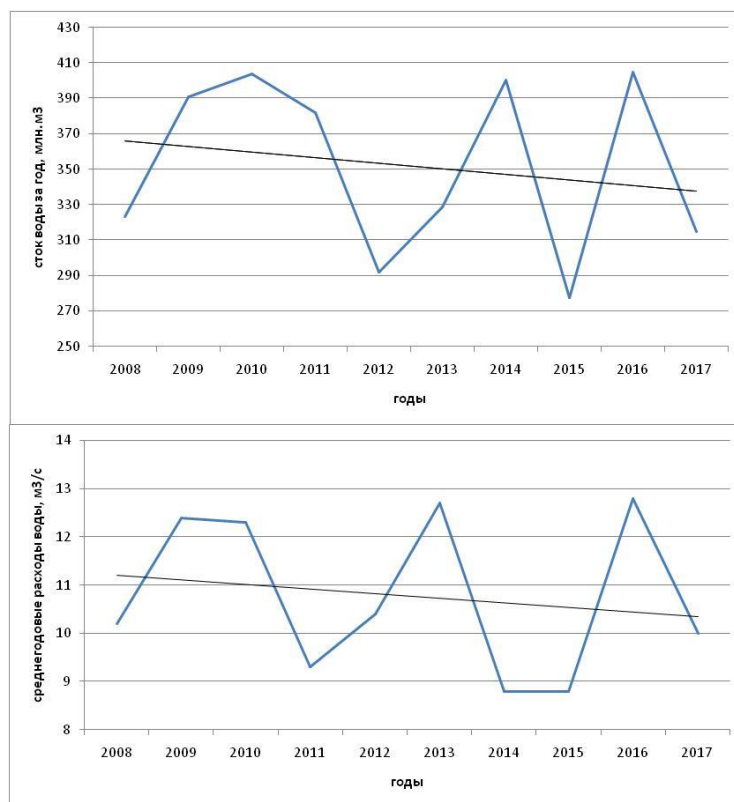
Река Маруха в верховьях имеет стремительное бурное течение, она пробивается между валунами и в узком ущелье "Медвежья пасть" течет сквозь скалистые террасы. Прорезая Передовой хребет, река протекает в узком каньонообразном ущелье. До озера Каракель река преодолевает несколько уступов. Русло реки умеренно извилистое, неразветвленное. В трех местах река обрушивается со скальных уступов мощными водопадами.

Преобладающая скорость течения реки в верховьях 1,0-1,1 м/с, ниже озера Каракель она составляет 1,0 м/с и к северу от Передового хребта - около 2,0 м/с. Ниже селения Маруха река протекает в Северо-Юрской депрессии. Водоразделы на этом участке реки имеют высоту 500-600 м в начале участка и 50-100 м вблизи устья. Крутизна склонов незначительная и не превышает 15-20 %. Русло реки довольно разветвленное, прямое, с большим количеством островов. На реке встречается большое количество рукавов, с шириной до 10-15 м. Река Маруха не глубокая, в межень уровень воды опускается ниже 1.0 м, средняя скорость течения составляет 0,6-0,9 м/с. От истоков до слияния с Аксаутом в Маруху впадает более 40 небольших притоков.

Для бассейна р. Марухи основными источниками питания являются снеговое (29,6 %) и дождевое (28,0 %), менее значительное - ледниковое, на него приходится около 19,9%. Подземное питание реки составляет 22,5% и незначительно отличается от соседних рек [4].

Максимальный уровень воды отмечается весной, в период весенне-летнего половодья, оно начинается в апреле и пика достигает в июле. С августа по ноябрь на реке наблюдается понижение уровня воды и после периода осенних дождей с невысокими паводками наступает устойчивая межень, которая длится с декабря по февраль. Низкий уровень воды наблюдается в середине января.

Средний годовой расход воды у р. Маруха (с. Маруха) за период с 2008 по 2017 гг. составил 10,8 м<sup>3</sup>/с, и имеет тенденцию снижаться. Годовой сток воды р. Маруха за последнее десятилетие сократился (рис. 2). Максимальные значения стоков воды зарегистрированы в 2010 г. (404,0 млн. м<sup>3</sup>) и 2016 г. (404,8 млн. м<sup>3</sup>), минимальные в 2012 и 2015 гг. (ниже 300 млн. м<sup>3</sup>). С 2008 по 2017 гг. годовые стоки понизились на 28,11 млн. м<sup>3</sup>, что составляет 8%.



**Рис. 2.** Годовые стоки воды р. Маруха (2008-2017 гг.)

Для проведения мероприятий по охране и рациональному использованию водного бассейна р. Маруха, необходима информация о качестве и количестве поверхностных вод. Для решения этих задач проводился гидрохимический мониторинг реки Маруха на базе научно-исследовательской лаборатории геоэкологического мониторинга Карачаево-Черкесского государственного университета имени У. Д. Алиева и ФГУ «Кубаньмониторингвод» с 2008-2009 гг. и с 2017-2019 гг.

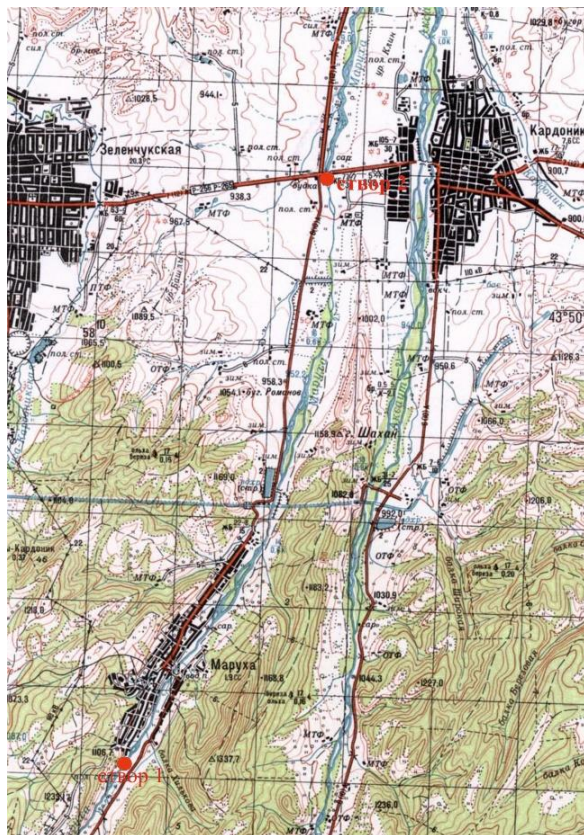
Источниками загрязнения поверхностных вод региона являются неочищенные сточные воды, фекальные и бытовые воды жилых построек и туристических комплексов, смывы с дорог и мостов, сельхозугодий и др. [2, 5].

Отбор проб воды проводился выше села Маруха (2008-2009 гг.) и через 15 км ниже по течению реки у моста (2017-2019 гг.) в основные фазы водного режима (паводок, половодье, межень) в соответствии с ГОСТами (рис. 3). Отбирались простые пробы, из открытого водоема, в среднем течении реки, с обязательным измерением метеорологических параметров.

В гидрохимической оценке поверхностной воды реки Маруха использовалось 16 нормируемых ингредиентов. Коэффициент комплексности загрязненности воды в Створе 1 в период с 2008 по 2009 гг. в среднем составил 6,25;  $K_{\min} = 0\%$ ,  $K_{\max} 18,75\%$ . При незначительной комплексности загрязненности воды  $K < 10\%$ , проводится дифференцированное обследование единичных ингредиентов загрязнения [3].

В период весенне-летнего половодья в 2008 г. наблюдалось превышение общего железа 1,3 ПДК в июне и 1,5 ПДК в июле. В период межени с декабря по февраль наблюдалось превышение БПК<sub>5</sub> (1,14 ПДК), цинка (2,1 ПДК), марганца (2,7 ПДК) и меди (1,6 ПДК и 3,8 ПДК). Единичные превышения тяжелых металлов в воде носят естественный природный процесс - разрушение и выветривание горных пород. Превышение БПК<sub>5</sub> связано с концентрацией растворенного кислорода, в этот сезон она составила 13,1 мг/дм<sup>3</sup> и была

максимальной за весь период наблюдений. Влияние концентрации кислорода на процессы биохимического потребления связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.



**Рис. 3.** Месторасположение Створов отбора проб природной воды на р. Маруха

Средние значения определяемых ингредиентов за 2008-2009 гг. не превышали ПДК, нормируемые рыбохозяйственными показателями. Воду в Створе 1 можно отнести к 1 классу "условно чистой".

С 2017 по 2019 гг. наблюдалось превышение ПДК по 38 ингредиентам химического состава воды. Средний многолетний коэффициент комплексности загрязненности воды составил 19,8%,  $K_{\min} = 12,5\%$ ,  $K_{\max} = 31,3\%$ . При комплексности  $K \geq 10\%$  целесообразно применять метод комплексной оценки качества воды [3].

Устойчивая загрязненность по частным оценочным баллам  $S_a$  наблюдалась у общих фенолов, марганца и меди, а эти ингредиенты носили "характерный" уровень загрязнения. Железо общее (3,6) носило "устойчивый" уровень загрязнения, АПАВ и никель - "неустойчивый" и составили 2,3. Загрязнение цинком (1,8) носит "единичный" характер.

Частные оценочные баллы по кратности превышения у фенолов общих, марганца и меди составили 2,2 и характеризовали воду "средним" уровнем загрязнения. Остальные ингредиенты носили "низкий" уровень загрязнения.

Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды за 2017-2019 гг. р. Маруха в Створе 2 составил 2,7, что характеризует воду 3 классом загрязненности разряда "а", как загрязненная.

В результате проведенной геоэкологической оценки поверхностных вод р. Маруха можно сделать следующие выводы:

- с 2008 по 2017 гг. наблюдалось снижение годовых стоков на 8%.
- В Створе 1 в 2008-2009 гг. поверхностная вода характеризовалась, как "условно чистая".
- Качество поверхностной воды в Створе 2 (2017-2019 гг.), который расположен на 15 км ниже с. Маруха, понизилось до 3 класса "загрязненная". По мнению авторов, причиной падения качества поверхностной воды в реке является антропогенная деятельность (смыв загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий и животноводческих ферм; сброс канализационных стоков на рельеф без какой либо очистки; деградация водоохраных зон).

#### Список литературы

1. Дега Н. С. Динамика основных компонентов ландшафта Карачаево-Черкесии в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности. Автореф. дис. канд. геогр. наук – Карачаевск, 2010. - 24с.
2. Дега Н. С., Байрамукова Ф. С., Борлаков М. С. Методологические основы гидрохимического мониторинга водного бассейна р. Кубани на территории Карачаево-Черкесской Республики //Международный научный журнал «Инновационная наука».– Уфа: научно-издательский центр «АЭТЕРНА», 2015. - Вып. № 4. – С. 169-172.
3. Емельянова В. П., Лобченко Е. Е. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. - М.: Депон, 2004. – 20 с.
4. Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. - СПб.: Гидрометиздат, 2002. - С. 406-416.
5. Онищенко В. В., Дега Н. С., Байчорова Э. М. Оценка техногенного влияния на гидрохимический режим реки Теберда в Карачаево-Черкесии. // Безопасность в техносфере. М.: ИНФРА-М. - Т. 3. - № 5., 2014 – С. 3-10.

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОТОКАХ ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Дёмина Л. Л., Клювиткин А. А., Соломатина А. С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Москва

e-mail: l\_demina@mail.ru; klyuvitkin@ocean.ru; blackmaple@yandex.ru

## HEAVY METALS IN VERTICAL STREAMS OF SEDIMENTARY MATTER IN THE NORTHWESTERN BLACK SEA

Demina L.L., Klyuvitkin A.A., Solomatina A.S.

**Аннотация.** Исследованы гидрогенная и литогенная формы нахождения некоторых тяжелых металлов (Mn, Fe, Co, Cr, Cu, Cd и Pb) в вертикальных потоках осадочного вещества в северо-западной части Черного моря. Гидрогенная (геохимически-подвижная) форма в большинстве случаев преобладает для Mn, Fe, Co, Cu, Cd и Pb, тогда как Cr находится преимущественно в литогенной форме на всем диапазоне глубин. В аэробной зоне распределение форм нахождения металлов контролируется абсорбцией на аутигенных оксигидроксидах Fe и Mn, а в анаэробной – образованием химических соединений с сульфидными комплексами пониженной растворимости.

**Ключевые слова:** Черное море, вертикальные потоки, тяжелые металлы, формы нахождения

**Abstract.** The hydrogenic and lithogenic forms of some heavy metals (Mn, Fe, Co, Cr, Cu, Cd, and Pb) in the particle flux in the northwestern Black Sea were examined. In most cases, hydrogenic (geochemically mobile) form prevails for Mn, Fe, Co, Cu, Cd, and Pb, while Cr is predominantly in the lithogenic form over the entire depth range. In the aerobic zone, the distribution of Co, Cu, Cd, and Pb is controlled by their absorption on the Fe and Mn autigenic oxyhydroxides, while in the anaerobic zone, – by the formation of chemical compounds with sulfide complexes with reduced solubility.

**Keywords:** Black Sea, vertical fluxes, heavy metals, occurrence forms

Материал для исследования был получен в ходе годовой постановки автоматической глубоководной седиментационной обсерватории (АГОС) с седиментационными ловушками (СЛ) типа МСЛ-110 и Лотос в Черном море. Постановка АГОС проводилась на ст. ПВ-8108 в 81-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в ноябре 2015 г. у подножия северо-западного склона глубоководной котловины в 130 км к юго-западу от м. Херсонес, Крым (43°47.991' с. ш., 32°05.784' в. д., глубина моря 1800 м (Клювиткин и др., 2017). Вертикальные потоки осадочного вещества характеризовались сильной изменчивостью (до двух порядков величины) и варьировали от 2 до 183 мг/м<sup>2</sup>/сут при среднем значении 45 мг/м<sup>2</sup>/сут. С глубиной величина интегральных потоков убывала более чем в 2 раза (Клювиткин и др., 2018). Такие значения, в целом, характерны для Черного моря. Так, в ходе черноморского ловушечного эксперимента в 1982–1985 гг. в южной части моря за-

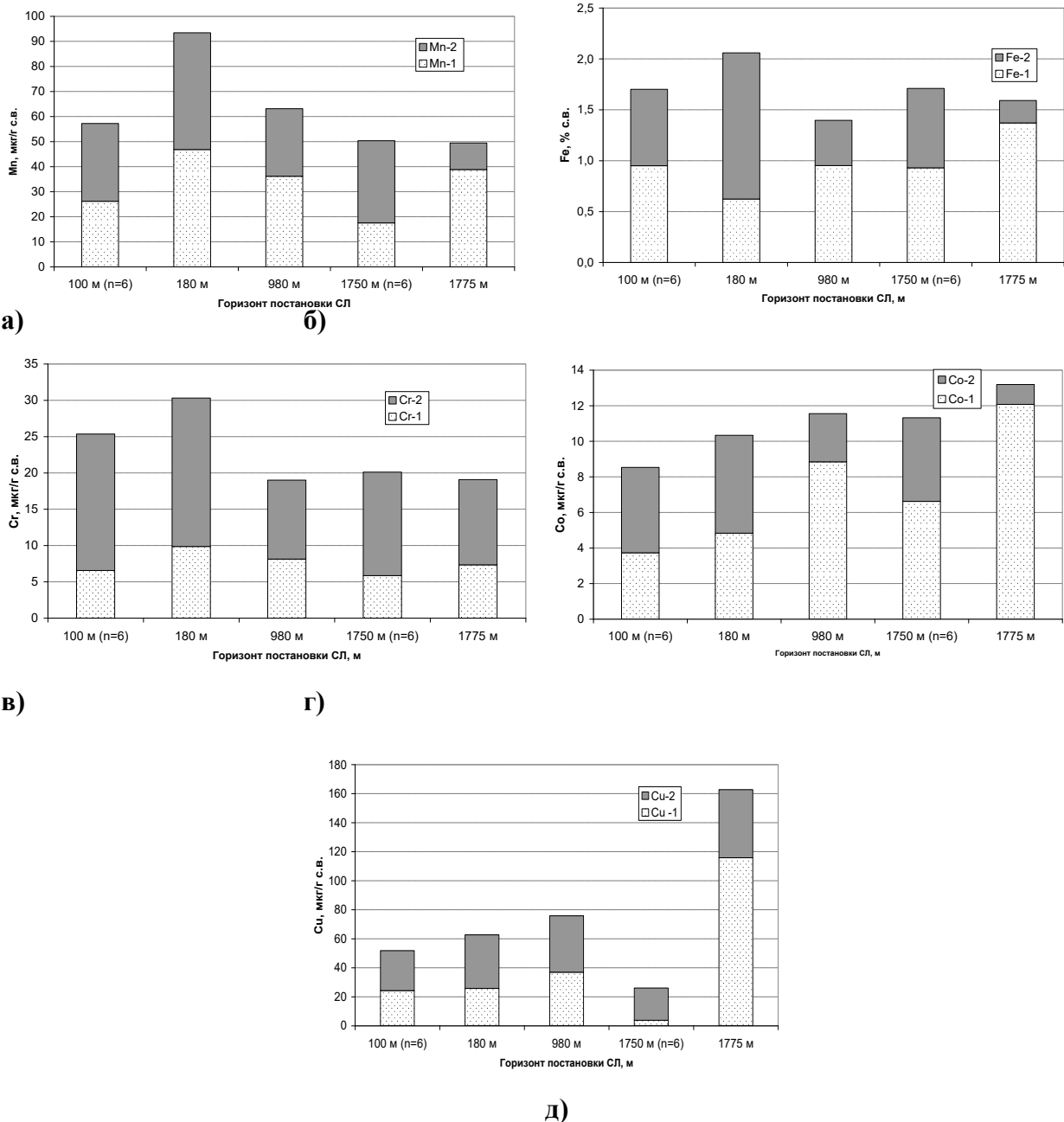
фиксированы более высокие средние потоки ( $95 \text{ мг/м}^2/\text{сут}$ ) в 40 км от турецкого побережья, что обусловлено влиянием стока рек, тогда как на значительном удалении от берега (80 км) потоки были существенно ниже ( $15\text{--}37 \text{ мг/м}^2/\text{сут}$ , в зависимости от горизонта) (Нау et al., 1990).

На ст. ПВ-8180 (МСЛ-110) наблюдается тренд уменьшения общего вертикального потока с глубиной вследствие разложения ОВ, растворения карбонатных частиц, которые в подповерхностных водах составляют основную массу рассеянного осадочного вещества (Клювиткин и др., 2018). На гор. 180 м установлено пиковое значение общего потока ( $101 \text{ мг/м}^2/\text{сутки}$ ), которое далее с глубиной уменьшается в анаэробной зоне, достигая минимума ( $49 \text{ мг/м}^2/\text{сутки}$ ) в придонном (5 м от дна) горизонте. Наши данные о характере изменения вертикального потока подтверждают установленную ранее закономерность о накоплении рассеянного осадочного вещества в водной толще на горизонтальных плотностных или химических границах, таких как пикноклин в Белом море (Кравчишина, 2009) и редокс-слой в Черном и Балтийском морях (Konovalov et al., 2004; Pohl et al., 2004). По данным сканирующей электронной микроскопии, литогенное вещество представлено в основном агрегатами частиц пелитовой размерности ( $<10 \text{ мкм}$ ). В алевроитовой фракции обнаружен кварц (20-28%), полевые шпаты (до 18%). Содержание  $\text{CaCO}_3$  в подповерхностном слое (100-180 м) составляло в среднем 55%, с максимумами (85–99%) зимой, а также в июле и сентябре; в придонном слое – в среднем 25%, достигая 40–64% в ноябре-марте. Как известно, основными кальцифицирующими организмами в Черном море являются кокколитофориды *Emiliana huxleyi*. В осаждающемся материале преобладало биогенное вещество ( $\text{CaCO}_3 + \text{органическое вещество} + \text{SiO}_{2\text{био}}$ ), достигая в отдельных пробах 100%.

Методом последовательной экстракции исследовали две принципиально различные формы нахождения металлов. 1. Гидрогенная или суммарно геохимически подвижная форма содержит металлы, связанные с карбонатными частицами, аморфными Fe-Mn оксигидроксидами, органическим веществом и сульфидами. Эту форму выделяли раствором 1 М  $\text{HNO}_3$  (в УЗВ «Сапфир», 4 часа,  $70^\circ\text{C}$ ). 2. Остаточная литогенная форма представлена геохимически инертными соединениями металлов, зафиксированными в кристаллической решетке обломочных и глинистых минералов. Литогенную форму определяли после полного кислотного разложения ( $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{H}_2\text{O}_2$ ,  $170^\circ\text{C}$ ) в тefлоновых контейнерах, вмонтированных в магнетрон Speed Wave, Berghoff (Германия). Анализ концентраций выполнен методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборах Квант-2А и Квант Z.ЭТА (ООО Кортэк, Россия).

Тяжелые металлы были исследованы в осадочном веществе из СЛ, экспонированных в течение года в аэробной (горизонт 100 м), переходной (горизонт 180 м) и в анаэробной (горизонты 980 м, 1750 м и 1775 м) зонах. Данные по формам нахождения металлов на горизонтах 100 м (6 проб) и 1775 м (6 проб) представляют собой средние значения. Распределение гидрогенной (Элемент-1) и литогенной (Элемент-2) форм нахождения Mn, Fe, Cr, Co и Cu в вертикальных потоках рассеянного осадочного вещества, собранного с помощью СЛ на пяти горизонтах водной толщи на ст. ПВ-8108 представлены на рисунке.

По нашим данным, Mn, Fe, Co, Cu, Cd и Pb и в вертикальных потоках осадочного вещества представлены преимущественно геохимически-подвижной формой-1, способной к существенной трансформации в водной толще. Доля формы-1 для этих металлов составляет 48-78% в анаэробной зоне и 45-70% (от общего содержания каждого) на горизонте 100 м.



**Рис. 1.** Распределение гидрогенной (Элемент-1) и литогенной (Элемент-2) форм нахождения тяжелых металлов в рассеянном осадочном материале, собранном седиментационными ловушками МСЛ-110 и Лотос на ст. ПВ-8108 (глубина 1800 м) в Черном море: Mn (а), Fe (б), Cr (в), Co (г) и Cu (д).

На гор. 180 м отмечается максимум общего содержания Mn, Fe и Cr (рис. а, б, в), что соответствует возрастанию здесь общего вертикального потока рассеянного осадочного вещества. В анаэробной зоне (глубже 180 м) общее содержание железа и марганца заметно уменьшается, но при этом возрастают гидрогенные формы Fe-1 и Mn-1, достигая максимальной доли (около 80% общего содержания) в придонном горизонте (1775 м). Здесь были обнаружены фрамбоиды пирита (Клювиткин и др., 2018 б). Характер вертикального распределения общего содержания Cr совпадает с таковым Fe и Mn. Однако в отличие от Fe и Mn на всем исследованном диапазоне глубин доминирует литогенная форма Cr (60-75%). По нашим данным, литогенная геохимически инертная форма Cr преобладает как в осадочном



материале из седиментационных ловушек (Демина и др., 2018), так и в донных осадках Белого и Баренцева морей (Демина и др., 2017; Будько и др., 2017). По-видимому, диффузия растворенных соединений Fe и Mn из иловой воды восстановленных осадков в придонный слой, содержащий кислород, приводит к формированию взвешенных частиц аутигенных сульфидов (в случае железа) и оксигидроксидов (в случае марганца).

Три других тяжелых металла – Co, Cu (рис. г, д) и Cd показывают тенденцию к возрастанию общего содержания с глубиной, которое происходит за счет существенного возрастания (почти в 2 раза) геохимически подвижной формы-1. Этим металлам в анаэробной среде свойственно как формировать малорастворимые комплексы с сульфидами, так и адсорбироваться на сульфидах железа.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки № 0149-2019-0007. Интерпретация результатов поддержана грантом РФФИ № 19-05-50090.

### Список литературы

1. Будько Д. Ф., Демина Л. Л., Лисицын А. П., Кравчишина М. Д., Политова Н. В. Формы нахождения тяжелых металлов в современных донных осадках Белого и Баренцева морей. Доклады Академии наук. 2017. Т. 474. № 1. С. 93–98.
2. Демина Л. Л., Будько Д. Ф., Алексеева Т. Н., Новигатский А. Н., Филиппов А. С., Коченкова А. И. Особенности распределения микроэлементов в процессах раннего диагенеза осадков Белого моря. Геохимия. 2017. № 1. С. 107–112.
3. Демина Л. Л., Будько Д. Ф., Лисицын А. П., Новигатский А. Н. Первые данные по геохимическим формам нахождения металлов в вертикальных потоках рассеянного осадочного вещества в Белом море. Доклады Академии наук. 2018. Т. 480. № 3. С. 363–368.
4. Клювиткин А. А., Козина Н. В., Реджепова З. Ю., Русанов И. И., Торгунова Н. И., Будько Д. Ф. Геологические исследования Черного моря (81-й рейс научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий») // Океанология. 2017. Т. 57. № 5. С. 838–840.
5. Клювиткин А. А., Кравчишина М. Д., Дара О. М., Русанов И. И., Лисицын А. П. Сезонная изменчивость вертикальных потоков рассеянного осадочного вещества в Черном море. Доклады Академии наук. 2018 а. Т. 483. № 5. С. 554–559.
6. Клювиткин А. А., Кравчишина, М. Д., Лисицын А. П., Демина Л. Л. Дара О. М., Новигатский А. Н., Русанов И. И., Соломатина А. С. Вертикальные потоки рассеянного осадочного вещества в глубоководной части Черного моря. В книге "Система Черного моря". М. 2018 б. Научный мир. С. 350-396.
7. Кравчишина М. Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. М.: Научный мир, 2009. 262 с.
8. Hay B.J., Honjo S., Kempe S., Ittekkot V.A., Degens E.T., Konuk T., Izdar E. Interannual variability in particle flux in the southwestern Black Sea. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1990. Vol. 37(6), 911-928.
9. Konovalov S. K., Samodurov A., Oguzb T., Ivanov L.P. Parameterization of iron and manganese cycling in the Black Sea suboxic and anoxic environment. Deep-Sea Res. I. 2004. V. 51. P. 2027-2045.
10. Pohl C., Löffler A., Heggins U. A sediment trap flux study for trace metals under seasonal aspects in the stratified Baltic Sea (Gotland Basin; 57°19.20'N; 20°03.00'E). Mar. Chem. 2004. V. 84. P.143-160.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ТЕРРИТОРИИ  
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Дзюба Е. А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь  
e-mail: aea\_eco@mail.ru

**SOIL POLLUTION WITH MACRO- AND MICRO-ELEMENTS IN THE TERRITORY OF  
OIL DEPOSITS OF THE PERM KRAI**

Dziuba E.A.

Perm State University, Perm

**Аннотация.** В статье описываются результаты исследования содержания макро- и микроэлементов в почвах на территории эксплуатируемых нефтяных месторождений. Было исследовано валовое содержание Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr, V, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом РФА. По результатам исследования построены геохимические ряды накопления и рассеивания, рассчитаны показатели относительного и абсолютного накопления, показатель суммарного загрязнения почв. В результате пришли к выводам, что при исправное функционирование месторождения не приводит к изменению геохимических свойств почв.

**Ключевые слова:** геохимия почв, месторождение нефти, почвы, РФА.

**Abstract.** The article describes the results of the study of the content of macro- and microelements in soils on the territory of exploited oil fields. The total content of Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr, V, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was investigated by X-Ray. Based on the results of the study, geochemical series of accumulation and dispersion were built, indicators of relative and absolute accumulation, an indicator of total soil pollution were calculated. As a result, we came to the conclusion that if the deposit is functioning properly, it does not lead to a change in the geochemical properties of the soil.

**Keywords:** soil geochemistry, oil field, soil, X-Ray.

Устойчивость ландшафтов к техногенному геохимическому воздействию обычно рассматривается как резерв, обусловленный самоочищением, способностью элементов биотической составляющей переносить повышенные концентрации химических элементов и наличие у них механизмов адаптации к изменившимся геохимическим условиям среды обитания. В условиях техногенеза направленность потоков вещества переориентирована [3]. Почва является основным рецептором для нефти, в случае нарушения технологии извлечения, транспортировки и переработки [4]. На территории Пермского края широкое распространение имеют карстовые ландшафты. Самому большому риску загрязнения среди компонентов карстовых ландшафтов подвергаются почвы, принимающие на себя потоки как сверху (отходы производства) так и снизу – эманации из техногенных углеводородных линз, образующихся на поверхности карстовых вод в подземных полостях [20]. Содержание многих химических элементов и соотношение различных форм нахождения стало зависеть от хозяйственного использования территории [2, 7, 11, 17, 21]. Это привело к тому, что во многих случаях установить среднее содер-

жание химических элементов для почв, до антропогенного воздействия на них, стало практически невозможно

Загрязнение тяжелыми металлами происходит в ходе попадания в почву вместе с разлитой нефтью и солевыми растворами в местах нефтедобычи. Кроме прямого поступления нефти и солевых растворов, рассматривают загрязнение сопутствующими тяжелыми металлами. Их попутное поступление в почву усугубляет негативное влияние углеводородов и минеральных солей, тормозя процесс естественного самовосстановления почвы [9, 23, 26].

Установлено, что в составе нефти всегда присутствуют два тяжелых металла: Ni и V [16]. Так же выявляются и другие тяжелые металлы: Cr и Zn [18]. В местах добычи нефти почвы загрязняются также компонентами минерализованных промышленных стоков, буровых растворов и шламов [12]. В шламовые амбары поступают хлоридно-кальциевые рассолы, обогащенные Fe, Mn, Pb, Sn, Zn, Cu, Ba [10, 22].

В Пермском крае выделяют несколько источников заполнения карстовых полостей нефтью, в том числе аварийные разливы нефти на поверхности с последующим стоком углеводородной жидкости в карстовые воронки, захоронение отходов в виде слива нефтепродуктов и сточных вод в карстовые воронки [13-15, 18, 19]. Крупным источником поступления нефти в зону открытого карста является подъем пластовой жидкости по трещинам в горных породах из нефтяной залежи при повышении давления в пласте или при разгерметизации обсадных колонн в скважинах [20].

Месторождения нефти в Пермском крае относятся к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, которая занимает огромную территорию, включающую Пермский край, Самарскую, Оренбургскую, Саратовскую и Волгоградскую области, Удмуртию, Татарстан и Башкортостан. Первые промышленные притоки нефти были получены в 1929 г. из пермских отложений на месторождении Верхне-Чусовские городки. С 1934 по 1938 гг. на территории области открыты Краснокамское, Северокамское и Полазненское месторождения, позднее – Лобановское и Яринское. В 50-х годах начались разработки в Чернушенском и Куединском районах области. Объекты нефтедобывающей промышленности (рис. 1) в Пермском крае расположены практически по всей территории [5, 24, 25] за исключением районов предгорных и горных лесов (горноуральский почвенный округ).

В настоящее время на территории Пермского края находятся в разработке около 180 месторождений нефти и газа. Основная добыча нефти ведется на юге края, где месторождения нефти эксплуатируются около семидесяти лет [6,8].

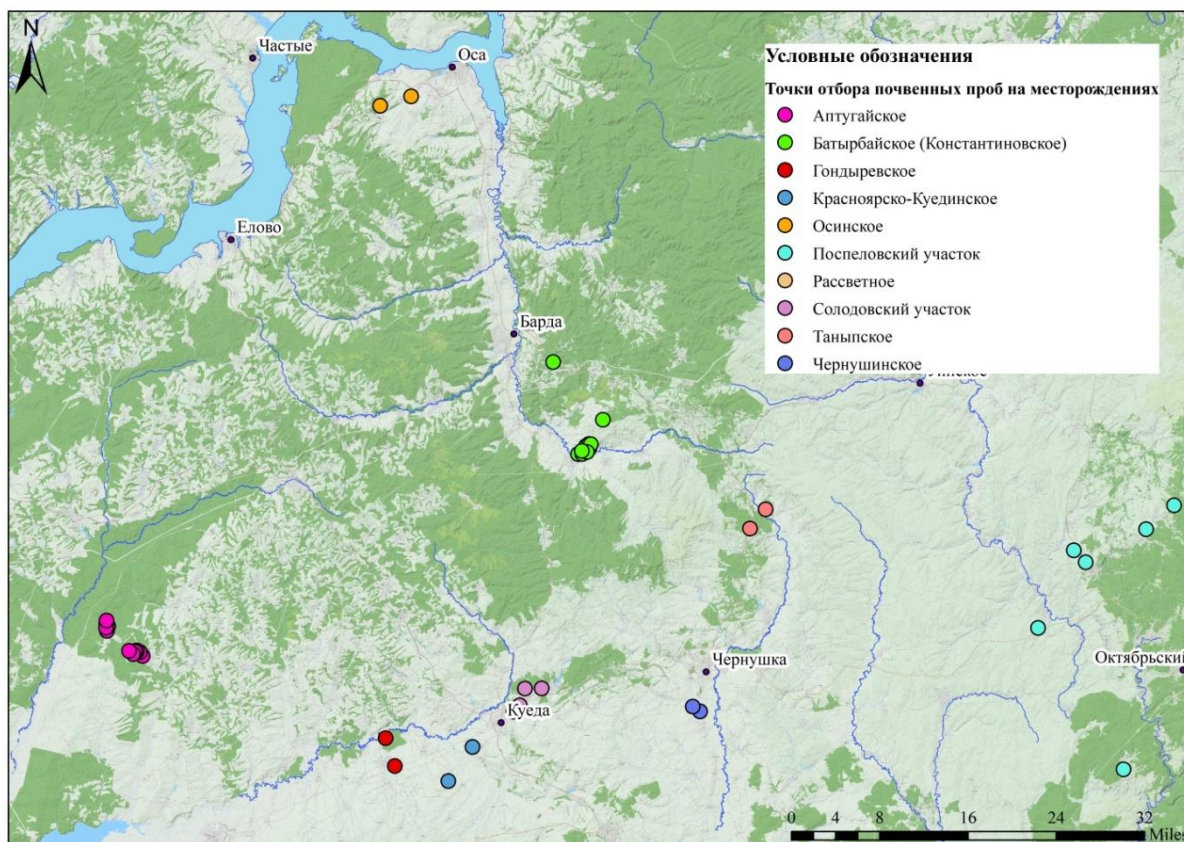
**Материалы и методы.** Пробы отбирались на месторождениях нефти в южной части Пермского края (Рис. 1). Всего было обследовано 9 месторождений: Аптугайское, Батырбайское (Константиновское), Гондыревское, Красноярско-Куединское, Осинское, Пospelовский участок, Рассветное, Солодовский участок, Таныпское.

Определение содержания макро- и микроэлементов (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr, V, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» в лаборатории экологии и охраны природы ПГНИУ лично автором.

По полученным результатам измерений выполнены расчеты коэффициента концентрации химического вещества ( $K_c$ ) который определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве к зональному фоновому показателю ( $C_{\phi i}$ ), рассчитанный по формуле:  $K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}}$ , где,  $C_i$  – содержание определяемого вещества в почв, мг/кг;  $C_{\phi i}/\text{кларк}$  – зональный фоновый показатель, мг/кг.

На основании расчета  $K_c$  построены геохимические ряды накопления и рассеивания.

Количественно это отличие В. В. Вернадский предложил выражать кларком концентрации (КК), представляющим собой отношение весового содержания данного элемента в природном объекте ( $C_i$ ) к кларку литосферы (К):  $КК = C_i / К > 1$



**Рис. 1.** Точки отбора проб на нефтяных месторождениях на юге Пермского края

Эта величина всегда больше 1. Если  $КК=1$ , то содержание элемента в объекте равно его содержанию в литосфере. В том случае, когда  $C_i$  значительно меньше К, для получения целых чисел и большей контрастности показателя целесообразно рассчитывать обратные величины – кларки рассеивания  $K_p$ , показывающие во сколько раз кларк больше содержания элемента в данном объекте:  $K_p = К / C_x > 1$

На основе результатов проводился расчет показателя абсолютного накопления (ПАН) и показатель относительного накопления (ПОН) по Алексеенко [1]:

$$ПАН = C_{f1} - C_{f2}; \quad ПОН = ПАН / C_{\text{кларковое (фоновое)}}$$

где,  $C_{f1}$  – фоновое содержание,  $C_{f2}$  – содержание на исследуемой территории.

**Результаты и обсуждения.** В таблице 1 представлены усредненные показатели по содержанию микро- и макроэлементов на территории изученных месторождений.

*Таблица 1*

**Среднее содержание микро- и макроэлементов в почвах на территории исследованных месторождений**

Месторождение	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Cr	V	TiO <sub>2</sub>
Поспеловский участок	104	20,1	10,3	60	52	7,4	38424	1361	138	72	7945
Красноярско-Куединское месторождение	147	18,7	10,6	61	66	8,0	42789	1476	157	58	7167

Месторождение	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Cr	V	TiO <sub>2</sub>
Гондыревское месторождение	252	18,7	5,6	68	64	8,0	42551	1143	158	64	7485
Солодовский участок	275	24,3	11,4	67	65	8,3	42883	1275	159	65	7581
Аптугайское месторождение	440	20,3	10,8	71	35	6,7	31076	1935	136	55	6521
Осинское месторождение	267	19,2	11,8	69	77	10,0	52854	1590	182	59	7295
Рассветное месторождение	246	18,2	13,4	46	35	7,0	30607	881	128	72	7531
Батырбайское месторождение	228	17,0	10,0	59	61	8,6	42960	1584	152	53	6615
Таныпское месторождение	221	24,1	14,3	56	48	7,3	34713	1321	135	62	7349
<b><math>\bar{x}</math>, мг/кг</b>	<b>251</b>	<b>19,9</b>	<b>10,5</b>	<b>64</b>	<b>53</b>	<b>7,7</b>	<b>38724</b>	<b>1512</b>	<b>147</b>	<b>61</b>	<b>7184</b>
$\sigma$ , <3/:3	169	6,5	5,0	14	18	1,2	8084	631	25	13	905
SE <sub>n</sub> , мг/кг	22	0,9	0,7	2	2	0,2	1062	83	3	2	119
P, мг/кг	37	1,4	1,1	3	4	0,3	1779	139	5	3	199
CV, %	68	33	48	21	33	15	21	42	17	20	13

Исходя из полученных данных, представленных в таблице 2, можно говорить о том, что на территории данных месторождений формируется схожий геохимический фон. Все месторождения находятся на территории природного района Хвойно-широколиственных лесов. В результате на территории месторождений формируется следующий геохимический ряд:

$$KK = \frac{As}{6,17} > \frac{TiO_2}{1,6} > \frac{MnO}{1,51} > \frac{Pb}{1,24}; \quad KP = \frac{Ni}{1,09} > \frac{Fe_2O_3}{1,2} > \frac{Zn}{1,3} > \frac{Sr}{1,36} > \frac{V}{1,47} > \frac{Cr}{2,04} > \frac{Co}{2,34}$$

Сравнивая с фоновыми значениями по содержанию элементов, мы можем дать характеристику накопления (рассчитав показатели ПОН и ПАН), расчеты отображены в таблице 2.

Таблица 2

#### Расчет ПАН и ПОН для исследуемой территории

	r	b	s	n	i	o	e <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nO	r		iO <sub>2</sub>
<b>АН</b>	2				0,5	,1	417	6			37
<b>ОН</b>	,1	,4	,7	,02	0,01	,01	,1	,03	,002	,1	,1

В результате расчета показателей ПОН и ПАН можно сделать следующие выводы. По сравнению с фоновой территорией, на исследуемой территории происходит незначительное накопление (принос вещества) всех элементов, кроме Ni. Для Ni отмечено незначительное рассеивание (вынос вещества).

В целом в результате воздействия нефтедобычи на почвенный покров изменяется по сравнению с фоновым распределением Pb и As, в большую степень их концентрирования. В фоне Pb находится в рассеянном состоянии, а в почвах на территории нефтяных месторождений накапливается. As накапливается в обоих случаях, но под воздействием нефтедобычи его накопление увеличивается.

При загрязнении почв нефтепродуктами происходит более серьезное изменение геохимического фона, а при исправной эксплуатации месторождений, без прямого загрязнения почв нефтепродуктами изменения геохимических особенностей почв происходят незначительные.

## Список литературы

1. Алексеенко В. А. Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области / В. А. Алексеенко, А. В. Суворинов, В. А. Алексеенко. – М.: «Логос», 2002. – 312 с.
2. Бузмаков С. А., Андреев Д. Н., Дзюба Е. А., Хотяновская Ю. В. геохимические особенности трансформации почвенного покрова при эксплуатации рудного месторождения // ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ. 2018. № 3(70). С. 170-185.
3. Бузмаков С. А., Воронов Г. А. Основные подходы в определении качества окружающей среды// Известия Самарского научного центра РАН. Том 18, №2(2), 2016. С.587-590.
4. Бузмаков С. А., Егорова Д. О., Гатина Е. Л. Доза-эффект нефтезагрязнения почв на биотический компонент экосистем // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 2. С. 217-229.
5. Бузмаков С. А., Кулакова С. А. Оценка состояния почвенного покрова на территории нефтяных месторождений // Географический вестник. 2010. №4(15). С. 36-40
6. Бузмаков С. А., Кулакова С. А. Природно-техногенные экосистемы на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края)// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №1. С.39-44.
7. Бузмаков С. А., Хотяновская Ю. В., Андреев Д. Н., Егорова Д. О., Назаров А. В. Индикация состояния экосистем в условиях нефтепромышленного техногенеза // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №4(47). С. 90-102. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-90-102
8. Бузмаков С. Л., Кулакова С. Л. Природно-техногенные экосистемы на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края)// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №1. С.39-44.
9. Водяницкий Ю. Н. Современные тенденции загрязнения почв тяжелыми металлами //Агрохимия.2013. № 9. С. 88-96
10. Дорожукова С. Л., Янин Е. П. Буровые амбары как источники загрязнения природных вод в нефтедобывающих районах // Геохимия биосферы. М.; Смоленск, 2006. С. 123-125.
11. Зимовец А. А., Федоров Ю. А. Тяжелые металлы в почвах устьевого области реки Северная Двина//Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2013, № 5. - С. 70-74.
12. Иларионов С. А. Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 192 с.
13. Максимович Н. Г., Казакевич С. В., Никифоров В. В. Роль карста в формировании нефтяного загрязнения гидросферы в районе п. Полазна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы рег. научно-практ. конференции. 2005. С. 290-295.
14. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. 248 с.
15. Оборин А. А., Хмурчик В. Т., Иларионов С. А. Маркарова М. Ю., Назаров А. В. Нефтезагрязненные биоценозы. Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. 511 с.

16. Органическая геохимия / Под ред. Эглинтон Дж., Мерфи М. Т. Дж. Л.: Недра, 1974. 487 с.
17. Особенности поглощения Cu(II), Pb(II) и Zn(II) черноземом обыкновенным из растворов нитратов, хлоридов, ацетатов и сульфатов / Д. Л. Пинский, Т. М. Минкина, С. С. Манджиева, Ю. А. Федоров, Т. В. Бауэр, Д. Г. Невидомская // Почвоведение. – 2014. – № 1. С. 22-29.
18. Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Краснопеева А. А., Пузанова Т. А. Углеводородные геохимические поля в почвах района нефтяного промысла // Вестник Московского ун-та. Серия 5 География. 2009. №5. С. 28-34.
19. Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Оборин А. А. и др., Углеводородное состояние почв на территории нефтедобычи с карстовым рельефом // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1314-1323.
20. Пиковский Ю. И., Смирнова М. А., Ковач Р. Г., Пузанова Т. А., Хлынина А. В., Хлынина Н. И. Поведение углеводородов в карстовых ландшафтах // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10. С. 133-143.
21. Способ оценки степени деградации техноландшафта при химическом загрязнении / Т. М. Минкина, С. С. Манджиева, Ю. А. Федоров, С. Н. Сушкова, М. В. Бурачевская, Д. Г. Невидомская, Е. М. Антоненко, В. П. Калиниченко, А. П. Ендовицкий, В. Б. Ильин, В. В. Черненко, С. Ю. Бакоев // *Stredoevropsky vestnik pro vedu a vyzkum.* – 2015. – том 76, С.89.
22. Черников А. А. Особенности формирования геохимических барьеров в приповерхностной и глубинной зонах гипергенеза // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 154-161.
23. Buzmakov S., Egorova D., Gatina E. Effects of crude oil contamination on soils of the Ural region// *Journal of Soils and Sediments*. 2018. С. 1-11. DOI: 10.1007/s11368-018-2025-0
24. Buzmakov S.A., Andreev D.N., Zaytsev A.A., Khotyanovskaya Y.V. and Voronov G.A. Possible sources of pollution by oil products of water body in karst area // *Modern problems of reservoirs and their catchments*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 321 (2019) doi:10.1088/1755-1315/321/1/012051
25. Buzmakov S.A., Khotyanovskaya Y.V. 2020. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation. *Applied Geochemistry* 113:104443 DOI 10.1016/j.apgeochem.2019.104443
26. Dziuba E., Andreev D., Buzmakov S., Khotyanovskaya Yu. Geochemical features of soils from the Mid-Ural ore deposit // *Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety (APEEM 2020)*. E3S Web Conf. Volume 169, 2020.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ОЗЕР МАЛЫЙ ЛИМАН И АБРАУ**

Доценко Н. В., Головков И. В., Станиславский К. С., Савицкий В. А.  
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
alecporto@yandex.ru

**ANALYTICAL REVIEW OF RETROSPECTIVE RESEARCHES  
OF LAKES MALY LIMAN AND ABRAU**

Dotsenko N.V., Golovkov I.V., Stanislavskiy K.S., Savitskiy V.A.  
Southern Federal University, Rostov-on-don

**Аннотация.** Подготовка первого этапа выполнения исследований озер Малый Лиман и Абрау инициирована Президентом ЮФУ проф. М. А. Боровской. Анализ опубликованной литературы по геологическому строению и гидрогеологическим условиям, экологическому состоянию и гидролого-гидрохимическому режиму озер Малый Лиман и Абрау показал наличие весьма ограниченного материала, основанного, главным образом, на эпизодических исследованиях. На основании обобщения и анализа опубликованных результатов сделан предварительный вывод о том, что эти озера и их водосборные бассейны находятся под аддитивным влиянием как природных, так и техногенных факторов. Предложен бассейновый подход к изучению озер Малый Лиман и Абрау, как возможно имеющих гидравлическую связь. Он заключается в проведении экспедиционных, аналитических работ и расчетов для разработки и реализации программы комплексного экологического мониторинга за водными ресурсами и территорией их водосборных бассейнов.

**Ключевые слова:** озера, Малый Лиман, Абрау, анализ, обобщение, водосборный бассейн

**Abstract.** The preparation of the first stage of the research of the Maly Liman and Abrau lakes was initiated by the President of SFEDU prof. M.A. Borovskaya. Analysis of the published literature on the geological structure and hydrogeological conditions, the ecological state and the hydrological-hydrochemical regime of the Maly Liman and Abrau lakes showed the presence of very limited material, based mainly on episodic studies. Based on the generalization and analysis of the published results, a preliminary conclusion was made that these lakes and their drainage basins are under the additive influence of both natural and man-made factors. A basin approach to the study of the Maly Liman and Abrau lakes, as possibly having a hydraulic connection, is proposed. It consists in carrying out expeditionary, analytical work and calculations for the development and implementation of a program of integrated environmental monitoring of water resources and the territory of their drainage basins.

**Key words:** lakes, Maly Liman Lake, Abrau Lake, analysis, generalization, drainage basin

**Введение**

Подготовка этого сообщения инициирована Президентом ЮФУ проф. М. А. Боровской, которая во время посещения летом 2020 г. Спортивно-оздоровительного студенческого лагеря «Лиманчик» Южного федерального университета, была обеспокоена экологическим



состоянием озера Малый Лиман. Распоряжением ЮФУ № 636-р от 19.08.20 была создана рабочая группа для разработки программы экологического мониторинга озера Малый Лиман.

В настоящее время имеются ограниченные сведения об этом озере. Изучением некоторых сторон экологических и гидролого-гидрохимических особенностей оз. Малый Лиман занимались сотрудники ИНОЗ ЮФУ и ученые из других организаций. Оно носило эпизодический характер. Для того, чтобы создать объективное представление об этих озерах и начать целенаправленные экспедиционные работы проф. Ю. А. Федоровым и доц. А. Н. Кузнецовым, участвующим в проекте студентам, была предоставлена необходимая информация и разработан алгоритм повествования.

Озеро Малый Лиман (Лиманчик) лежит на юге полуострова Абрау, непосредственно у берега Черного моря, в 1,5 км на юг от озера Абрау. Оно отгорожено от моря каменной пересыпью шириной около 35 м, возвышающейся над его уровнем на 3 м. Подобные озера называют псевдолагунами. Озеро полно загадок загадок. Главная из них – пресная вода, хотя за тонкой перемычкой находится море с минерализацией воды около 18 г/л. Удивительно, но морская вода не проникает в озеро. Бытует мнение, что озеро Малый Лиман возникло, когда при сильном землетрясении обвалилась часть горы, которая перекрыла устье реки Абрау, образовав ту самую пересыпь. Площадь водоема 24 000 м<sup>2</sup>, глубина 4,5 м, длина 206 м, ширина 148 м. Объем воды в озере во время его относительно неплохой заполняемости может быть ориентировочно оценен в диапазоне 48000 – 67074 м<sup>3</sup> (в среднем 60000 м<sup>3</sup>). Эти сведения предварительны и требуют уточнения.

#### **Физико-географическое положение и геолого-гидрогеологическая обстановка**

Климат полуострова Абрау имеет ряд характерных черт, свойственных средиземноморскому типу климата – относительно теплую влажную зиму без устойчивого снежного покрова и довольно жаркое сухое лето. Однако от типичного средиземноморского климата этого района отличается более частыми вторжениями холодных воздушных масс зимой и, соответственно, более низкими зимними температурами, а также не таким резким, как в Средиземноморье, летним минимумом осадков. Поэтому такой тип климата обычно квалифицируется как субсредиземноморский. Для водотоков прибрежной полосы Черного моря от Таманского полуострова до бассейна р. Сочи характерно почти непрерывное чередование резко выраженных подъемов и спадов воды в течение всего года. Основным источником питания этих прибрежных водотоков являются дождевые осадки и грунтовые воды. Наиболее многоводный период – с декабря по май. Дождевые паводки чаще проходят также в холодный период года, что связано с зимним максимумом осадков. Объем стока за этот период составляет 45-80 % годового. Летом большинство водотоков в щелях пересыхает. Доля грунтового питания рек северной части черноморского побережья Кавказа составляет 10-30 %. Характерная черта всех водотоков является их прерывистый характер. Только во время сильных паводков можно наблюдать течение на всем протяжении. В остальное время года поток в зависимости от водности исчезает на разном удалении от устья, а летом часто пересыхает полностью. Причиной этого является, вероятно, переуглубленное строение речных долин. При трансгрессиях ранее выработанные речные долины заполнялись морскими отложениями, преимущественно глинистыми. После отступления моря морские отложения перекрывались каменистым аллювием. Чередование периодов трансгрессий и регрессий определили переслаивание водупорных морских и водопроницаемых аллювиальных отложений. На участках, сложенных более водопроницаемыми аллювиальными валунно-галечниковыми отложениями,

поток уходит под камни, а встречая водоупорные морские глины, вновь появляется на поверхности.

### Поверхностные и подземные воды

Химический состав воды озер Абрау и Малый Лиман приведен и описан по результатам работ [5-7,16]. Минерализация воды в Малом Лимане по одним данным близка к таковой озера Абрау, по другим – превышает её. Как полагают эти исследователи, на протяжении XX века он претерпел значительные изменения (табл. 1,2). Они считают, что наблюдаются некоторое уменьшение гидрокарбонатно-магниевого его составляющей и связывают это явление в основном с изменением процессов гипергенного выщелачивания седиментационно-диагенитических доломитов, слагающих ложе озера. В тоже время увеличение содержания в воде о. Абрау сульфат-иона и хлоридно-натриево-калиевых компонентов по всей вероятности произошло, по их мнению, вследствие засоления в результате испарения и (или) общего изменения экологического состояния района под влиянием техногенеза. По другой версии рост солевого состава воды озера Малый лиман, по-видимому, происходит во время просачивания вод вышележащего озера Абрау через мергелистую толщу пород разделяющие озера, а также вследствие возможного попадания в озеро морской воды во время сильных осенне-зимних штормов, когда волны моря перехлестывают пляж. Высказано предположение, что напор разгружаемого подземного потока сдерживает проникновение морских вод через пляжные отложения в акваторию оз. Лиманчик, что позволяет последнему оставаться пресноводным водоёмом. Эти гипотезы имеют право на существование, но требуют экспериментальной проверки.

Таблица 1

#### Химический состав воды озера Абрау (1929-95/96 гг.) и Черного моря, мг/дм<sup>3</sup>

Водоем	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Минерализация
оз.Абрау (1929)	20	46	21	28	16	224	355
оз.Абрау (1995-96)	31	58	3	36	57	146	331
Черное море	5,7951	0,2529	0,6968	10,232	1,4404	0,1983	18,6135

Таблица 2

#### Химический состав воды озера Лиманчик (1995-1996 гг.), мг/дм<sup>3</sup>

Водоем	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Минерализация
оз. Малый Лиман (2006)	13	61	9	25	43	168	319
оз. Малый Лиман (1996)	34	66	12	44	81	175	412

В 2008 г. произошло увеличение содержания всех компонентов (табл. 3). По сравнению с 2006–2007 гг. минерализация выросла в 2,4 раза. Класс вод изменился с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый. Возможно, рост минерализации и трансформация состава вод произошли вследствие попадания в озеро морской воды во время штормов. [5-7,16].

Озера Малый Лиман и Абрау, находясь в рекреационной зоне и испытывая сравнительно небольшую антропогенную нагрузку, чрезвычайно интересны для изучения внутриводоемных процессов в маломинерализованных водных объектах юга России. Эти генетически связанные между собой озера не охвачены систематическими гидрохимическими и гидробиологическими наблюдениями. Имеются лишь отрывочные сведения о концентрациях

главных ионов, составляющих минерализацию воды [6]. В этой связи в 2005 и 2006 году в этих озерах проведены исследования по изучению концентраций биогенных элементов и активности внеклеточных эстераз и щелочной фосфатазы.

Таблица 3

**Содержание макрокомпонентов и биогенных веществ в воде озера  
Малый Лиман, мг/дм<sup>3</sup>**

Годы	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup> <sub>общ</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Минерализация
2007	31,7	68,1	7,2	0,09	н. о.	0,03	70,8	31,9	183,0	312
2008	137,8	96,2	17,0	0,16	0,08	0,03 2	105,3	219,9	231,8	764

В 2005 году был проведен однократный отбор проб воды из оз. Лиманчик в период летней учебной практики геоэкологов. В 2006 году пробы воды отбирались в обоих озерах весной и летом. Концентрации неорганического и органического фосфора, а также нитритного и нитратного азота определяли в профильтрованных через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм пробах воды. О концентрациях взвешенного фосфора судили по разнице между его валовым содержанием в нефильтрованной воде и общим фосфором в профильтрованных пробах. Концентрации железа определяли в нефильтрованных пробах воды, поскольку результаты определений в июне 2005 г. показали отсутствие различий между фильтрованной и нефильтрованной пробами. Это связано с низким содержанием взвешенных веществ – 1,2 – 2,0 мг/л. Активность ферментов определяли во взвеси сестона согласно [11].

Как показали результаты проведенных исследований, оба озера испытывают дефицит фосфора, в особенности низки концентрации неорганического фосфора (табл. 4 и 5). Валовые концентрации фосфора в обоих озерах оказались достаточно близкими и стабильными во времени, изменяясь от 0,30 до 0,45 мг/л. Характерной чертой режима фосфора в обоих озерах явилось значительное (в 3-7 раз) превышение концентраций растворенного органического фосфора по сравнению с минеральным. При этом концентрации органического фосфора были существенно выше летом, чем весной. Следует отметить также, что концентрации растворенного органического фосфора в обоих озерах оказались сравнимыми с таковыми в р. Дон, концентрации ортофосфата, напротив, были значительно ниже.

Из соединений азота определяли нитритный и нитратный азот. Концентрации нитритного азота в обоих озерах были очень низкими (табл. 3 и 4). Концентрации нитратного азота в двух озерах отличались – более низкие концентрации отмечены в озере Абрау, которые по значениям соответствовали олиготрофным водным объектам. Уровень нитратов в озере Малый Лиман соответствовал мезотрофным водным объектам. В то же время сезонный режим нитратов в обоих озерах подчинялся закономерностям, установленным для большинства водных экосистем – в летний период наблюдалось снижение их концентраций.

Некоторые авторы к числу биогенных элементов относят также железо. Концентрации этого элемента в озере Абрау не превышали предельно допустимых значений. В оз. Малый Лиман в июне 2005 г. и в апреле 2006 г. концентрации железа были более низкими, чем в озере Абрау. В то же время в июне 2006 г. в оз. Малый Лиман отмечены достаточно высокие концентрации железа – 0,342 мг/л, что превышает ПДК более, чем в 3 раза. Ука-

зять источник столь высоких концентраций железа в озере в этот период достаточно проблематично.

Таблица 4

**Концентрации биогенных веществ и активность внеклеточных эстераз (АЭ) и щелочной фосфатазы (АЩФ) в оз. Лиманчик (по [9,10])**

Дата	t, °С	АЩФ, мкмоль (л·ч) α-нафтола	АЭ, мкмоль (л·ч) α-нафтола	P <sub>мин.</sub> , мг/л	P <sub>орг.</sub> , мг/л	P <sub>взв.</sub> , мг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	Fe <sub>вал.</sub> , мг/л
30.06.05	19,6	0,169	0,261	0,003	0,028	0,011	0,002	0,279	0,028
17.04.06	-	0,044	0,053	0,0025	0,0095	0,018	следы	0,454	0,028
28.06.06	25,4	3,13	0,468	0,005	0,030	0,010	0,003	0,132	0,342

Таблица 5

**Концентрации биогенных веществ и активность внеклеточных эстераз (АЭ) и щелочной фосфатазы (АЩФ) в оз. Абрау (по [9,10])**

Дата	t, °С	АЩФ, мкмоль (л·ч) α-нафтола	АЭ, мкмоль (л·ч) α-нафтола	P <sub>мин.</sub> , мг/л	P <sub>орг.</sub> , мг/л	P <sub>взв.</sub> , мг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л N	Fe <sub>вал.</sub> , мг/л
17.04.06	-	0,201	0,261	0,0025	0,0095	0,026	0,003	0,185	0,073
28.06.06	28,1	0,090	0,392	0,008	0,030	0,010	0,002	0,012	0,034

В озере Малый Лиман сезонные изменения ферментативной активности в целом соответствовала данным, полученным в р. Дон – весной наблюдались более высокие значения общей активности обоих ферментов. Однако, в июне 2006 г. активность ферментов, в особенности щелочной фосфатазы, была значительно выше, чем в этот же период 2005 г. Более того, активность щелочной фосфатазы для водных объектов этого типа была аномально высокой. Причин этому факту может быть несколько. Во-первых, в июне 2006 г. зарегистрирована более высокая температура воды (25,4°С против 19,6°С), которая, несомненно, вызвала увеличение интенсивности процессов продукции и деструкции в озере. Как известно, эти процессы осуществляются при участии различных ферментов, в том числе щелочной фосфатазы и эстераз, гидролизующих соответственно фосфомоноэфирные и сложноэфирные связи органических веществ. Однако, нельзя отдавать приоритеты температурному фактору. В озере Абрау, при более высокой температуре (28,1 °С), активность ферментов и, в особенности щелочной фосфатазы, в этот период была значительно ниже, чем в озере Малый Лиман. Вторая причина аномально высокой активности щелочной фосфатазы в озере Малый Лиман может заключаться в повышенной концентрации железа. В экспериментах, проведенных с добавками трехвалентного железа к природной воде из р. Дон, установлено значительное повышение активности щелочной фосфатазы. При этом степень активации фермента повышалась при увеличении концентрации железа и времени его воздействия. Не следует исключать и влияние других факторов, таких как повышенные концентрации цинка, меди, ртути и других тяжелых металлов, которые также могут вызывать увеличение активности щелочной фосфатазы. К сожалению, концентрации этих металлов в озере пока еще не определены. Учитывая низкие концентрации фосфора, можно предположить, что в озере Малый Лиман аномально высокую активность щелочной фосфатазы могут вызывать более низкие концен-

трации тяжелых металлов, чем в р. Дон. Однако, эти предположения можно будет обсудить после того, как будут проанализированы все запланированные гидрохимические показатели [9,10]). В озере Абрау сезонные изменения активности ферментов были разной направленности – летом активность эстераз увеличивалась, а активность щелочной фосфатазы уменьшалась. Здесь следует отметить, что летом отмечены более высокие концентрации неорганического и органического фосфора и очень низкие концентрации нитратов. Обе эти тенденции должны приводить к уменьшению активности щелочной фосфатазы. Влияние соединений фосфора и нитратов на активность эстераз не столь однозначно.

Как показали результаты проведенных исследований, к типично олиготрофным следует отнести лишь озеро Абрау, которое, в случае низких концентраций тяжелых металлов, можно рассматривать в качестве фонового водного объекта для изучения внутриводоемных процессов в условиях юга России [9,10].

Считается, что озеро Малый Лиман является производным разгрузки водоносного горизонта, источником которого служат воды озера Абрау, расположенного в 1,5 км (по прямой) севернее и на 250 м гипсометрически выше оз. Малый Лиман. На дневную поверхность грунтовые воды генетически связанные с озером Абрау выходят, исключая засушливые периоды, в виде ключа расположенного в непосредственной близости (на расстоянии нескольких метров) от уреза воды и, вероятно, на его дне.

В работе [16] выполнено исследование геологического строения перешейка, с целью изучения его геологического строения и наличия фильтрации грунтовых вод. С помощью электрической и сейсмической томографии показано, что «пересыпь» имеет переменную мощность, которая не превышает первых единиц метров и сменяется толщей скальных флишевых отложений. Обнаружена обводненность нижней толщи с глубины 5-6 м и сделан вывод, что уровень грунтовых вод находится ниже поверхности озера. Георадарная съемка на акватории озера позволила установить, что разрез южного берегового склона озера состоит из чередования обводненных пластов складчатой флишевой толщи. Пласт пересыпи является покровным, а «фундамент» перешейка представлен эпигенетически преобразованными трещиноватыми осадочными породами. Это, по мнению [16], указывает на присутствие в массиве перетоков воды.

### **Почвы**

В ходе эколого-геохимических исследований получены данные о содержании в верхнем почвенном горизонте территории, прилегающей к СОЛ «Лиманчик», ряда химических элементов [17]. Установлено, что средние концентрации таких элементов как свинец, медь, цинк, ванадий, никель, кобальт, хром, молибден превышают мировой почвенный кларк, а содержание марганца и олова ниже, чем в почвах мира (табл.6). Выявлено пониженное содержание большинства элементов (за исключением хрома и молибдена) в почвах окрестностей СОЛ «Лиманчик» по сравнению с аналогичными ландшафтами Северо-Западного Кавказа [3].

Сопоставление полученных данных с величинами ПДК позволило выявить две пространственно сближенных зоны загрязнения почвенного покрова. Одна из них находится к востоку от дороги, соединяющей пос. Абрау-Дюрсо и СОЛ «Лиманчик», на месте бывших виноградников. В почве обнаружены повышенные содержания меди – до 100–150 мг/кг, цинка (300 мг/кг) и хрома (1000 мг/кг). Возникновение аномалий меди и цинка, очевидно, связано с применением медь- и цинксодержащих средств защиты винограда от вредителей и болезней. Причина образования аномальных концентраций хрома на данном этапе исследо-

ваний не установлена. Вторая зона загрязнения расположена к северу от первой, на южной окраине Абрау-Дюрсо, на территории сосновой лесопосадки. Здесь выявлена максимальная концентрация меди (300 мг/кг), а также высокое содержание хрома – 400 мг/кг. Вероятно, сосны были высажены на территории старого виноградника.

Таблица 6

**Содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте в районе СОЛ «Лиманчик», мг/кг (по [17])**

Параметры	Pb	Cu	Zn	Mn	V	Ni	Co	Cr	Sn	Mo
Минимальное содержание	8	20	60	200	80	40	10	100	1	1
Максимальное содержание	20	300	300	1500	150	60	20	1000	3	6
Среднее содержание	11,2	37,1	92,2	455,5	109	49	14,5	189	2	3,2
Почвенный кларк	10	20	50	850	100	40	10	90	10	2
Содержание в аналогичных ландшафтах [3]	35	47,3	136,5	830	124,8	48,4	19,3	122,3	5,7	1,9
ПДК	130	132	220	1500	150	80	50	300	50	10

Таким образом, основными элементами-загрязняющими веществами почвенного покрова являются медь, цинк и хром. Кроме того, содержания ванадия и марганца в отдельных точках достигают ПДК. Концентрации остальных элементов намного ниже санитарно-гигиенических нормативов[17].

**Донные отложения озер**

Цезий-137 долгоживущий техногенный радионуклид. Изучение его распределения в окружающей среде важно как с экологической точки зрения, так и с целью использования в качестве маркера, по пикам активности которого производится датирование донных отложений [15]. Озера представляют собой прекрасные объекты, где эти подходы могут быть в полной мере реализованы. В 2007 году была проведена экспедиция с целью отбора колонок донных отложений глубиной до 90 см в озерах Малый Лиман и Абрау для определения в пробах удельной активности данного радионуклида. Определения производились в Центре «РЭТ» ЮФУ под руководством проф. М. Г. Даыдова.

В 30-см слое донных отложений оз. Абрау обнаружены проявления удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ , на фоне которых выделяются два четких пика. Ниже подошвы этого слоя удельная активность не фиксируется. В оз. Малый Лиман удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  прослеживается до глубин 20–25 см, после чего она не проявляется. В поверхностном горизонте донных отложений обоих озер удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  ниже, чем таковая на глубинах 7–15 см, что свидетельствует о снижении интенсивности поступления  $^{137}\text{Cs}$  в водные объекты. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в колонках донных отложений озер в 2 раза меньше чем в глубоководных районах Азовского моря и примерно равна величинам удельной активности техногенного радионуклида в центральной части Таганрогского залива.

Установлено, что удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях озер Малый Лиман и Абрау в целом ниже, чем в таковых Азовского моря. Первый пик удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  имеет черноморское происхождение 1986г., второй пик связан с глобальными атмосферными выпадениями в результате испытания ядерного оружия в конце 50-х – начала 60-х годов XX века. С использованием данных по распределению  $^{137}\text{Cs}$  по разрезу донных отло-

жений произведена их датировка, что даст возможность определить в последующем в хронологию загрязнения озер и определить нижнюю границу антропогенного воздействия. Скорости осадконакопления по чернобыльскому пику для оз. Малый Лиман составляют в среднем 3,5 мм/год, для оз. Абрау – в среднем 4 мм/год; по второму (глобальному) пику они для обоих озер одинаковы и соответственно равны в среднем 3,7 мм/год [15].

В первой декаде августа 2007 г. (в этот год уровень воды в озерах Абрау и Лиманчик был существенно более низким, чем в предшествующие годы) проведены экспедиционные исследования, в ходе которых получены данные об уровне содержания метана в воде и донных отложениях озер Абрау, Лиманчик и Малый Утриш (табл.7). Отбор проб в озерах проводился с берега (глубина до 1,0 м), в оз. Абрау – также и в центральной части озера, к западу от набережной поселка Абрау, с глубины порядка 6 м. Воду отбирали с поверхностного горизонта (0,1 м), донные отложения – в 0-5, 5-10, 10-15 см слоях и далее через каждые 5-10 см на всю длину отобранной колонки (до 90 см – в оз. Абрау). Определение концентраций метана выполнено с помощью парофазного газохроматографического метода по методике, описанной в работе [14].

Таблица 7

**Содержание метана в воде и донных отложениях озер Абрау, Лиманчик и Малый Утриш, 5-7 августа 2007 г. (по [2]).**

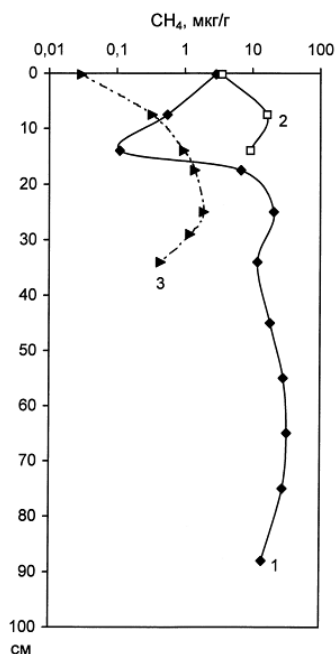
Озеро	Содержание метана	
	вода, мкл/л	отложения, мкг/г в. о.
Абрау, возле берега, глубина 0,5 м	92,1	-
Абрау, середина, глубина 6 м	26,3	<u>0,11-32,5</u> 14,97 (11)
Лиманчик, возле берега, глубина 0,3 м	350,3	-
Лиманчик, возле берега, глубина 0,6 м	157,2	<u>3,29-16,3</u> 7,69 (5)
Малый Утриш, возле берега, глубина 0,8 м	52,6	<u>0,03-1,89</u> 0,89 (7)

В круглых скобках приведено количество определений

Отложения озера Абрау представлены пластичным глинистым илом: с поверхности до 5 см – ил черный со слабым запахом  $H_2S$ , далее до 15 см – темно-серый, с 25 см – серый плотный, с 55 до 90 см – светло-серый с примесью битой ракуши. Отложения озера Лиманчик представлены темно-серым до черного глинистым илом с очень высокой долей растительных остатков (>30%). Отложения озера Малый Утриш представлены темно-серым глинистым илом, с включениями антропогенного материала (обломки стекла, кирпича и т. д.) и дресвы (до 20%), образующейся при выветривании пород склонов, прилегающих к озеру; сверху отложения перекрыты матами водорослей мощностью до 10 см.

Уровень содержания метана в воде и донных отложениях озер Абрау, Лиманчик и Малый Утриш не выходит за пределы варьирования, установленные для других озер различных географических зон России). Максимальные концентрации метана (характерные для сильно эвтрофированных водоемов [1]) в воде исследованных озер зафиксированы в оз. Лиманчик. Отмечается снижение содержания метана в воде с увеличением глубины станций отбора проб, что в целом согласуется с данными наблюдений на других озерах [14]. В отложениях озер Лиманчик и Абрау определены о высокие концентрации метана [2], что свиде-

тельствует об интенсивно протекающих анаэробных процессах деструкции органического вещества в донных осадках и, в частности, метаногенеза. Распределение метана по вертикальному профилю осадков исследованных озер (рисунок), как и в других водных объектах, характеризуется существенной неоднородностью, что обусловлено главным образом изменением окислительно-восстановительного потенциала и количества лабильного органического вещества в отложениях [14].



**Рис. 1.** Распределение содержания метана по вертикали донных отложений озер Абрау (1), Лиманчик (2) и Малый Утриш (3), 5-7 августа 2007 г. (по [2])

### Биота

На Абрауском полуострове в условиях сухого теплого климата на низкогорных и среднегорных хребтах, сложенных верхнемеловыми и палеогеновыми флишевыми карбонатными отложениями, распространена богатая растительность средиземноморского типа, уходящая корнями в третичный период [8].

Большой вклад в изучение биоты Абраусского полуострова и оз. Абрау и Лиманчик внес А. С. Чихачев [13]. Объектами его исследований были: прибрежная зона Черного моря глубиной до 5 м, расположенная в 3-х км от нефтяного терминала КТК Баку-Новороссийск в Южной Озерейке, и пресноводные водоемы: озера Абрау и Лиманчик, реки Дюрсо и Озерейка. Эти водоемы ежегодно обследовались в летние месяцы 1995-2004 гг. во время учебно-производственной практики студентов биологического факультета, проведено 25 экспедиций. Главные направления исследований: изучение биоразнообразия гидробионтов, временная динамика их относительной численности, контроль экологической безопасности в рекреационной зоне, мониторинг влияния нефтяного терминала на биоту. Изучен видовой состав ихтиофауны 18 рек черноморского побережья России: Кубанка, Гостагайка, Анапка, Сукко, Дюрсо, Озерейка, Цемес, Мезыбь, Пшада, Вулан, Джубга, Нечепсухо, Туапсе, Аше, Псезуапсе, Шахе, Сочи и Мзымта. Обнаружено 64 вида и подвида: 34-пресноводных, 6-проходных и полупроходных, 24-морских и солоноватоводных, 6-интродуцентов. Среди пресноводных и проходных 17 видов (50%) являются эндемиками, из них 11 являются редкими, а 4 вида могут быть рекомендованы к включению в Красную книгу Краснодарского края. Анализ состава ихтиофауны позволили исследователям провести границу между ду-



найско-кубанским и колхидско–анатолийским участками Черноморского округа Понто-Каспийско-Аральской зоогеографической провинции между реками Сукко и Дюрсо. Водоемы Абрауского полуострова имеют смешанный состав ихтиофауны и являются переходной зоной. Доля видов колхидско-анатолийского комплекса увеличивается при продвижении на юго-восток, причем наблюдается продвижение колхидских видов к северу. Отмечен высокий уровень видового разнообразия при сохранении почти всех эндемичных видов и подвидов рыб. Из фауны озер Абрау и Лиманчик исчез интродуцент – американский большеротый окунь, 19 видов расширили свой ареал [13].

Дубово-грабовые ксерофитные леса и можжевельниковые редколесья изучаемой территории также страдают от высокой рекреационной нагрузки. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что дубравы в центральной части лагеря и на прилегающем к нему склоне относятся к IV степени антропогенной дигрессии растительного покрова и нуждаются в принятии срочных мер по его восстановлению. При осуществлении восстановительных работ необходимо максимально сохранить естественное лесовозобновление, сократить имеющуюся тропиноподобную сеть и не производить искусственных посадок в малонарушенных ассоциациях [8].

Особенностью рекреационной нагрузки на экосистемы в окрестностях СОЛ «Лиманчик» является сочетание организованной и стихийной форм рекреации. Существует по меньшей мере три очага размещения неорганизованных рекреантов, расположенных за юго-восточной, юго-западной и северо-западной границами лагеря. На их территории летом возникают палаточные городки. В пределах стоянок наблюдается угнетение растительного покрова, густая тропиноподобная сеть, наличие большого количества кострищ и площадок под палатки, замусоренность.

Среди множества негативных факторов рекреационного влияния на ландшафты приоритетным считается вытаптывание. При вытаптывании территории, прежде всего, происходит уплотнение и иссушение почвы. Нарушается ее структура, снижаются воздухо- и влагопроницаемость; на наклонных участках происходят смыв почв и линейная эрозия, ведущая к образованию оврагов. Наиболее заметно изменяется растительный покров: постепенно исчезают лесные виды трав, уступая место лесно-луговым, луговым и, наконец, сорным. Последние оказываются сильнее всех в борьбе за влагу и питательные вещества почвы. В результате вымывания почвы обнажаются корни деревьев; при этом мелкие корешки сохнут, ломаются и гибнут, в результате чего дерево ослабляется – замедляется его рост, начинают усыхать отдельные ветви, вершина. Начатый процесс довершают насекомые-вредители [8,17].

С болезнью деревьев ослабляется их способность к самовозобновлению: деревья начинают плодоносить не каждый год и в гораздо меньшем объеме, семена подчас оказываются не в состоянии укорениться в плотной почве или прорасти сквозь нее, погибают в результате ухудшения условий питания уже имеющиеся подростковые деревья. Аналогичная участь постигает и подлесок. Крайним выражением деградации лесного ландшафта под влиянием вытаптывания является утрамбованный, лишенный даже травостоя грунт с отдельно стоящими усыхающими экземплярами деревьев, к чьим стволам прижимаются последние уцелевшие кусты подлеска и хилые деревья подростка.

Д. Ю.Шикиной, А. В. Ярославцевой [17] были обследованы все три участка размещения рекреантов. На каждом из них было заложено от одной до трех ключевых площадок площадью 100 м<sup>2</sup>, в пределах которых измерялись протяженность тропинок, их ширина, площадь вытоптанной территории, количество стоянок и кострищ; изучалось состояние рас-

тельности. Протяженность тропинок на пяти изученных площадках варьирует от 10 до 29,3 м, вытоптанная площадь составляет от 30 до 75%, состояние растительного покрова оценивается третьей и четвертой стадиями рекреационной дигрессии.

Обычно выделяют пять стадий рекреационной дигрессии [4]. На третьей стадии вытоптаннные участки занимают 10–15% площади, тропиночная сеть сравнительно густа, подстилка на ней полностью разрушена. Под полог леса внедряются уже не только лесолуговые, но и луговые и даже сорные виды. Тем не менее, на участках, где тропинок нет, возобновление леса удовлетворительное. На четвертой стадии тропинки опутывают лес густой сетью, в местах их пересечений образуются так называемые «окна вытаптывания», то есть участки, полностью лишенные травяного покрова. Там, где он еще сохранился, количество собственно лесных видов незначительно. Лесная подстилка встречается лишь отдельными пятнами у стволов деревьев. Молодого подроста, способного выжить и превратиться со временем во взрослые деревья, практически нет. При небольших уклонах местности в местах концентрации поверхностного стока начинают образовываться борозды размыва, растут овраги.

Скорость деградации природных комплексов определяется их устойчивостью к внешнему воздействию, которое зависит от ряда экологических факторов [4]. Природные особенности СОЛ «Лиманчик» обусловили неблагоприятны показатели некоторых из этих факторов. Так, для почвенного покрова характерны низкая влажность, малая мощность гумусового горизонта и рыхлых грунтовых отложений. Все эти обстоятельства снижают устойчивость ландшафта[8].

Таким образом, территория СОЛ «Лиманчик» испытывает длительное и интенсивное рекреационное воздействие, обладая, в то же время, сравнительно невысокой устойчивостью. В этих условиях необходимо снижение рекреационной нагрузки путем регулирования потока рекреантов[17].

Мощная рекреационная нагрузка на ландшафты Черноморского побережья приводит к резкому ухудшению состояния окружающей среды, в частности, почвенно-растительного покрова. Так, в результате эколого-геохимического районирования лесов Западного Кавказа, проведенного с использованием таких показателей как видовое разнообразие, суховершинность и суховеточность деревьев, поражения листвы, наличие пожарищ, вырубков, валежника и др., было выявлено восемь районов [3]. По всем рассмотренным параметрам худшими являются наиболее освоенные районы Анапа–Новороссийск–Крымск (к нему относится и территория СОЛ «Лиманчик») и Горячий Ключ–Белореченск–Нефтегорск. Здесь самое большое количество техногенных аномалий в почве, самая высокая степень нарушенности лесных ландшафтов (до 25% площади) и худшие параметрические и санитарные характеристики растительного покрова.

### **Заключение**

1. Анализ опубликованной литературы по геологическому строению и гидрогеологическим условиям, экологическому состоянию и гидролого- гидрохимическому режиму озер Малый Лиман и Абрау показал наличие весьма ограниченного материала, основанного, главным образом, на эпизодических исследованиях. Ощущается существенный недостаток экспедиционных исследований и экспериментальных данных, гидрологических, гидрогеологических и гидрохимических расчетов отдельных ветвей круговорота воды и солей в бассейнах озер. Существуют только предположения о гидравлической связи озер Малый Лиман и Абрау. До конца не выяснен механизм образования озера Малый Лиман и феномена, связан-

ного с низкой минерализацией воды по сравнению с таковой вод Черного моря, а также причин флуктуаций уровня режима и химического состава этого пресного водоема. Выполненные геофизические работы показали наличие под ложем озера Малый Лиман потока грунтовых (?) вод и их гидравлическую связь с водами Черного моря, что является важным для понимания гидролого-гидрогеологического режима озера. Однако остается открытым вопрос является ли обнаруженный Н. Е. Фоменко с соавторами водоносный горизонт потоком «грунтовых» вод или это оказался межпластовый безнапорный водоносный горизонт? В опубликованной литературе мы не встретили ответа на поставленный вопрос. При проведении экспедиционных работ мы обратили на это должное внимание (см. статью в настоящем сборнике).

2. По описаниям редких исследований можно сделать предварительное заключение о том, что основной причиной вариаций уровня режима и химического состава озера Малый Лиман является изменение в разные времена года природных (выпадения на поверхность озера атмосферных осадков, поступления в его чашу грунтовых вод и вод склонового стока) и техногенных (неконтролируемых преобразований на водосборе, отбор воды из водоносного горизонта её потребителями) факторов. Не была рассчитана и обоснована антропогенная нагрузка на водные ресурсы бассейна озера, которая оказывает на них отрицательное аддитивное воздействие, особенно в маловодные годы.

3. По данным редких и не систематических исследований можно сделать заключение, что почвы водосборного бассейна подвергаются загрязнению тяжелыми металлами. Здесь обнаружена нарушенность лесных ландшафтов и худшие параметрические и санитарные характеристики растительного покрова. Состояние лесных массивов также может быть одной из причин изменения водного баланса и опосредованно оказывать влияние на запасы влаги в почвенных и грунтовых водах. Территория СОЛ «Лиманчик» испытывает хроническое и интенсивное рекреационное воздействие, характеризуясь, в то же время, сравнительно невысокой устойчивостью. В этих условиях необходимо снижение рекреационной нагрузки путем регулирования потока рекреантов

4. Экологическое состояние самой воды в озерах изучалось только по результатам определения содержания биогенных компонентов, ферментативной активности и содержания метана. Высказано мнение, что к типично олиготрофным следует отнести лишь озеро Абрау, которое, в случае низких концентраций тяжелых металлов, можно рассматривать в качестве фонового водного объекта для изучения внутриводоемных процессов в условиях юга России. Озеро Лиманчик можно, с определенной долей условности, отнести к мезотрофному водоему. Донные отложения также, как и водная тоща озера, исследовались только на содержание метана и цезия-137. В донных отложениях активно протекает метаногенез и образование сероводорода, причиной которых могут быть как природные, так и антропогенные факторы. Присутствие в донных осадках озер Лиманчик и Абрау цезия-137 является, безо всякого сомнения ингредиентом, способным оказать негативное влияние на экологическое состояние этих водоемов.

5. Водоемы Абрауского полуострова имеют смешанный состав ихтиофауны и являются переходной зоной. Доля видов колхидско-анатолийского комплекса увеличивается при продвижении на юго-восток, причем наблюдается продвижение колхидских видов к северу. Отмечен высокий уровень видового разнообразия при сохранении почти всех эндемичных видов и подвидов рыб. Показано, что из ихтиофауны озер Абрау и Лиманчик исчез интродуцент – американский большеротый окунь, 19 других видов расширили свой ареал.

6. Предложен бассейновый подход к изучению озер Малый Лиман и Абрау, как возможно имеющих гидравлическую связь. Он заключается в проведении экспедиционных, аналитических работ и расчетов для разработки и реализации программы комплексного экологического мониторинга за водными ресурсами и территорией их водосборных бассейнов, включая побережье Черного моря.

*Авторы благодарят научного консультанта рабочей группы заведующего кафедрой физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета, д. г. н, проф. Ю. А. Федорова за помощь в представлении публикаций, подготовке и редактировании аналитического обзора.*

#### Список литературы

1. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С. Оценка уровня загрязненности и трофии пресных водоемов и водотоков, а также эстуариев по содержанию метана в воде и донных осадках // Фундаментальные проблемы современной гидрогеохимии: Труды Междунар. конф., посвящ. 75-летию юбилею гидрогеохимии (4-8 октября 2004 г., Томск). Томск: Изд-во НТЛ, 2004. С. 295-296.

2. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Летучая Ю. С., Назаренко Д. С. Первые данные об уровне содержания метана в воде и донных отложениях озер Абрау, Лиманчик и Малый Утриш // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов VI научно-практической конференции с международным участием, 5-8 сентября 2010г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: Ростиздат, 2010. – С.76-79.

3. Дьяченко В. В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. – Ростов н/Д., 2004. – 267 с.

4. Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1972. – №1. – С. 52–59.

5. Лукьянченко А. Д., Шишкина Д. Ю. Комплексная учебная практика студентов-геоэкологов РГУ в СОЛ «Лиманчик»: опыт проведения и перспективы развития // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов III-й научно-практической конференции. – Ростов н/Д., 2006. – С. 136–137.

6. Лукьянченко А. Д., Чихачев А. С., Приваленко В. В. Гидрогеохимические особенности озер Абрау и Лиманчик // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов научно-практической конференции. – Ростов н/Д., 2004. – С. 93–94.

7. Лукьянченко А. Д., Предеина Л. М., Динамика солевого состава в озерах Абрауский Лиманчик и Абрау // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов III-й научно-практической конференции. – Ростов н/Д., 2006. – С. 131–133.

8. Огородников А. Я., Черных О. В., Рогинский А. В., Паршин В. Г. Дендрологические ресурсы окрестностей озера Малый Лиман: проблемы их сохранения и обогащения // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов научно-практической конференции. – Ростов н/Д., 2004. – С. 112–114.

9. Предеина Л. М., Лукьянченко А. Д., Дерганова Л. Д. Ферментативные и гидрохимические показатели в озерах Лиманчик и Абрау при изменении водного режима и температуры // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов III научно-

практической конференции, 4-7 сентября 2006г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: «Копи-Центр», 2006. – С. 280—283.

10.Предеина Л. М., Лукьянченко А. Д. Концентрации биогенных веществ и показатели активности внеклеточных гидролитических ферментов в озерах Абраусский Лиманчик и Абрау// Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов IV научно-практической конференции с международным участием , 5-8 сентября 2007г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: Ростиздат, 2007. – С.182-186.

11.Предеина Л. М., Федоров Ю. А., Морозова Е. В., Уразаев К. К., Предеин М. Н. Показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз в мониторинге поверхностных вод – теоретические предпосылки и перспективы использования // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естеств. науки. – 2003. – № 4. – С. 88–92.

12.Чижова В. П. Оценка допустимых рекреационных нагрузок и последствий туристской деятельности на состояние природных комплексов // Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – С. 304–355.

13.Чихачев А. С., Лукьянченко А. Д. Итоги исследований лаборатории экологического мониторинга «Лиманчик» в период 1995 -2005гг. // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов II научно-практической конференции, 4-7 сентября 2005г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: «КопиЦентр», 2005. – С. 151—154.

14.Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О. Метан в водных экосистемах: 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-н/Д-Москва: ЗАО “Ростиздат”, 2007.-330с.

15.Федоров Ю. А., Ленец Е. Н. Цезий-137 в донных отложениях озер бассейна Черного моря // Доклады IX Международной конференции "Новые идеи в науках о Земле". Москва: Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ), 2009, том 3, с. 65

16.Фоменко Н. Е., Молдаков В. В., Коваленко А. С., Решетняк О. С. Строение и фильтрационные свойства перешейка между озером малый лиман и Черным морем по геофизическим данным // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. – Т. 4. № 4 (18). – С. 49-57.

17.Шишкина Д. Ю., Ярославцева А. В. Геоэкологические исследования в районе СОЛ «Лиманчик» // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов V научно-практической конференции с международным участием, 7-10 сентября 2008г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: Ростиздат, 2008. – С.527-531.

**СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИАРЕНОВ В РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА МЯТЛИКОВЫЕ,  
ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ МНОГОЛЕТНЕГО ТЕХНОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Дудникова Т. С., Сушкова С. Н., Минкина Т. М., Антоненко Е. М., Барбашев А. И.  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образова-  
ния «Южный федеральный университет»  
г. Ростов-на-Дону  
tyto98@yandex.ru

**CONTENTS OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN PLANTS OF THE  
MYATLIKOVY FAMILY, GROWING IN THE TERRITORY OF MULTI-YEAR  
TECHNOGENIC INFLUENCE**

Dudnikova T.S., Sushkova S.N., Minkina T.M., Antonenko E.M., Barbashev A.I.  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"Southern Federal University"  
Rostov-on-Don

**Аннотация.** В результате исследования выявлено высокое содержание ПАУ в почвах территории, прилегающей к энергетическому предприятию. Представитель естественной флоры – ятлик луговой (латынь нужно) содержит ПАУ на порядок ниже, чем почва, что свидетельствует о низкой биоконцентрации поллютантов в растении.

**Ключевые слова.** низкомолекулярные и высокомолекулярные ПАУ, мятлик луговой, биоконцентрация поллютантов, энергетическое предприятие.

**Abstract.** The study revealed a high content of PAHs in the soils of the territory adjacent to the energy enterprise. The representative of the natural flora – *Poa pratensis* contains PAHs an order of magnitude lower than the soil, which indicates a low bioconcentration of pollutants by the plant.

**Keywords.** PAHs, low molecular weight PAHs, high molecular weight PAHs, *Poa pratensis*. bioconcentration of pollutants, energy company.

В результате своей деятельности промышленные предприятия наносят вред всем природным средам. Загрязняющие агенты от источника распространяются на многие километры [9, 11, 14]. Среди них широко распространены полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – группа химических веществ, элементарной структурной единицей которых является бензольное кольцо. Многие ПАУ проявляют канцерогенные свойства [6, 8], где наиболее опасными и считаются высокомолекулярные ПАУ (вмПАУ), имеющие в своей структуре 4 и более сконденсированных бензольных кольца [5]. Представители ПАУ 2-х и 3-х кольчатые считаются низкомолекулярными (нмПАУ). Изучение биоаккумуляционного потенциала растений по отношению к ПАУ является основополагающей задачей для дальнейших исследований в области фиторемедиации загрязненных полиаренами почв и оценки устойчивости естественной растительности по отношению к поллютантам для прогнозирования рисков, связанных с утратой биоразнообразия растительных сообществ. Наиболее целесообразно использовать в качестве ремедиантов растения характерные для почвенно-климатических условий пораженной ПАУ территории [10, 13].

Целью данной работы являлось изучить способность мятлика лугового (*Poa pratensis*) накапливать нмПАУ и вмПАУ в зависимости от содержания данных веществ в почве.

В качестве объекта исследования являлись почвы территории, находящейся под многолетним воздействием предприятия первого класса опасности – Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС). В данной работы представлены результаты содержания ПАУ в почве и мятлике луговом двух площадок мониторинга, расположенных по линии преобладающей розы ветров на расстоянии 1,6 км СЗ (№1) и 5,0 км СЗ (№2). Почвы импактной зоны НчГРЭС представлены черноземами обыкновенными (табл. 1). Выбор в качестве объекта исследования мятлика лугового обусловлен его широким распространением в степной зоне Ростовской области [3].

Таблица 1

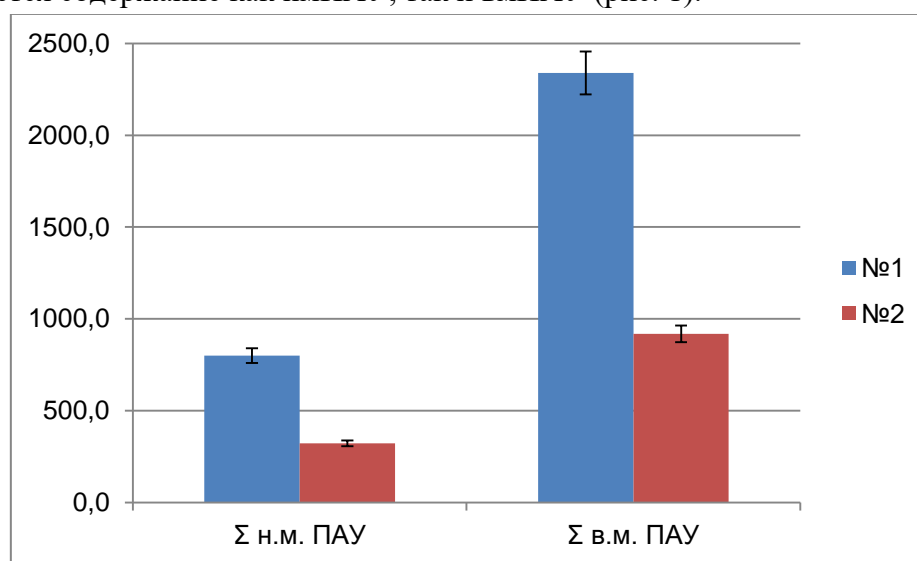
**Свойства почв площадок мониторинга импактной зоны НЧГРЭС**

№	Расстояние и направление от НЧГРЭС	Физ. глина, %	Ил, %	Гумус, %	рН	СаСО <sub>3</sub> , %	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Са <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	ЕКО
1	1,6 сз	55	29	4,6	7,5	0,7	30,2	39,4	319,3	30,4	31,2
2	5 сз	60	32	5,0	7,4	0,4	22,3	45,4	353,6	44,1	47,6

Отбор проб почвы проведен методом конверта на глубину основного корнеобитаемого слоя 0-20 см согласно ГОСТ[2], растение отобраны согласно ГОСТ[1] Экстракция ПАУ из почвенных и растительных образцов выполнена методом омыления, при котором мешающая фракция липидов удаляется путем кипячения 1гр образца в 30 мл 2-% спиртового раствора КОН с последующим извлечением поллютантов гексаном. Содержание ПАУ в экстрактах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [4].

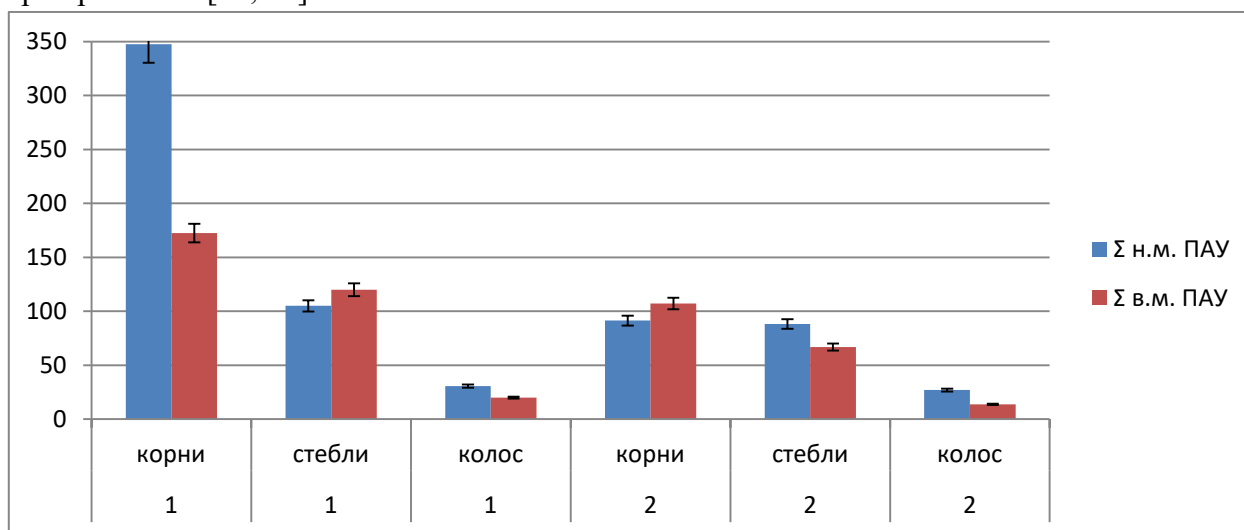
Суммарное содержание нмПАУ составили такие поллютанты как: нафталин, бифенил, антрацен, фенантрен, флуорен, а вмПАУ: флуорантен, бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,н)антрацен, бенз(г,н,и)перилен.

Результаты. Суммарное содержание ПАУ в почвах площадок мониторинга снижается с удалением от источника эмиссии с 3139,1 ± 144,4 нг/г (№1) до 1240,7 ± 58,3 нг/г (№2). При этом, снижается содержание как нмПАУ, так и вмПАУ (рис. 1).



**Рис. 1.** Содержание ПАУ в почвах площадок мониторинга

Суммарное содержание ПАУ в различных частях мятлика лугового гораздо ниже, чем содержание поллютантов в почве, что свидетельствует о низкой биоконцентрации ПАУ растением. С удалением от НчГРЭС содержание ПАУ в растительных образцах снижается. Содержание нмПАУ и влПАУ +корень > стебель > колос (рис. 2). Следовательно, накопление поллютантов растением обусловлено в большей степени загрязнением почв площадок мониторинга [15]. При этом, с удалением от источника существенно снижается содержание нмПАУ в корневой части мятлика лугового. Это может быть обусловлено высокой техногенной нагрузкой на почвы площадки №1, где нмПАУ в следствии непрерывного поступления не успевают разлагаться под действием микробиологической активности или других защитных механизмов почвы [7, 16] и имея большую биодоступность минуют защитные барьеры корня растения [12, 17].



**Рис. 2.** Содержание нмПАУ и влПАУ в различных частях Мятлика лугового

Таким образом, с удалением от НчГРЭС суммарное содержание ПАУ в почвах площадок мониторинга снижается. Мятлик луговой имеет низкий отклик биоконцентрации полиаренов, где содержание нмПАУ и влПАУ в различных частях растения на порядок ниже, чем в почве.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента МК-2973.2019.4*

#### Список литературы

1. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб, введ. 1988-07-01. М. ИПК Издательство стандартов, 2002
2. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. ПОЧВЫ. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2018. – 9 с.
3. Добровольского Г. В., Никитина Е. Д. Красная книга почв России: объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 576 с.
4. ПНД Ф 16. 1:2.2:2.3:3.62-09 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения массовых долей полициклических ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления методом высо-



коэффициентной жидкостной хроматографии. – М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2009. – 3-19

5. Chibwe L., Davie-Martin, C. L., Aitken M. D., Hoh E., Simonich S. L. M. Identification of polar transformation products and high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in contaminated soil following bioremediation // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 599. – P. 1099-1107.

6. Ghosal D., Ghosh S., Dutta T. K., Ahn Y. Current state of knowledge in microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1369.

7. Gupta G., Kumar V., Pal, A. K. Microbial degradation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons with emphasis on pyrene // *Polycyclic Aromatic Compounds*. – 2019. – Vol. 39(2). – P. 124-138.

8. Kumar V., Kothiyal N. C., Saruchi Vikas, P., Sharma R. Sources, distribution, and health effect of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)—current knowledge and future directions // *Journal of the Chinese advanced materials society*. – 2016. – Vol. 4(4), – P. 302-321.

9. Linnik V. G., Minkina T. M., Bauer T. V., Saveliev A. A., Mandzhieva S. S. Geochemical assessment and spatial analysis of heavy metals pollution around coal-fired power station // *Environmental geochemistry and health*. – 2019. – Vol. – 15(3). P. 496.

10. Ma Y., Rajkumar M., Zhang C., Freitas, H. Beneficial role of bacterial endophytes in heavy metal phytoremediation // *Journal of Environmental Management*. – 2016. – Vol. 174. – P. 14-25.

11. Mandzhieva S. S., Minkina T. M., Chaplygin V. A., Motuzova G. V., Sushkova S. N., Bauer, T. V., Nevidomskaya D. G.. Plant contamination by heavy metals in the impact zone of Novocherkassk Power Station in the south of Russia // *Journal of soils and sediments*. – 2016. – Vol. 16(4). – P. 1383-1391.

12. Ortega-Calvo J. J., Posada-Baquero R., Garcia J. L., Cantos, M. Bioavailability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil as Affected by Microorganisms and Plants // *Soil Biological Communities and Ecosystem Resilience*. – 2017. – Vol. 1 P. 305-319.

13. Sarwar N., Imran M., Shaheen M. R., Ishaque W., Kamran M. A., Matloob A., Hussain S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives // *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 171. – P. 710-721.

14. Sushkova S., Minkina T., Turina I., Mandzhieva S., Bauer T., Zamulina I., Kızılkaya R. Benzo [a] pyrene contamination in Rostov Region of Russian Federation: A 10-year retrospective of soil monitoring under the effect of long-term technogenic pollution // *Eurasian Journal of Soil Science*. – 2016. – Vol. 5(2). – P. 155-165.

15. Yakovleva E. V., Gabov D. N., Beznosikov V. A., Kondratenok B. M., Dubrovskiy Y. A. Accumulation of PAHs in tundra plants and soils under the influence of coal mining // *Polycyclic Aromatic Compounds*. – 2017. – Vol. 37(2-3). – P. 203-218.

16. Zhou L., Li H., Zhang Y., Han S., Xu H. Sphingomonas from petroleum-contaminated soils in Shenfu, China and their PAHs degradation abilities // *Brazilian journal of microbiology*. – 2016. – Vol. 47(2). – P. 271-278.

17. Zhu X., Wang Y., Zhang Y., Chen B. Reduced bioavailability and plant uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil slurry amended with biochars pyrolyzed under various temperatures // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2018. – Vol. 25(17). – P. 16991-17001.

## ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОНДИЦИОННОЙ ПО РАЗМЕРУ МИДИИ ПРИ СБОРЕ УРОЖАЯ НА МАРИХОЗЯЙСТВАХ РОССИИ

Ерохин В. Е., Гордиенко А. П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени

А. О.Ковалевского РАН", Севастополь, Россия

veerokhin@gmail.com

## WAYS TO USE SUBSTANDARD-SIZED MUSSELS AT HARVESTING ON RUSSIAN MARINE FARMS

Erokhin V. E., Gordienko A. P.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

veerokhin@gmail.com

**Аннотация.** Обсуждаются способы переработки культивируемых мидий нестандартного размера. На черноморских фермах количество этих мидий составляет по массе от 20 до 80% снимаемого урожая. Предлагаются некоторые технологические решения для повышения рентабельности морских хозяйств. Переработка продукции на гидролизаты, лечебно – профилактические препараты и кормовые добавки позволит сохранить урожай и выпустить на рынок востребованные товары.

**Ключевые слова:** мидии, некондиционный размер, кормовые добавки, лечебно – профилактические препараты, гидролизаты.

**Abstract.** Methods of processing cultivated mussels of non-standard size are discussed. On the Black Sea farms, the amount of these mussels by weight is from 20 to 80% of the harvested crop. Some technological solutions are proposed to increase the profitability of marine farms. The processing of products into hydrolysates, therapeutic and prophylactic drugs and feed additives will help preserve the harvest and release the products in demand on the market.

**Keywords:** mussels, substandard size, feed additives, therapeutic and prophylactic drugs, hydrolysates.

В настоящее время в европейских странах выращивают более 600 тыс. тонн мидий в год. Культивирование моллюсков является высокорентабельной отраслью. В странах Евросоюза действует строгая система лицензирования, квотирования, а также сертификации не только акваторий марихозяйств, но и выращиваемой продукции. В странах традиционно практикующих культивирование мидий, на рынок поступает в качестве основного конечного продукта мидия живая в створках. И только та мидия, которая не нашла сбыт в живом виде, идет на промышленную переработку. Ассортимент продукции представлен мясом мидий варено-мороженым, консервами, пресервами, а также рядом полуфабрикатов для быстрого приготовления в домашних условиях.

По нашему мнению, в России реализация живой мидии в створках в значительных объемах весьма сомнительна по целому ряду причин, в первую очередь, в связи с менталитетом национальной кухни. Большое значение имеют и трудности в работе с этим видом про-

дукции в барах, столовых и др. учреждениях общепита, вследствие значительных ограничений санэпиднадзора. Следует отметить проблемы транспорта, отсутствие сети сбыта и соответствующей инфраструктуры, а продукт скоропортящийся (при охлаждении хранится до 3-5 суток) и не допускает замораживания.

Для выбора конкретной технологии выращивания и переработки мидий необходимо определить маркетинговую политику и произвести выбор ассортимента выпускаемых видов продукции. Однако бизнесмены при желании заняться культивированием мидий, совершенно не учитывают, что первоочередные затраты должны быть направлены на создание технологического комплекса по переработке выращенной продукции. Эта ошибка приводит к потере урожая, а в дальнейшем и бизнеса.

Исходя из изложенного, наиболее перспективной и рентабельной является переработка, направленная на выпуск широкого ассортимента продукции: мидии живой в створках, различных видов мяса, пресервов, консервов, композиционных продуктов, соусов, майонезов, лечебно – профилактических препаратов на основе гидролизатов и межклеточного сока, а также различные виды питательных сред и кормовой продукции [3, 4, 6 – 10]. Обеспечивать сырьем такие базовые технологические комплексы должна сеть марихозяйств по выращиванию мидий и других объектов марикультуры.

При сборе урожая мидий на черноморских марихозяйствах количество кондиционной по размеру продукции (> 40 мм) составляет от 20% до 50%. Остальную мидию (50 – 80%) обычно выбрасывают обратно в море, т. к. заниматься ей никто не желает, в связи с большими затратами ручного труда и материалов. На зарубежных марихозяйствах мелкоразмерную мидию пускают на доращивание, либо реализуют другим фермерам.

При правильном экономически обоснованном подходе к переработке, некондиционную по размеру мидию можно использовать для получения лечебно – профилактических препаратов на основе гидролизатов и межклеточного сока, а также различных видов питательных сред и кормовой продукции [3, 4, 6 – 10].

Мидию с размером > 40 мм можно не только реализовывать в живом виде, но и перерабатывать на мясо и продукцию из него, в основном, пресервы, которые предпочитают использовать организации общепита, т. к. при этом снимаются ограничения ветеринарной и санитарной служб. В настоящее время разработан широкий ассортимент продукции из мидий. ТУ и ТИ, а также лицензии на производство можно приобрести в АО «Югрыбтехцентр» (г. Севастополь), «Госстандарте» или непосредственно у разработчиков.

Обратим особое внимание на переработку этих некондиционных по размеру мидий, т. к. такая технология не имеет распространения в культивирующих мидию странах, но для марихозяйств в России может быть рентабельной.

Первые на черноморском бассейне работы по использованию сеголеток мидий были начаты в «АзчерНИРО» МРХ СССР [3]. Было отмечено, что наличие тонких створок облегчает их дробление, а относительный выход мяса у сеголеток выше, чем у взрослых моллюсков. Продукция сеголеток при выращивании их на плотках, достигает 600 т на 1 га, в зависимости от количества плотов, при среднем выходе мяса у выращиваемых мидий 45,7% .

Для обеспечения механизации получения кормовой муки из мидий разработана технологическая схема, которая обеспечивает выход муки 7,15% от массы мидий. Мидии, предварительно отмытые от песка и ила пресной или морской водой в течение 8—10 мин в роторной моечной машине, подвергаются обработке острым паром (110°С) в течение 10 мин, затем направляются в механический (без решетки) волчок, где происходит измельчение

створок. В дальнейшем дробленая масса (мясо и створки) поступает в насыщенный тузлук (удельный вес 1,18—1,20), где по истечении 30—40с мясо всплывает, а створки оседают на дно. Вареное мясо отделяется от тузлука и в течение 5 мин отмачивается. Выход вареного мяса составляет 24,4% от массы целых мидий. После подсушивания мяса в течение 10 мин нагретым воздухом (60°С) оно поступает на сушку, измельчение и упаковку. Для указанной технологической обработки мидии на кормовые цели используется имеющееся на предприятиях рыбной промышленности оборудование прессосушильной жиромучной установки с некоторыми изменениями.

Химический состав муки, полученной по этому способу, следующий: вода —7,8%, белки – 64,45%, жиры —5,25%, минеральные вещества—15,25%, гликоген – 7,25%. Соленость от 3,6 до 4%. Мука соответствует требованиям ГОСТа 2116—71.

Предлагаемый способ, кроме того, обеспечивает выход 35% минеральной крупы и 15% бульона, содержащего до 4% сухих веществ, в том числе 0,6% белков. Качество получаемых из мидий кормов контролируется в соответствии с нормативными документами [4].

Следует также принять во внимание возможность получения на основе облученной ультрафиолетом муки из мидий провитамина D3, что существенно повысит рентабельность работы производства: 1 т этого препарата эквивалентна до биологической активности 30 т препарата витамина D2, полученного на основе облученных дрожжей. [4].

С целью повышения рентабельности переработки некондиционных по размеру мидий, нами был разработан «Способ получения основы для поликомпонентного пищевого продукта из мидий» [8]. Изобретение относится к области биотехнологии, а точнее к способам переработки мидий для получения пищевых добавок лечебно-профилактического действия, а также сырья – полуфабриката для производства биологически активных веществ.

В российской марикультуре некондиционная по размеру мидия используется, в основном, для приготовления кормовых добавок. Это объясняется тем, что отделение мяса от створки у мелкогабаритных мидий имеет определенные трудности. Мясо мидий является ценным диетическим продуктом, содержащим биологически активные вещества и обладающим лечебно-профилактическими свойствами при целом ряде заболеваний человека, поэтому его нецелесообразно использовать для животных кормов при дефиците этих продуктов в питании человека.

Известны различные способы переработки некондиционных по размеру мидий, основанные на протирке через сито, флотации и т. п. Наиболее близким из аналогов является способ переработки некондиционных мидий на кормовые цели [3]. Основным недостатком способа является то, что мидийный бульон, в количестве не менее 15 – 20%, содержащий до 0,6% белка и целый ряд биологически активных веществ, а также макро- и микроэлементы, не используется в основном продукте. Кроме того, в состав мидийного бульона входит иммуномодулятор – углевод-белковый комплекс митилан. Способ получения митилана из мидии защищен патентом РФ № 1624973. Не менее существенным недостатком является и то, что вареное мясо отделяется от тузлука и в течение 5 минут отмачивается в пресной воде. В ходе этой процедуры вымывается основное количество ценных макро- и микроэлементов, а также водорастворимых белков и других биологически активных веществ, что в значительной мере обедняет конечный продукт.

В основу изобретения «Способ получения основы для поликомпонентного пищевого продукта из мидий» поставлена задача получения пищевого лечебно-профилактического ди-

етического средства, которое может использоваться как самостоятельно, так и в качестве полуфабриката для изготовления новой линии продуктов и композиций для лечебно-профилактического питания.

Поставленная задача достигается тем, что в предложенном изобретении, мидий бланшируют, с возможностью сбора образующегося при этом бульона. После измельчения и отделения мяса от фрагментов створки, путем флотации в тузлуке, объединяют образовавшийся продукт с полученным при бланшировке мидий бульоном. К полученной смеси добавляют интенсификаторы вкуса, антиокислители, вспомогательные компоненты с гидрофильными свойствами, консерванты, пряности и вкусовые добавки, корректируют вкусовой посол, куттеруют, после чего текстурируют или перерабатывают иным способом. На основе предложенного поликомпонентного продукта могут быть разработаны ценные виды различных продовольственных товаров, например, путем добавки к ним любых эссенциальных пищевых веществ и минорных компонентов, а также пищевых волокон. Это могут быть специализированные продукты для детей, спортсменов, беременных и кормящих женщин, пожилых людей, функциональные продукты для здоровых людей и групп риска.

Выпуск гидролизатов является еще одним из наиболее рентабельных видов производства продуктов переработки мидий. Мясо мидий имеет уникальный химический состав [1, 2, 11], поэтому его гидролизаты являются прекрасным сырьем для производства лечебно-профилактических, фармакологических и косметических препаратов, биологически активных пищевых добавок. Отходы после получения гидролизатов используют в производстве кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы. В России и на Украине одним из основных способов переработки мидий стало производство различных гидролизатов, которые, тем не менее, выпускаются в незначительных объемах, что и определяет их высокую стоимость. Увеличение промышленного выпуска мидийных гидролизатов, относящихся к группе нутрицевтиков и парафармацевтиков, необходимых для здоровья людей, практически не осуществляется.

Наряду с кислотными гидролизатами мидий, разработана группа ферментативных гидролизатов. Каждый из этих продуктов имеет свои недостатки и преимущества, на которых мы здесь останавливаться не будем. Полные сведения по биологически активным веществам мидий и продукции на их основе были описаны нами ранее [1, 2, 11].

Для получения кислотных гидролизатов необходима технологическая операция по получению мяса мидий без створок, что значительно увеличивает себестоимость конечного продукта. С целью устранения этого недостатка нами была предложена технология по утилизации некондиционных по размеру мидий, путем мягкого щелочного гидролиза – «Способ получения гидролизата из моллюсков» [6]. Экспериментально показано стимулирующее действие мидийного щелочного гидролизата на рост планктонных водорослей, на динамику роста культивируемых микроводорослей и сопутствующих им бактерий [5]. Нами было установлено, что мидийный щелочной гидролизат способствует выведению из организма кадмия и нормализует содержания ДНК и РНК, повышает общую резистентность и иммунную реактивность организма собак.

Имеются данные, что щелочной гидролизат обладает высокой антирадикальной активностью, при этом он не оказывал влияния на жизнеспособность изолированных фагоцитов. Установлено, что мидийный гидролизат стимулирует рост волосяного покрова у крыс и собак. Отмечено, что щелочной гидролизат снижает алергизацию организма, уменьшая уровень эозинофилов, положительно влияет на воспалительные процессы в организме,

уменьшая уровень лимфоцитов, повышает уровень гемоглобина и нормализует состав крови при пероральном применении.

Выполненный комплекс исследований гидролизата позволяет рекомендовать проведение санитарно-гигиенических исследований и фармиспытаний гидролизата в качестве лечебно-профилактического пищевого продукта, компонента биологически активных добавок, медицинского препарата лечебно-оздоровительного и профилактического назначения, а также сырья для косметической промышленности. Низкая себестоимость щелочного гидролиза открывает перспективы широкого его использования в качестве лечебно-профилактических пищевых добавок и ветеринарных препаратов для сельскохозяйственных животных.

На базе щелочных мидийных гидролизатов нами были разработаны способы получения основы для приготовления микробиологических питательных сред из сырья морского гелеза и питательные среды для тестирования роста микроорганизмов, преимущественно бактерий и грибов [6-9].

Указанные основы питательных сред могут быть использованы в научно-исследовательской и практической работе для выделения, культивирования микроорганизмов, а также для выработки вакцин.

*Работа выполнена по государственному заданию в рамках темы НИОКР РАН АААА-А18-118021490093-4 "Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом" и темы АААА-А18-118020790229-7 «Структурно-функциональная организация продуктивности и устойчивости пелагических экосистем».*

#### Список литературы

1. Ерохин В. Е. Биологически активные вещества черноморских мидий. 1. Некоторые данные о химическом составе. // Морські біотехнічні системи. Зб. наукових статей. НДЦ ЗС України «Державний океанаріум», 2005, вип. 3., с. 37 -46.
2. Ерохин В. Е. Биологически активные вещества черноморских мидий. 2. Продукты комплексной переработки мидий. // Морські біотехнічні системи. Зб. наукових статей. НДЦ ЗС України «Державний океанаріум», 2005, вип. 3., с. 47 -69.
3. Иванов А. И., Скачков В. П., Бондаренко В. С. Выращивание и обработка черноморских мидий на кормовые цели. // Биология моря, 1987, № 1, с. 52—56.
4. Ковбасенко В. М. Методические рекомендации по переработке и использованию кормовых добавок из мидий. // Одесса: Одесск. с.-х. ин-т, 1982. 16 с.
5. Минюк Г. С., Ерохин В. Е., Гордиенко А. П., Терентьева Н. В., Чубчикова И. Н., Дробецкая И. В. // Физиолого-биохимические и биофизические характеристики зеленой одноклеточной водоросли *Haematococcus pluvialis* Plotow (Chlamidomonadales) – перспективного источника природного астаксантина // В кн.: «Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования». Под ред. Ю. Н. Токарева, З. З. Финенко, Н. В. Шадрина; НАН Украины, Институт биологии южных морей.- Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. с. 353-381.
6. Пат. 53327 А UA, МПК А23L/333. Спосіб одержання гідролізату з молюсків. / Єрохін В.Є., (UA), Голуб М. О., (UA); заявник Інститут біології південних морів ім О. О. Ковалевського НАН України (UA). – №2002043479; заявл. 25.04.2002, опубл. 15.01.2003, Бюл. №1.

7. Пат. 84818 С2 UA, МПК С12N1/20, А01К61/00 Спосіб отримання поживної основи мікробіологічних середовищ / Рябушко В.І., Голуб М. О., Єрохін В.Є., Пархоменко Н. А., Кисельова Т. Ф. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім О. О.Ковалевського НАН України, ТОВ „МЕРІКОН” (UA); №а200713086 заявл. 26.11.2007, опубл. 25.11.2008.

8. Пат. 86297 С2 UA, МПК А23L1/325 Спосіб одержання основи для полікомпонентного харчового продукту з мідій/Єрохін В.Є.(UA);заявник Інститут біології південних морів ім О. О.Ковалевського НАНУкраїни,(UA).–№а200709050 заявл. 06.08.2007, опубл. 10.04.2009, Бюл. №7.

9. Пат 34711 U UA, МПК С12N1/20 Поживне середовище „Аквамедіа” для культивування мікроорганізмів / Єремєєв В. М., Рябушко В.І., Голуб М. О., Єрохін В.Є., Пархоменко Н. А., Кисельова Т. Ф. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім О. О.Ковалевського НАН України, ТОВ „МЕРІКОН” (UA); №200800653 заявл.21.01.2008; опубл.26.06.2008, Бюл. №16.

10.Пат. 91133 С2 UA, МПК С12N1/20, А01К61/00 Поживне середовище для культивування штаму збудника бешихи свиней *Erysipelothrix rhusiopathie* / Рябушко В.І., (UA), Пархоменко Н. А., (UA), Єрохін В.Є., (UA), Голуб М. О., (UA), Колесникова К. Ю. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім О. О.Ковалевського НАН України (UA). – №а200813010; заявл. 10.11.2008, опубл. 25.06.2010, Бюл. №12.

11.Erokhin V. E., Crischmaru M. Substances biologiques actives des moules communes de la mer Noire // *Cercetari marine*. – Publ. IRCM, 1991-1992. – № 24-25. – P. 193-206.

**РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО  
ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ РЕГИОНОВ ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ – ПАНДЕМИИ COVID-19**

Жагина С. Н., Низовцев В. А., Светлосанов В. А., Пахомова О. М., Кудин В. Н.

Географический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

Москва

vulpes-06@mail.ru

**THE DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE ARKHANGELSK AND MURMANSK  
REGIONS AND ITS IMPACT ON THE REGIONAL ECONOMIES AFTER THE  
CATASTROPHIC IMPACT – THE COVID-19 PANDEMIC**

Zhagina S.N., Nizovtsev V.A., Svetlosanov V.A., Pakhomova O.M., Kudin V.N.

Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University

Moscow

vulpes-06@mail.ru

**Аннотация** Целью исследования является анализ и обобщение статистических данных, раскрытие динамики развития туризма в Архангельской и Мурманской области, а также возможностей восстановления индустрии туризма после окончания пандемии.

**Ключевые слова:** развитие туризма, Мурманская и Архангельская области, катастрофическое воздействие

**Abstract** The aim of the study is to analyze and summarize statistical data, to reveal the dynamics of tourism development in the Arkhangelsk and Murmansk regions, as well as the possibilities of restoring the tourism industry after the end of the pandemic.

**Keywords:** tourism development, Murmansk and Arkhangelsk regions, catastrophic impact

Туризм служит интересам человека и общества, и он становится источником доходов, как на микро, так и на макроэкономическом уровнях. Туризм является одним из основных факторов создания дополнительных рабочих мест, ускоряет развитие дорожного строительства, стимулирует развитие гостиничного бизнеса, мотивирует на производство всех видов транспортных средств, способствует сохранению народных промыслов и национальной культуры региона. В связи с этим, туризм выступает “катализатором” социально-экономического развития. Таким образом, туристский бизнес способен оказывать прямое влияние на экономику региона.

Туристический бизнес – как сфера экономики, производящая услуги, необходимые для удовлетворения потребностей, представляет собой одну из важнейших сфер экономики, дальнейшее развитие и совершенствование которой будет способствовать увеличению доходов региона и страны в целом.

Люди, живущие в развитом обществе, помимо биологических нужд имеют много других потребностей и желаний. Одной из таких потребностей является потребность в путешествиях. Удовлетворение туристских потребностей и желаний предполагает производство туристских продуктов и услуг, а это, в свою очередь, влияет на развитие производственной деятельности и



развитие туристских ресурсов. Экономика туризма – это наука, которая изучает и анализирует экономические отношения, возникающие в процессе производства, распределения и потребления туристских продуктов и услуг, предназначенных для удовлетворения потребностей и желаний путешественников. Предметом экономики туризма являются экономические отношения, которые возникают в процессе производства, распределения и потребления туристских продуктов или услуг, удовлетворяющих потребности путешественников.

Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. предусматривает повышение эффективности всех видов экономической деятельности в Арктической зоне РФ с целью перехода к устойчивому развитию региона, повышению его конкурентоспособности. Уровень национального присутствия на арктическом направлении может быть обеспечен за счет экономического освоения ресурсов, в том числе использования богатых природных рекреационных ресурсов.

На государственном уровне был принят ряд программ по перспективному развитию отдельных районов этого региона. В частности, была принята государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации – Поддержка Национального плана действий по защите Арктической морской среды», рассчитанная до 2020 г. [1], а также программа «Развитие транспортной системы», предусматривающая возрождение Северного морского пути, в которой обозначено ускоренное экономическое развитие восьми выделенных опорных зон АЗРФ, в которых планируется дальнейшее промышленное (добыча полезных ископаемых) и транспортное (усиление эксплуатации северного морского пути (СМП) и создание береговой инфраструктуры, строительство новых железных и автомобильных дорог, аэродромов), освоение территории, а для Мурманской и Архангельской области еще и развитие туризма [1].

Архангельская и Мурманская область, обладают колоссальными туристскими ресурсами, еще не достигли уровня развития, адекватного своим потенциальным возможностям. Сложность современной социально-экономической обстановки отражается на развитии отечественной индустрии туризма. Эффективному развитию туризма в рассматриваемых областях, как и России в целом, препятствует несовершенство механизмов государственного регулирования на различных уровнях власти, отсутствие мотивации для частных инвестиций в туристские рынки, востребованность туристских объектов вследствие неразвитости инфраструктуры туристских услуг, отсутствие эффективных методов экономического анализа туристского комплекса регионов.

В последние годы туристический бизнес активно развивался в Мурманской и Архангельской областях.

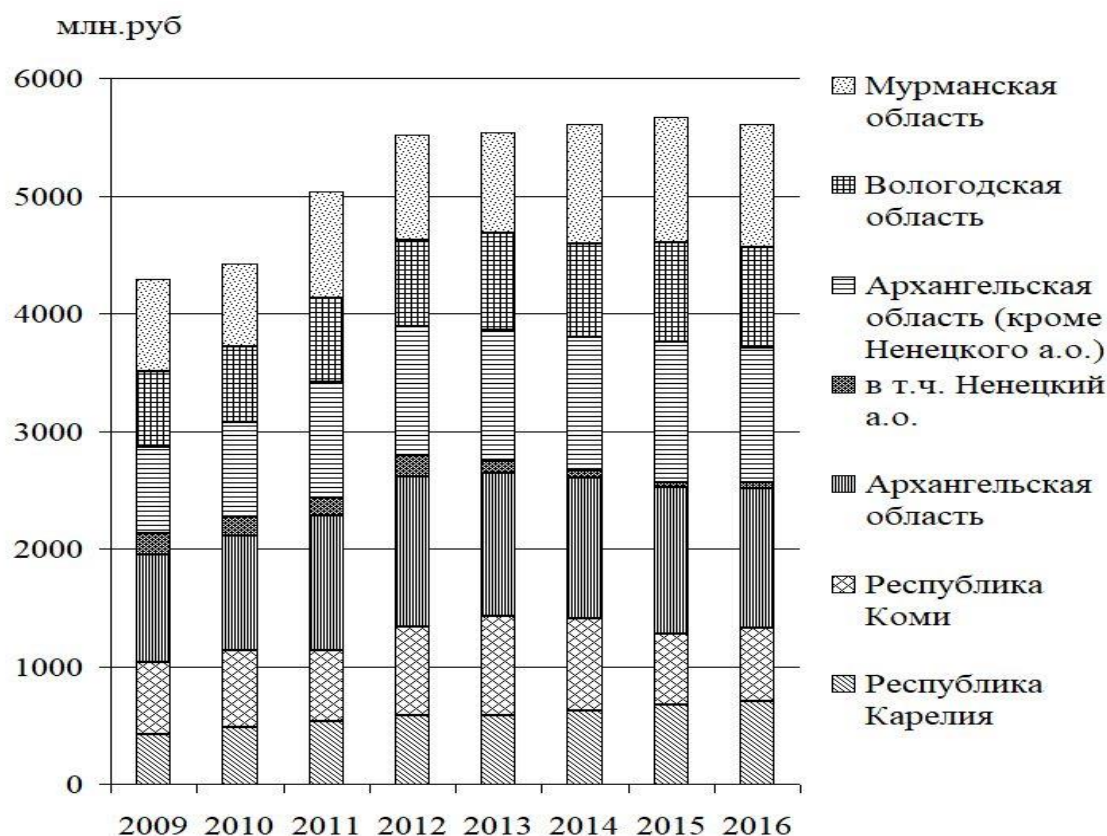
Основу туристской индустрии указанных выше регионов составляют коллективные средства размещения (КСР). Объем туристских услуг за период с 2009 по 2016 гг. в регионах ЕСР увеличился с 425,3 до 1190,1 млн. рублей. Объем оказанных услуг в данных регионах в 2012-2013 гг. стремительно рос, однако в последнее время происходит его сокращение. Под туристской услугой понимается совокупность целенаправленных действий в сфере обслуживания, которые ориентированы на обеспечение и удовлетворение потребностей туриста или экскурсанта, отвечающие целям туризма, характеру и направленности туристской услуги, тура, туристского продукта. К ним относятся услуги по организации поездок граждан с познавательными целями без осуществления ночевки в коллективном средстве размещения и не входящие в стоимость тура, а также услуги объектов туристской индустрии по обслуживанию туристов, оплаченные в составе пакетного тура [2].

Можно отметить, что показатели области имеют неоднозначную динамику. Смещение показателей в данном рисунке связано в основном с кризисом 2013-2014 гг., что сократило количество туристов в регионы и спрос на данный вид продукта, и, соответственно, предложение услуг на туристические услуги сократилось. Единственным регионом, демонстрирующим положительную динамику, является Республика Карелия.

В соответствии с программой развития с 2013г. правительство Мурманской области ведет политику, направленную на повышение роли туризма в экономическом и социально – культурном развитии региона.

На основе анализа в абсолютных показателях по размещению мы можем отметить, что Республика Карелия является также лидером и по количеству иностранных туристов, размещаемых в КСР, начиная с 2009 г. [5]. В Мурманской области в тоже время количество иностранных туристов, по сравнению с 2009 г. увеличилось к 2016 г. почти на 10,0 тыс. человек. В остальных регионах ситуация за последние восемь лет практически не изменилась [5].

Проведём анализ численности российских граждан, размещённых в КСР за период с 2002 по 2016 гг. (рис. 1).



**Рис. 1.** Численность размещенных лиц в коллективных средствах размещения (тыс. чел.)  
Составлено по данным Федерального агентства по туризму [5]

Несмотря на то, что Республика Карелия по объёму туристических услуг, оказываемых населению, занимает последнее место, доля граждан, размещённых в КСР, в 2016 г. была больше всего именно в данном регионе – 420 200 тыс. чел. Для сравнения в Вологодской

области – 382 068 тыс. чел., Архангельской области – 269 447 тыс. чел [5]. В 2017 г. ситуация кардинально изменилась. Объем туристических услуг оказанных населению в Вологодской области – 455 275 тыс. чел., в Карелии – 414589 тыс. чел, Мурманской области – 302 185 тыс. чел. Архангельской области – 264 512 тыс. чел. [5].

На основе анализа в абсолютных показателях по размещению мы можем отметить, что Республика Карелия является также лидером и по количеству иностранных туристов, размещаемых в КСР, начиная с 2009 г. [6]. В Мурманской области в тоже время количество иностранных туристов, по сравнению с 2009 г. увеличилось к 2016 г. почти на 10,0 тыс. человек. В остальных регионах ситуация за последние восемь лет практически не изменилась [5].

По данным Минвостокразвития, в 2019 г. Российскую Арктику посетили 1,17 млн. туристов – на 5% больше, чем в 2018 г. Самым популярным регионом является Мурманская область, на долю которой приходится до 40% туристов. На втором месте находится Архангельская область с 18%, на третьем – Карелия и Ямало-Ненецкий автономный округ – по 15% [1].

В начале 2020 г. все страны охватила пандемия нового вида коронавируса, COVID-19. Как отмечают эксперты, такого кризиса в туризме не наблюдалось со времен Второй мировой войны. В России пандемия коронавируса сильнее всего ударила по популярным у туристов регионам, в том числе Мурманской и Архангельской областям. Объем финансовых потерь в этих областях в сфере туризма составил 57% за первый квартал 2020 г.[2]. Такое сильное воздействие следует рассматривать как катастрофическое. Оно внесло хаос в туристический бизнес. Много туристических фирм разорилось, было уволено много сотрудников, возникли социальные проблемы. Любая катастрофа, тем более, такая сильная как пандемия, способствует образованию точки бифуркации. Динамический процесс, описывающий туристический бизнес, не может идти по старому пути. Возникают новые направления научных исследований. Для анализа и принятия оптимальных решений развития туристического бизнеса при катастрофических воздействиях типа пандемии COVID-19, а также анализа динамических процессов и построения сценариев развития туризма в Мурманской и Архангельской областях должен быть организован новый подход. При исследовании туристического бизнеса при катастрофическом воздействии надо создать математические модели, описывающие данный процесс, в основе которых должны быть использованы научные идеи теории катастроф, теории хаоса [3]. Указанные научные подходы были использованы авторами при анализе туристического бизнеса после окончания пандемии в Мурманской и Архангельской областях. Т.е., предложены новые современные подходы изучения динамики туристического бизнеса с целью поднять бизнес на более высокую ступень развития и способствовать устойчивому развитию Мурманскому и Архангельскому регионов.

К новым современным подходам изучения динамики туристического бизнеса относятся тренды более активного внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности, а также экономики впечатлений. Точный прогноз дать невозможно, особенно в условиях изменения курсов валют. Кроме того, вполне вероятно, что может измениться подход к жизни в целом – способы дистанционной коммуникации онлайн станут обычным делом. Сегмент цифровых проектов в туризме активизируется, что поможет формированию отложенного спроса и сработает тогда, когда будут сняты все ограничения с туристских поездок. Наряду с активизацией использования цифровых технологий в туризме необходимо отметить еще один тренд, ожидаемый в первое время после того, как пандемия пойдет на спад. Вполне ве-

роятно, что мы будем наблюдать что-то вроде вирусофобии у туристов, когда люди просто не будут готовы к массовым путешествиям, тщательно соотнося свои потребности и возможные риски. Для России это может означать возрастание популярности экологического туризма.

Примечательно, что хотя туризм в кризисных ситуациях является достаточно уязвимым видом экономической деятельности, но быстро реагирует на происходящие изменения. Период восстановления бывает относительно непродолжительным.

Новые подходы и методы решения кризисных ситуаций в результате катастрофических воздействий помогут справиться с возникшей ситуацией и найти оптимальные решения выхода из кризиса.

#### Список литературы

1. Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики – [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] – Режим доступа URL: <https://minvr.gov.ru/docs/> (дата обращения 25.08.2020).

2. Комитет по туризму по Мурманской области [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] – Режим доступа URL: <https://tourism.gov-murman.ru> (дата обращения 27.08.2020).

3. Туризм и устойчивое развитие регионов европейского севера России / С. Н. Жагина, В. А. Низовцев, В. А. Светлосанов, О. М. Пахомова // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: социальный, правовой, экономический и экологический аспекты. – Т. 2. – Воронеж: Воронеж, 2019. – С. 314–318.

4. Жагина С. Н., Пахомова О. М. Оценка рекреационного потенциала особо охраняемых территорий Европейского Севера России // Мир геоэкологии. Геоэкологические проблемы и пути их решения. – Москва, 2017. – С. 266–274.

5. Федеральное агентство по туризму [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: – <https://www.russiatourism.ru/content/8/section/81/detail/10874/> (дата обращения 30.08.2020).

## ВЛИЯНИЕ УГЛЕДОБЫЧИ НА ПОПУЛЯЦИЮ СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Жолудева И. Д.

Луганский государственный университет имени Владимира Даля

г. Луганск

e-mail: agroecology.lg@mail.ru

## INFLUENCE OF COAL MINING ON THE POPULATION OF STEPPE VEGETATION

Zholudeva I.D.

Lugansk Vladimir Dal State University

Luhansk

e-mail: agroecology.lg@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по влиянию атмосферных выбросов шахты на биоразнообразие травянистых растений в фитоценозах, на фитоценотическую устойчивость и виталитет их популяций на территории, прилегающей к угледобывающему предприятию.

**Ключевые слова:** популяция, виталитет, биоразнообразие.

**Abstract.** The article presents the results of research on the impact of atmospheric emissions on the biodiversity of herbaceous plants in phytocenoses, on the phytocenotic stability and vitality of their populations in the territory adjacent to the coal mining enterprise.

**Keywords:** population, vitality, biodiversity.

Донбасс является одним из самых старых и больших горнопромышленных районов в мире, на его территории расположен Донецкий каменноугольный бассейн. Шахты имеют комплексный характер воздействия на окружающую среду. Наибольшее влияние приходится на атмосферный воздух, что обусловлено выбросами угольной пыли, золы, метана, оксидов серы, диоксида углерода, тяжелых металлов и др. поллютантов. Особую актуальность приобретает изучение влияния шахтных выбросов в атмосферу на состояние растительного покрова на прилегающих к шахтам территориях. Негативное влияние угледобывающих предприятий на состояние растений в Донбассе является общеизвестным фактом [1, 4]. Вследствие загрязнения атмосферы происходит трансформация флоры, что приводит к обеднению генофонда, уменьшению биоразнообразия и потери многих видов. Целью наших исследований является изучение влияния атмосферных выбросов шахты «Белореченская» ГУП ЛНР «Центруголь» на биоразнообразие, возрастной состав популяций травянистых растений, фитоценотическую устойчивость и виталитет популяций в фитоценозах смежных территорий. Выделены виды с разной фитоценотической устойчивостью популяций и уровнем виталитета, которые можно использовать в качестве маркеров при различном уровне загрязнения атмосферы шахтными выбросами.

Изучение видового состава флоры в фитоценозах и особенностей популяций травянистых растений проводилось непосредственно вблизи террикона шахты на расстоянии 3 м, 500 и 1000 м от террикона. Исследование видового состава травянистых растений в фитоценозах проводилось на пробных площадках 1x1 м. У каждого растения определялась

возрастная группа, тип размножения и виталитет. Возрастная группа растений определялась по общепринятой методике Работнова [2]. На основании полученных данных о возрастной структуре определяли тип популяции (нормальный, инвазионный, регрессивный). Если в популяции было равное соотношение прегенеративных и генеративных особей растений, то такой тип популяции определялся как нормальный; если незначительное количество генеративных особей, много прегенеративных, то такой тип популяции определялся как инвазионный; если в популяции отсутствовали прегенеративные особи, то такой тип популяции определялся как регрессивный [3]. Для определения виталитета растений рассмотрели и проанализировали признаки каждого растения в пределах одной возрастной группы (высота растения, количество листьев, длина листьев).

Исследования показали, что количество видов растений при приближении к террикону снижается (рис. 1). На территории, прилегающей к террикону шахты в пределах 1000 м, встречалось 23 вида растений: полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana Spreng*), ковыль волосистый (*Stipa capillata L.*), щетинник сизый (*Setaria glauca L.*), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea L.*), синяк обыкновенный (*Echium vulgare L.*), татарник колючий (*Onopordum acanthium L.*), чертополох курчавый (*Carduus crispus L.*), осот щетинистый (*Cirsium setosum*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*), девясил британский (*Inula britannica L.*), яснотка белая (*Lamium album L.*), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum Mill*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris Mill*), вайда красильная (*Isatis tinctoria L.*), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata L.*), полынь горькая (*Artemisia absinthium L.*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), подорожник большой (*Plantago major L.*), гравилат городской (*Geum urbanum L.*), чистотел большой (*Chelidonium majus L.*), свербига восточная (*Bunias orientalis L.*), овсяница валисская (*Festuca valesiaca*), пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*).

На расстоянии 500 м от террикона встречалось 12 видов растений: полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana Spreng*), ковыль волосистый (*Stipa capillata L.*), татарник обыкновенный (*Onopordum acanthium L.*), чертополох курчавый (*Carduus crispus L.*), осот щетинистый (*Cirsium setosum*), девясил британский (*Inula britannica L.*), яснотка белая (*Lamium album L.*), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum Mill.*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris Mill*), вайда красильная (*Isatis tinctoria L.*), полынь горькая (*Artemisia absinthium L.*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*).

На расстоянии 3 м от террикона обнаружено только 5 видов растений, такие как: полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana Spreng*), синяк обыкновенный (*Echium vulgare L.*), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea L.*), ковыль волосистый (*Stipa capillata L.*), щетинник сизый (*Setaria glauca L.*).

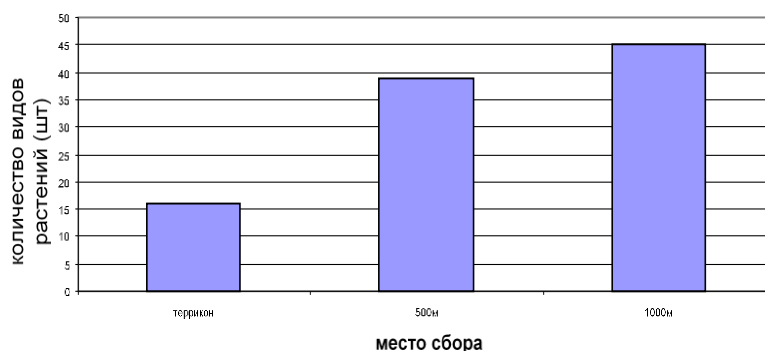
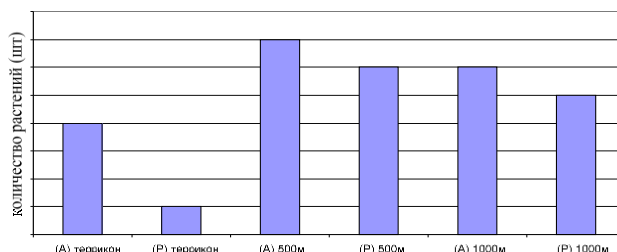


Рис. 1. Количество видов растений на территории, прилегающей к шахте

Вблизи террикона встречались типичные ксерофиты-склерофиты, на удалении от террикона возрастало количество видов ксеромезофитов и мезофитов. Около террикона встречались виды автохтонной флоры (А), преимущественно степанты, а дальше увеличивалось количество рудеральных растений (Р), особенно на расстоянии 500 м от террикона шахты (рис. 2)



**Рис. 2.** Количество видов автохтонных (А) и рудеральных растений (Р) на территории, прилегающей к шахте

Нормальные типы популяций непосредственно у террикона встречались у полыни Маршалла и синяка обыкновенного (табл. 1). У ковыля волосистого, щетинника сизого, лапчатки серебристой тип популяции вблизи террикона был регрессивный. У осота щетинистого, тысячелистника обыкновенного, яснотки белой и полыни австрийской на расстоянии 500 м от террикона наблюдались инвазионные типы популяции, а у большинства видов (татарника обыкновенного, чертополоха курчавого, девясила британского, полыни австрийской) на расстоянии 500 м от террикона популяции были регрессивными. Только на расстоянии 1000 м от террикона подорожник большой и чистотел большой имели нормальный тип популяции, а у полыни австрийской и свербиги восточной даже на таком расстоянии от террикона популяции были регрессивными.

Таблица 1

**Фитоценоотические типы растений на разных расстояниях от террикона**

Виды растений	Фитоценоотические типы популяций на разном расстоянии от террикона шахты		
	3 м	500 м	1000 м
Полынь Маршалла	нормальный	нормальный	нормальный
Ковыль волосистый	регрессивный	нормальный	нормальный
Щетинник сизый	регрессивный	-	-
Лапчатка серебристая	регрессивный	-	-
Синяк обыкновенный	нормальный	-	-
Татарник обыкновенный	-	регрессивный	-
Чертополох курчавый	-	регрессивный	-
Осот щетинистый	-	инвазионный	-
Тысячелистник обыкновенный	-	инвазионный	-
Девясил британский	-	регрессивный	-
Яснотка белая	-	инвазионный	-
Лопух паутинистый	-	регрессивный	-
Льнянка обыкновенная	-	регрессивный	регрессивный
Вайда красильная	-	регрессивный	-
Подорожник ланцетолистный	-	регрессивный	-

Полынь горькая	-	нормальный	инвазионный
Полынь австрийская	-	инвазионный	регрессивный
Подорожник большой	-	-	нормальный
Гравилат городской	-	-	инвазионный
Чистотел большой	-	-	нормальный
Свербига восточная	-	-	регрессивный
Овсяница валлиская	-	-	инвазионный
Пырей ползучий	-	-	инвазионный

В зависимости от количества нормальных популяций были выделены группы устойчивости растений по отношению к атмосферным выбросам. Растения, которые даже в непосредственной близости от террикона имели нормальные или инвазионные популяции относили к группе сильно устойчивых к шахтным атмосферным выбросам, те растения, которые имели нормальные или инвазионные популяции на расстоянии 500 м от террикона считали среднеустойчивыми. Виды, у которых нормальные популяции наблюдались на расстоянии 1000 м от террикона, были выделены, как слабоустойчивые, виды, у которых даже на расстоянии свыше 1000 м от террикона были только регрессивные популяции, относили к группе видов, неустойчивых к загрязнению воздуха выбросами шахт. Наличие той или иной группы видов в фитоценозах, может служить индикатором на количество шахтных выбросов (табл. 2).

Таблица 2

**Группы растений по фитоценотической устойчивости популяций к атмосферным выбросам шахты**

Степень фитоценотической Устойчивости	Виды растений
Сильноустойчивые	<i>Artemisia marschalliana Spreng</i> <i>Echium vulgare L.</i>
Среднеустойчивые	<i>Stipa capillata L.</i> <i>Carduus crispus L.</i> <i>Achillea millefolium L.</i> <i>Lamium album L.</i> <i>Artemisia absinthium L.</i> <i>Artemisia austriaca</i>
Слабоустойчивые	<i>Plantago major L.</i> <i>Geum urbanum L.</i> <i>Chelidonium majus L.</i>
Неустойчивые	<i>Bunias orientalis L.</i> <i>Plantago lanceolata L.</i> <i>Isatis tinctoria L.</i> <i>Linaria vulgaris Mill</i> <i>Arctium tomentosum Mill</i> <i>Inula britannica L.</i> <i>Carduus crispus L.</i> <i>Onopordum acanthium L.</i> <i>Potentilla argentea L.</i> <i>Setaria glauca L.</i>



Было установлено, что между видовым разнообразием травянистых растений в экосистемах и количеством выбросов в атмосферу диоксида серы и золы существовала тесная функциональная связь ( $R^2=1$ ). Количество видов травянистых растений снижалось в 3,5 раза при увеличении выбросов сернистого газа в атмосферу на 70 т/год. При увеличении содержания в атмосфере золы на 10 т/год количество травянистых растений уменьшалось в 3 раза. Таким образом, эффект депрессии биоразнообразия травянистых растений, при котором происходит сокращение численности видов травянистых растений в фитоценозах в 3 раза, для золы можно оценить как умеренный, для сернистого газа – как слабый.

Полученные данные указывают на то, что увеличение популяций за счет семенного размножения падает по мере приближения к террикону (его показатель индекс восстановления), а интенсивность увеличения количества растений за счет вегетативного возобновления по мере приближения к террикону возрастает (ее показатель индекс замещения). Однако полной компенсации потери растительных особей за счет вегетативного возобновления не наблюдалось ни у одного из исследованных видов и поэтому общий индекс увеличения популяций растений всех групп устойчивости к атмосферным выбросам по мере приближения к террикону падал (табл. 3).

Таблица 3

**Индексы восстановления, замещения и общего возобновления растений на различных расстояниях от террикона шахты**

Тип фитоценотической устойчивости	Виды растений	Индекс восстановления, %			Индекс замещения, %			Общий индекс пополнения популяции, %		
		3 м	500 м	1000 м	3 м	500 м	1000 м	3 м	500 м	1000 м
Сильно-устойчивые	<i>Artemisia marschalliana Spreng</i>	60	100	100	5	0	0	65	100	100
Средне-устойчивые	<i>Stipa capillata L.</i>	-	80	85	-	20	15	-	100	100
	<i>Artemisia absinthium L.</i>	-	500	100	-	0	0	-	500	100
	<i>Artemisia austriaca</i>	-	200	100	-	100	0	-	300	100
Неустойчивые	<i>Linaria vulgaris Mill</i>	-	0	-	0	10	-	-	0	10

Проведенные исследования позволили выделить растения, изменения индексов восстановления, замещения и общего пополнения популяций могут быть использованы для индикации определенных типов загрязнителей. Полынь Маршалла можно использовать для индикации серы, а ее индексы восстановления и общего увеличения популяции – для индикации золы. Индекс восстановления ковыля волосистого можно использовать как индикатор для определения золы. Индексы восстановления и общего увеличения популяции полыни горькой являются индикаторами и серы, и золы. Полынь австрийская может быть использована как индикатор выбросов серы и золы, а ее индексы восстановления и общего увеличения популяции использовать для определения наличия золы. Льянка обыкновенная обычно не восстанавливается при семенном типе размножения, а ее индексы замещения и общего увеличения популяции свидетельствуют о том, что льянка обыкновенная

поддерживает свою численность только благодаря вегетативному восстановлению и то на крайне недостаточном уровне для устойчивого существования в фитоценозе.

Были определены типы виталитета популяций травянистых растений, произрастающих на различных расстояниях от террикона шахты. Согласно полученным данным у таких растений как полынь Маршалла, ковыль волосистый, синяк обыкновенный популяции на любом расстоянии от террикона носили процветающий характер. У щетинника сизого и лапчатки серебристой популяции на любом расстоянии от террикона имели устойчивый виталитет. У вайды красильной, подорожника ланцетолистного, полыни горькой и полыни австрийской популяции с устойчивым типом виталитета были обнаружены на расстоянии 500 м от террикона, а у гравилата городского такие популяции встречались на расстоянии 1000 м от террикона шахты. У всех остальных исследованных видов популяции имели депрессивный тип виталитета.

#### Список литературы

1. Жуков С. П. О механизмах распространения чужеродных видов через техногенные экотопы Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 1–2. С. 13–18.
2. Работнов Т. А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 352 с.
3. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3: Геоботаника, 1950. Вып. 6. 204 с.
4. Рева М. Л., Хархота А. И., Дмитренко П. П. Растительность техногенных земель в Донбассе // Растения и промышленная среда. Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1978. С. 33–43.

**ЛАВИННАЯ ОПАСНОСТЬ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЕСПУБЛИКИ  
АЛТАЙ**

Журавлева О. В., Каранин А. В., Сухова М. Г.  
Горно-Алтайский государственный университет  
г. Горно-Алтайск  
juravolg@mail.ru, vedmedk@bk.ru, mgs.gasu@yandex.ru

**AVALANCHE HAZARD OF MUNICIPAL FORMATIONS IN THE REPUBLIC OF  
ALTAI**

Zhuravleva O.V., Karanin A.V., Sukhova M.G.,  
Gorno-Altai State University  
Gorno-Altai  
juravolg@mail.ru, vedmedk@bk.ru, mgs.gasu@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводятся результаты оценки некоторых аспектов лавинной опасности территории Республики Алтай. Выполнена калькуляция показателей среднего коэффициента лавинной опасности рельефа для каждого сельского поселения. Население по территории республики расселено неравномерно, существуют обширные незаселенные пространства, поэтому в дополнение к показателю средней лавинной опасности рельефа были локализованы лавиноопасные участки, находящиеся в непосредственной близости к населенным пунктам.

**Ключевые слова.** Лавинная опасность, Республика Алтай.

**Abstract.** The article presents the results of an assessment of some aspects of the avalanche hazard in the territory of the Altai Republic. The calculation of the indicators of the average avalanche hazard coefficient of the relief for each rural settlement was carried out. The population across the territory of the republic is unevenly settled, there are vast unpopulated areas, therefore, in addition to the average avalanche hazard of the relief, avalanche-prone areas were localized, located in the immediate vicinity of settlements.

**Keywords.** Avalanche danger, Altai Republic.

Лавинная опасность территории – это та характеристика, которую нельзя недооценивать. Ежегодно лавины уносят в разных странах мира более 200 человеческих жизней [4]. Многие виды хозяйственной деятельности человека, различные линейные сооружения подвержены риску их воздействия. Природная обусловленность этого явления кроется в сочетании прежде всего двух факторов – рельефа местности и его климатических условий. Однако следует учитывать и тот факт, что количество жертв и численность населения в лавиноопасных районах взаимосвязаны, поэтому при картографировании необходимо учитывать и такие характеристики как плотность населения, близость очагов к населенным пунктам и т. д. В качестве территориальной единицы оценивания были выбраны территории сельских поселений. Особую значимость «социально ориентированное» картирование лавин приобретает для таких территорий как Республика Алтай, где туризм является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития [1].

Горный рельеф, наличие значительных углов наклона поверхности, значительной количество осадков, выпадающих в твердом виде, создают благоприятные условия для формирования лавин. Это, как правило, крутые заснеженные склоны различной экспозиции, имеющие перепад высот, а также лоткообразные. Такие условия характеризуют целый ряд хребтов Центрального и Юго-Восточного Алтая. Это такие хребты как: Катунский, Северо-Чуйский, Южно-Чуйский, крутые отроги среднегорных массивов, борта Телецкой котловины и др. Небольшие лавины можно наблюдать в границах селитебных территорий и хозяйственных объектов, в первую очередь, автомагистралей (рисунок 1).



**Рис. 1.** Сход снежной лавины в Шебалинском районе Республики Алтай (17.01.20)

В районе автодорог лавиноопасные участки приурочены к тем территориям, где дорожное полотно непосредственно примыкает к крутым склонам, не защищенным растительностью, либо если дорога проложена непосредственно по склону, в специально созданных выемках.

Территории, где наиболее часто возникают ЧС, связанные с воздействием лавин на инфраструктуру – это автомагистраль Акташ-Улган, и объездная дорога из с. Майма в г. Горно-Алтайск.

Оценка лавинной опасности по исследуемому региону оказалась сопряжена с определенными сложностями. Традиционно, при вычислении вероятности лавинообразования принято принимать в расчет крутизну склона и толщину снежного покрова. Однако, на территории Республики Алтай достоверная континуальная оценка толщины снежного покрова никогда не проводилась, измерения всегда ограничивались отдельными локациями, преимущественно на севере региона. Ввиду сложного пересеченного рельефа, экстраполировать результаты этих измерений на всю площадь региона не представляется возможным. Поэтому, интегральная оценка лавинной опасности, предусматривающая использование показателя толщины снежного покрова, не выполнялась. Вместо этого была проведена оценка лавинной опасности рельефа, которая дает определенное понимание о местоположении лавиноопасных участков и об общем уровне лавинной угрозы.

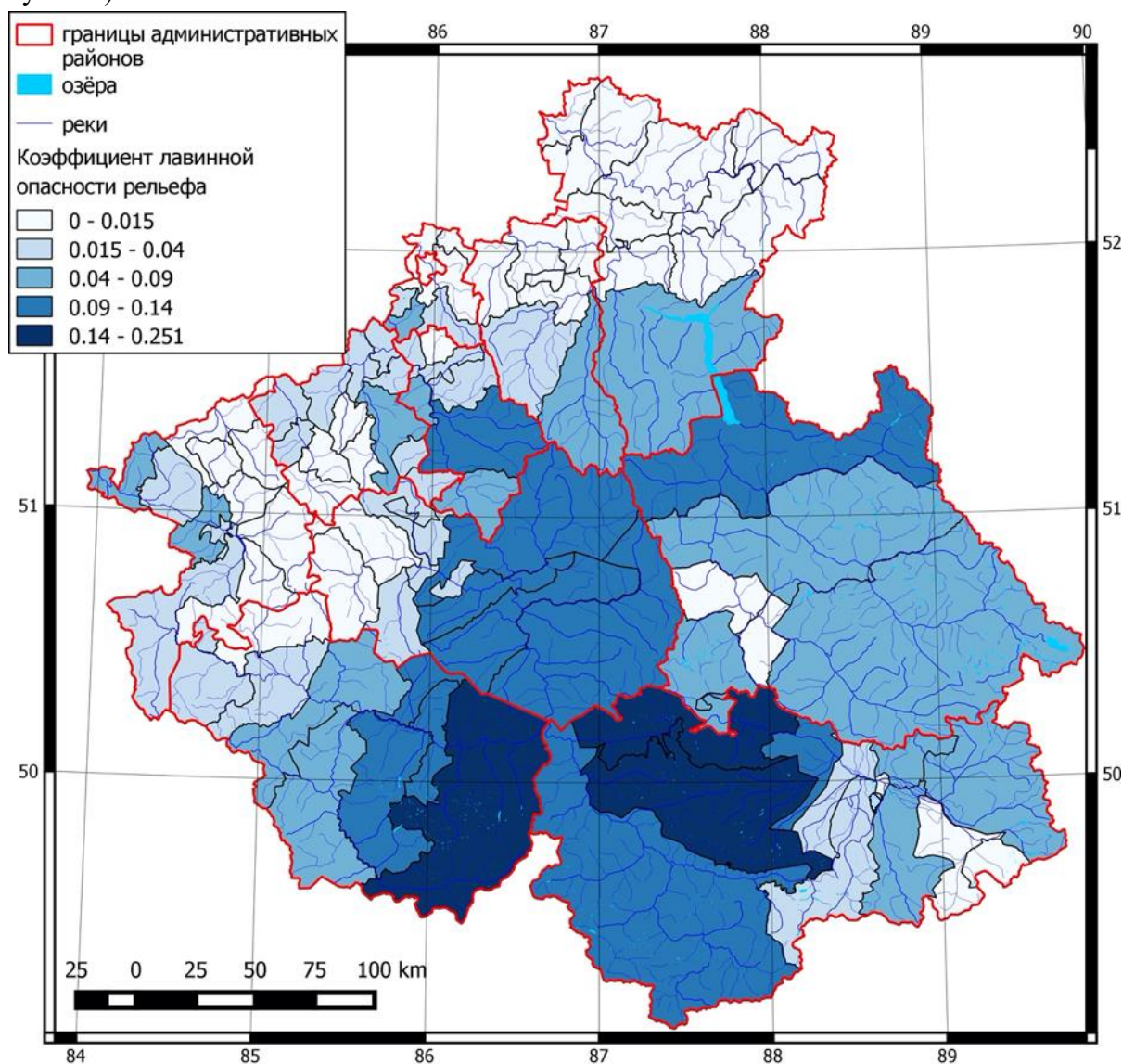
Лавины могут возникать на склонах крутизной от 14 градусов и выше, площадь снегосбора может варьироваться в широких пределах, от нескольких десятков м<sup>2</sup> до 2-3 кв. км<sup>2</sup> [5]. Наиболее оптимальные условия для образования лавин складываются на склонах крутизной 30-45 градусов [2].

Для вычисления склоновых характеристик использовалась цифровая модель рельефа SRTMGL3. Коэффициент лавинной опасности рельефа рассчитывался по формуле [6]:

$$p(a) = 0,8 / (1 + \exp(33 - 57 \operatorname{tga})),$$

где  $a$  – крутизна склона в градусах

Для сравнения показателей лавинной опасности муниципальных образований нами была выполнена калькуляция показателей среднего коэффициента лавинной опасности рельефа по каждой из обследуемых территорий. Несмотря на информативность, этот показатель не дает четкого представления об угрозе лавин для хозяйственной деятельности человека (рисунок 2).



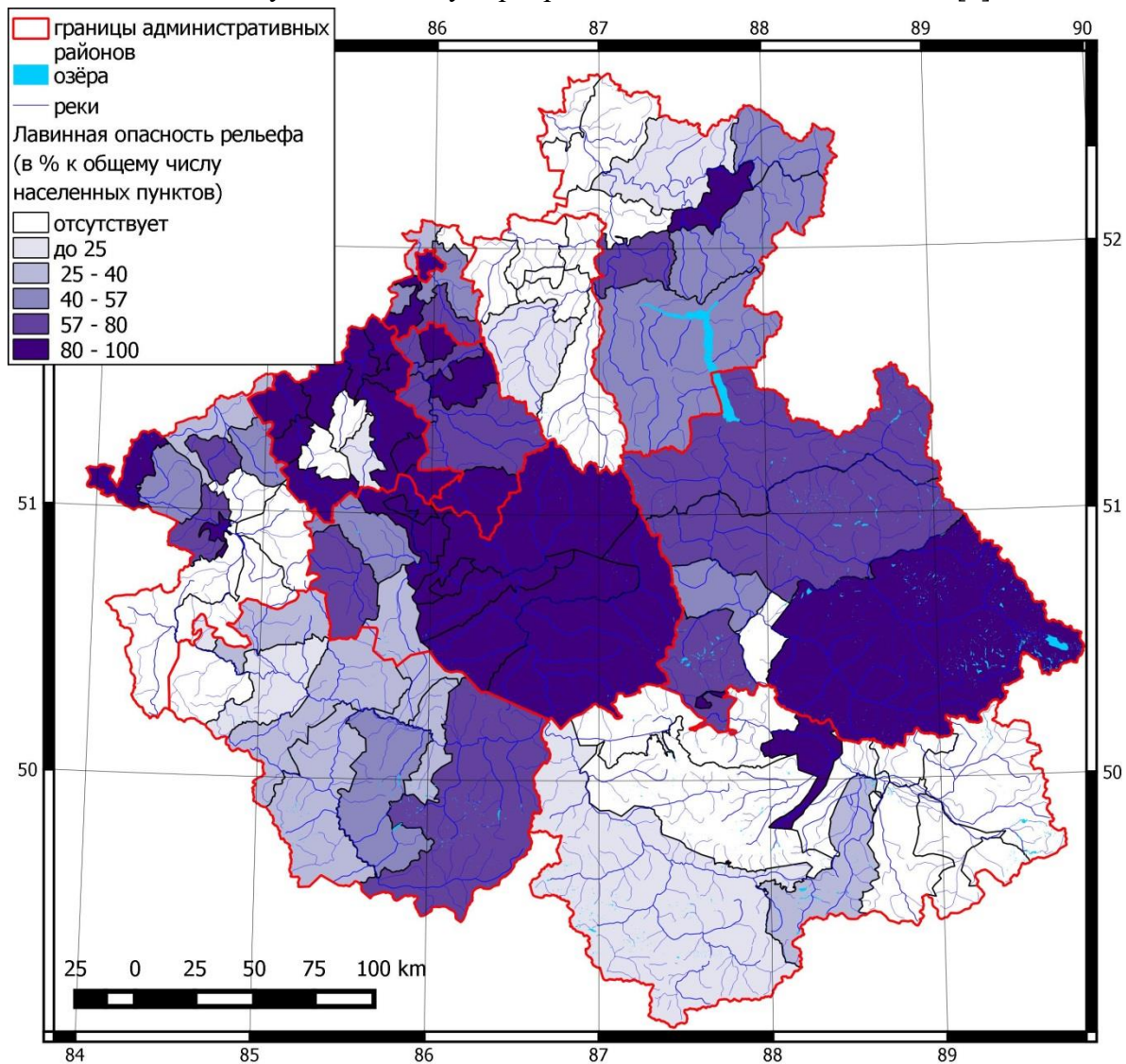
**Рис. 2.** Средний коэффициент лавинной опасности по муниципальным образованиям

Ожидается, что наиболее подверженные лавинам сельские поселения расположены в наиболее расчлененной и приподнятой части гор – это Катандинское сельское поселение Усть-Коксинского района, Курайское и Бельтирское сельские поселения Кош-Агачского района. Безусловно необходим интегральный подход к оценке лавинной опасности, с учетом величины снежного покрова, и работа в этом направлении продолжается.

Население по территории республики расселено неравномерно, существуют обширные незаселенные пространства, поэтому в дополнение к показателю средней лавинной

опасности рельефа были локализованы лавиноопасные участки, находящиеся в непосредственной близости к населенным пунктам

Известно, что наибольшую кинетическую энергию лавина набирает у подножия склона, которая затем затухает примерно в три раза на 100 метров выбега по равнинной поверхности. Средняя лавина сохраняет поражающее действие на расстоянии 300 метров от подножия склона, и способна нанести существенный ущерб, расположенным здесь объектам [7].



**Рис. 3.** Количество населенных пунктов, в непосредственной близости которых возможно формирование лавин (в % к общему числу населенных пунктов сельского поселения)

Опасность представляют не только средние и крупные, но и небольшие лавины. Традиционно, лавиноопасными склонами считаются склоны высотой более 10 метров, однако имеются сведения о формировании лавин на склонах высотой от 5 до 10 метров. При уклоне поверхности 30 градусов, лавина сошедшая с такого склона может иметь дальность выброса снежной массы до 20 метров и представляет угрозу человеческой жизни [3].

Исходя из вышесказанного, в качестве зоны риска было принято расстояние 500 метров от границы населенного пункта. Если в пределах этого расстояния находился опасный участок, все селение признавалось находящимся в зоне риска. Лавиноопасными принимались ареалы с коэффициентом более 0,3. Решение задачи производилось методом буферизации и оверлея (рисунок 3).

Большая часть сельских поселений Онгудайского и Шебалинского районов, южная часть Улаганского района подвержены высокому риску воздействия лавин. Помимо этого, возможно воздействие других негативных гравитационных склоновых процессов. Эта информация напрямую определяет безопасность жизнедеятельности населения этих территорий в целом и требует учета при дальнейшем планировании их развития. Необходимо предусмотреть комплекс мер по предотвращению негативного воздействия природных процессов на население и объекты инфраструктуры.

#### Список литературы

1. Постановление Правительства Республики Алтай от 13 марта 2018 года N 60 «О Стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 года» <http://base.garant.ru/44360570/>
2. Бекмурзаева, Луиза Руслановна. Геоэкологическая оценка опасных природных процессов в ландшафтах Чеченской Республики методами ГИС-технологий : автореферат дис. ... кандидата географических наук : 25.00.36 / Бекмурзаева Луиза Руслановна; [Место защиты: Гос. ун-т по землеустройству]. – Москва, 2011. – 25 с. URL: <https://dlib.rsl.ru/01004841983> (дата обращения: 03.06.2020).
3. Боброва Д. А. Построение карты природных лавинных комплексов для равнинных территорий (на примере острова Сахалин) // Вестник ДВО РАН. 2017. №4 (194). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-karty-prirodnih-lavinnnyh-kompleksov-dlya-ravninnyh-territoriy-na-primere-ostrova-sahalin> (дата обращения: 04.06.2020).
4. Глазовская Т. Г., Вильчек Я. Г., Селиверстов Ю. Г., Трошкина Е. С. Социальный фактор лавинных катастроф и картографирование лавинной опасности и риска // Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI веке. Материалы десятой Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. МЧС России. 2005. С. 319-3.
5. Дышлок Светлана Сергеевна, Дранникова Жанна Александровна Современное применение ГИС-технологий при мониторинге снежных лавин // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-primenenie-gis-tehnologiy-pri-monitoringe-snezhnyh-lavin> (дата обращения: 03.06.2020)
6. Северский И. В., Благовещенский В. П. Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата, 1983. 220 с.
7. Соловьев А. С., Калач А. В., Паринов А. В. Особенности математического моделирования зоны распространения снежной лавины // Вестник ВИ ГПС МЧС России. 2014. №4 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-matematicheskogo-modelirovaniya-zony-rasprostraneniya-snezhnoy-laviny> (дата обращения: 05.06.2020).

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ТУРИЗМА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Журавлева Е. А.

ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск  
e-mail:zhuravleva.ekaterina.1997@mail.ru

## FEATURES OF DEVELOPMENT OF MEDICAL AND HEALTH TOURISM IN THE ALTAI TERRITORY

Zhuravleva E. A.

Gorno-Altai state University, Gorno-Altaiisk  
e-mail:zhuravleva.ekaterina.1997@mail.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы природные факторы, оказывающие влияние на создание организаций лечебно-оздоровительного направления в Алтайском крае. Выделены перспективные лечебно-оздоровительные местности для развития курортной деятельности в крае.

**Ключевые слова:** лечебно-оздоровительный туризм, Алтайский край, рекреация, грязелечение, бальнеотерапия, климатотерапия.

**Abstract.** The article considers the natural factors that influence the creation of organizations of medical and health direction in the Altai territory. Promising medical and health-improving areas for the development of resort activities in the region have been identified.

**Keywords:** medical and health tourism, recreation, mud therapy, balneotherapy, climate therapy.

Алтайский край считается одним из наиболее перспективных и стабильных регионов России, в результате того, что в настоящее время имеет развитую инфраструктуру туризма, где одним из главных направлений является лечебно-оздоровительный туризм, развитие которого связано с богатством местных природно-лечебных ресурсов.

Территория Алтайского края расположена на юго-востоке Западной Сибири, на стыке крупнейшей в мире Западно-Сибирской равнины и Алтайских гор, поэтому в крае преобладают два типа ландшафтов: на востоке – горный, на западе – равнинный. Площадь Алтайского края составляет 168 тыс. кв. км, это 21-е место в Российской Федерации и 8-е место в Сибирском федеральном округе. Численность населения на начало 2020 г. составила – 2317153 чел., плотность населения – 13,8 чел./км<sup>2</sup> [10]. Наибольшая концентрация численности населения отмечается в городах: Барнауле, Бийске и Рубцовске.

Как известно, лечебно-оздоровительный туризм основывается на реализации природных факторов: климатических, гидроминеральных, а также ландшафтных условий местности. Рассмотрим каждый вид ресурсов Алтайского края, создавший здесь развитие санаторно-курортного туризма [1,2,12].

Особенности биоклимата Алтайского края способствуют освоению территории в лечебно-оздоровительных и рекреационных целях. На территории края учеными неоднократно проводились исследования в области комфортности климата, вследствие чего установлено, что климат Алтайского края имеет выраженные различия комфортности



климата, которые оказывают влияние непосредственно на условия жизни и здоровье населения (таблица 1).

Таблица 1

**Особенности климата административно-территориальных единиц Алтайского края  
(составлено по: 3,6,12)**

<b>Районы</b>	<b>Расположение в пределах края</b>	<b>Особенности климата</b>
Кулундинский, Ключевский, Бурлинский, Благовещенский, Табунский	Северо-запад, степь	Резкий, с сильными ветрами
Алтайский, Советский, Смоленский, Красногорский	Юго-восток, предгорье	Мягкий, с теплой зимой и прохладно-влажным летом
Угловский, Михайловский, Волчихинский, Егорьевский, Рубцовский	Юго-запад, равнина	Жаркий и засушливый, годовое количество атмосферных осадков 220-240 мм
Ельцовский, Залесовский, Заринский	Северо-восток, предгорье с косогорами и долинами	Влажный, с сильными морозами зимой
Локтевский, Третьяковский, Змеиногорский	Юг, равнинно-холмистый рельеф	Умеренно-континентальный, с большим количеством солнечных дней
Крутихинский, Шелаболихинский, Тальменский	Север, равнина и лесостепь	Резкий, с малым количеством осадков

Так, обобщенные показатели комфортности климата по 5-бальной шкале имеют максимальное значение на юго-востоке в зоне предгорий (Алтайское – 4.73), уменьшение этого показателя характерно в направлении северо-востока (Тягун – 2.31).

В настоящее время на территории Алтайского края можно выделить несколько зон в пределах, которых идет активное формирование комплексов лечебно-оздоровительного туризма: Барнаульская зона: г. Барнаул, Первомайский район; Бийская зона: г. Бийск, Бийский район; Зона предгорий: г. Белокуриха, Алтайский район, Змеиногорский район; Зона степного Алтая: Яровое, Егорьевский район, Завьяловский район, Славгородский район, Романовский район и др. (рисунок 1).

Так, данные территории, отличаются своими ландшафтно-климатическими особенностями: мозаичностью рельефа, обилием солнечного сияния с оптимальным режимом УФ-радиации, температуры и влажности, преобладающей повторяемостью благоприятных погод во все сезоны года, достаточно комфортным климатом со слабо выраженной биотропностью и умеренной комфортностью, высоким климатокуртологическим потенциалом, являются особо благоприятными местностями для организации санаторно-курортного комплекса сезонного и круглогодичного действия. Такое разнообразие климатолечебных факторов, как в теплый, так и в холодный период на данных территориях, служит базой санаторно-курортных учреждений [12].

К примеру, знаменитый курорт Белокуриха по климатическим особенностям сопоставим с лучшими курортами Кавказа и Крыма, где количество ясных солнечных дней около

255-260. Здесь достаточно умеренно-жаркое и влажное лето, что делает климат курорта очень комфортным. Высокие температуры характерны для июля (+24-26°C), значительных перепадов атмосферного давления не наблюдается. Зима малоснежная и не отличается сильными морозами, а максимальные температуры в январе (до -18-22°C). Средняя температура составляет -14-15°C. Для теплого и холодного сезона характерна преимущественно безветренная погода [4,5,6].



**Рис. 1.** Картограмма лечебно-оздоровительных зон Алтайского края,  
[<https://yandex.ru/images/> ]

Анализ особенностей климата территории Алтайского края показал, чем ближе территория расположена к горам, тем более она защищена от ветров, ниже колебания температур, также больше комфортных солнечных дней и более мягкий климат, что благоприятно сказывается на оздоровлении людей.

Территория Алтайского края, как известно, славится своими гидроминеральными ресурсами. Здесь распространены различные виды минеральных лечебных вод и все виды лечебных грязей, которые широко используют в лечении различных заболеваний. Так, в пределах равнинной части Алтайского края разведаны Белокурихинское, Искровское, Черновское месторождения минеральных радоносодержащих вод; Завьяловские источники минеральных (типа Ижевских) лечебных вод; Бехтемирское месторождение минеральных серебросодержащих лечебных вод.

Одним из самых крупных источников радоновых термальных вод в России является Белокурихинское месторождение, в основе которого получил развитие федеральный курорт Белокуриха, известный далеко за пределами региона. По итогам Всероссийского форума «Здравница» в 2019 г. город Белокуриха восьмой год подряд признан лучшим федеральным курортом России [11].

Белокурихинские источники относятся к термальным (Т-37°C) слабоминерализованным (М -0,3 г/л) щелочным (рН – 9,2) сульфатно-гидрокарбонатным натриевым радоновым (Кп – 8 нКю/л) минеральным водам. Здесь в ходе научных исследований найдено повышен-

ное содержание кремниевых кислот (до 58 мг/л) и фтора (до 14 мг/л), а также бора; установлено наличие никеля, хрома, железа, титана. Радоновые воды используют наружно (ванны, ингаляции, орошение) и для питья. Кроме лечения общепризнанных заболеваний опорно-двигательной и нервной систем, кожных и гинекологических болезней, с успехом проходят санаторно-курортное лечение больные с заболеваниями зубов (кариес), со старческими остеопорозами, с эндокринными патологиями (заболевания щитовидной железы, сахарный диабет). Таким образом, в крае различные виды минеральных лечебных вод применяют как для наружного, так и внутреннего назначения в лечении различных заболеваний [6,7,8,12].

Лечебные торфяные грязи встречаются в долине реки Обь, где в лесной части на правом берегу располагаются пресные озера и торфяные болота. Лечебные сапропели встречаются в пресных озерах Приобского плато в долинах древнего стока. Иловые отложения встречаются в соленых озерах Кулундинской равнины, в Приобском плато и в долинах древнего стока. Так, лечебные грязи Ярового озера обладают показателями, не уступающими грязевым озерам лучших курортов России. Грязи озера Яровое состоят из многих компонентов. Это и соли с минералами, содержащиеся в воде и иле водоема, это и различные кислоты. Но самым важным ингредиентом являются останки озерного рачка Артемия, которые составляют основу целебных грязей, которые применяют при травмах, нервных расстройствах, гинекологических заболеваниях вплоть до бесплодия, при кожных болезнях, таких как дерматит и экзема, и в терапевтических целях. Знамениты в Алтайском крае и лечебные грязи Завьяловского, Романовского, Мамонтовского и Егорьевского районов [9,12,13].

Благодаря разнообразию природных ресурсов, Алтайский край по праву считается сегодня одним из самых перспективных регионов России для развития санаторно-курортной деятельности: на территории находятся практически все природные зоны России (высокогорная, горная, предгорная (альпийская), лесная (таежная), степная и лесостепная); концентрируются природно-рекреационные и лечебные факторы (климат, водные ресурсы, минеральные и лечебные воды, лечебные грязи, глина и др.); привлекают туристов природные объекты и памятники.

#### Список литературы:

1. Багрова, Л. А. Рекреационные ресурсы (подходы к анализу понятия) / Л. А. Багрова, Н. В.Багров, В. С.Преображенский // Известия Академии наук СССР,1977. – С.5-12.
2. Бенгардт, А.А. Курорт Белокуриха / А. А.Бенгардт, А. Д. Остапов. – Барнаул: ОАО «Алт. полигр.Комбинат»,2000. – 190 с.
3. Божко, М. Г. Рекреационная оценка природных комплексов в районных планировках / М. Г.Божко. – М.: Наука,1969. – 205 с.
4. Булычев, А. Н. Из истории курорта Белокуриха и перспективы его развития / А. Н.Булычев // Материалы к 3-ей итоговой научно-практической конференции курорта «Белокуриха» и симпозиуму о механизмах биофизического действия радоновых вод» Барнаул,1965. – С.3-4
5. Василевский, М. М. Белокурихинские горячие источники на Алтае / М. М. Василевский, Л. Н. Богдавленский, А. С.Кобзева.Ленинград,1926. – 54 с.
6. Город-курорт Белокуриха,1808-2007 / А. Ф.Каменев [и др.]. – Новосибирск: Эфлакс,2007. – 104 с.

7. Кашин, А. В. Формирование туристско-рекреационной хозяйственной агломерации (на примере города Белокуриха) / А. В.Кашин. – Новосибирск: НГТУ,2012. – 96 с.
8. Коваленко, Т. С. Социально-гигиеническая оценка и технологические элементы планирования санаторно-курортной помощи в условиях юга Сибири (на примере санаториев ЗАО «Курорт Белокуриха») / Т. С.Коваленко. – Новосибирск: НГТУ.2007. – 24 с.
9. О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах: Федеральный закон от 23.02.1995г. № 26-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. №9. – СТ.713.
10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [Электронный ресурс]: URL: <https://akstat.gks.ru/> (дата обращения:16.09.2020).
11. Официальный сайт Алтайского края. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.altaregion22.ru/info/tour/> (дата обращения: 20.09.2020).
- 12.Харламова, Н. Ф, Туристские ресурсы Алтайского края / Н. Ф. Харламова, А. Н. Романов и [др.]. – Барнаул.: Изд-во АГИК, 2015. – 178 с.
- 13.Цой, В. А. Оценка емкости рынка туристических услуг в Алтайском крае // Состояние и перспективы развития социально-культурного и технического сервиса: материалы I Всерос. науч.- практ. конф. – Бийск.: Изд-во Алт. Гос. техн. ун-та, 2013 – 274 с.

**ДИНАМИКА НИТРИФИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ  
ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ ПРИ  
ВНЕСЕНИИ ШТАММОВ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ И БИОЧАРА  
РАЗНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИРОЛИЗА**

Зинченко В. В., Антоненко С. А., Федоренко Е. С., Лобзенко И. П., Горовцов А. В.,  
Минкина Т. М.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,  
Академии Биологии и Биотехнологии им. Д. И. Ивановского.

г. Ростов-на-Дону.

e-mail: zinj007@gmail.com

**DYNAMICS OF NITRIFICATION ACTIVITY OF MEADOW CHERNOZEM  
SOILS OF THE SEVERKY DONETS RIVER FLOODPLAIN WITH THE  
APPLICATION OF SPORE-FORMING BACTERIA STRAINS AND BIOCHAR  
WITH DIFFERENT PYROLYSIS TEMPERATURES**

Zinchenko V.V., Antonenko S.A., Fedorenko E.S., Lobzenko I.P., Gorovtsov A.V., Minkina T.M.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

"Southern Federal University", Rostov-on-Don,

Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky.

Rostov-on-Don.

email: zinj007@gmail.com

**Аннотация.** Целью данной работы было оценить влияние биочара, изготовленного при разных температурах пиролиза, и бактерий, внесённых в загрязнённую почву поймы реки Северский Донец, на нитрификационную активность почв. Показано, что температура пиролиза оказывает существенное влияние на нитрификационную активность почв: внесение биочара с температурой пиролиза 700 С приводит к стимуляции нитрификации, в то время как биочар с температурой пиролиза 500 С, напротив её ингибирует. Ингибирующим нитрификацию эффектом обладает и внесение спорообразующих бактерий. По-видимому, снижение нитрифицирующей активности связано с конкуренцией внутри микробного сообщества. Таким образом, внесение биочара и микроорганизмов может рассматриваться как экологически обоснованный способ ингибирования нитрификации в почвах сельхозугодий.

**Ключевые слова:** нитрификационная активность, загрязнение, микроорганизмы, биочар

**Abstract.** The purpose of this work was to assess the effect of biochar, prepared at different pyrolysis temperatures, and bacteria introduced into the contaminated soil of the Seversky Donets river floodplain, on the nitrification activity of soils. It is shown that the temperature of pyrolysis has a significant effect on the nitrification activity of soils: the application of biochar with a pyrolysis temperature of 700 C leads to the stimulation of nitrification, while biochar with a pyrolysis temperature of 500 C, on the contrary, inhibits it. The addition of spore-forming bacteria also has an inhibitory effect on nitrification. Apparently, the decrease in nitrifying activity is associated with competition within the microbial community. Thus, the application of biochar and microorganisms can be considered as an environmentally sound way to inhibit nitrification in farmland soils.

**Keywords:** nitrification activity, pollution, microorganisms, biochar.

## **Введение**

Цикл превращения азота – это один из важнейших в природе. Именно азот является основным элементом, который необходим для развития растений и играет важную роль в биогеохимических циклах. Он входит в состав всех живых организмов. Поэтому нельзя оценить устойчивость экосистем, не понимая, как экологический фактор влияет на трансформацию азота [3, 6]. Нитрификация – процесс биологического окисления аммиака до нитрита с последующим окислением нитрита в нитрат. Превращение аммиака в нитрит обычно является лимитирующей стадией нитрификации. Любые изменения динамического равновесия почвы приводят к изменению интенсивности нитрификации.

На сегодняшний день актуальной проблемой для сельского хозяйства является негативное влияние нитрификационной активности [1]. Преобразование аммония через нитрит в нитрат приводит к миграции нитратов вниз по почвенному профилю или, через денитрификацию, к образованию закиси азота. Закись азота – это газ, усиливающий парниковый эффект в несколько раз сильнее, чем углекислый газ. Помимо негативных климатических эффектов, таким путем происходит потеря приблизительно 50% азота, вносимого в качестве питательного элемента в почвы сельхозугодий. Нитраты, попадающие в грунтовые воды с полей, загрязняют водоемы провоцируя их эвтрофикацию и вызывают снижение качества водных ресурсов. Для уменьшения негативных последствий в сельскохозяйственной практике используют химические ингибиторы нитрификации. Однако их использование связано с экологическими рисками, поскольку помимо снижения активности нитрификации наблюдается негативное влияние и на другие группы микроорганизмов [2]. Поэтому важным направлением исследований является изучение влияния различных групп микроорганизмов и углеродистых сорбентов на нитрификационную активность, для поиска биологических ингибиторов.

Целью данной работы было оценить влияние биочара, изготовленного при разных температурах пиролиза, и спорообразующих бактерий, выделенных из почвы поймы реки Северский Донец, на нитрификационную активность почв.

## **Объекты и методы исследования.**

Объект исследований – лугово-черноземная почва поймы реки Северский Донец, расположенной в Каменском районе Ростовской области.

В исследуемую почву добавляли биочар, изготовленный научной группой кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов из шелухи подсолнечника при температуре пиролиза 500 °С и 700°С. Пиролиз шелухи подсолнечника осуществлялся в муфельной печи в специальном толстостенном металлическом сосуде (реторте) без доступа кислорода. Биочар вносили в концентрации 2,5% от объема почвы.

Совместно с биочаром в лугово-черноземную почву вносили штаммы бактерий. Штаммы микроорганизмов (*Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus cereus*) вносились в виде водной суспензии в концентрации  $10^{10}$  КОЕ/кг. Данные штаммы были выделены из наиболее загрязненных участков оз. Атаманское и проявляют высокий уровень устойчивости к цинку [4].

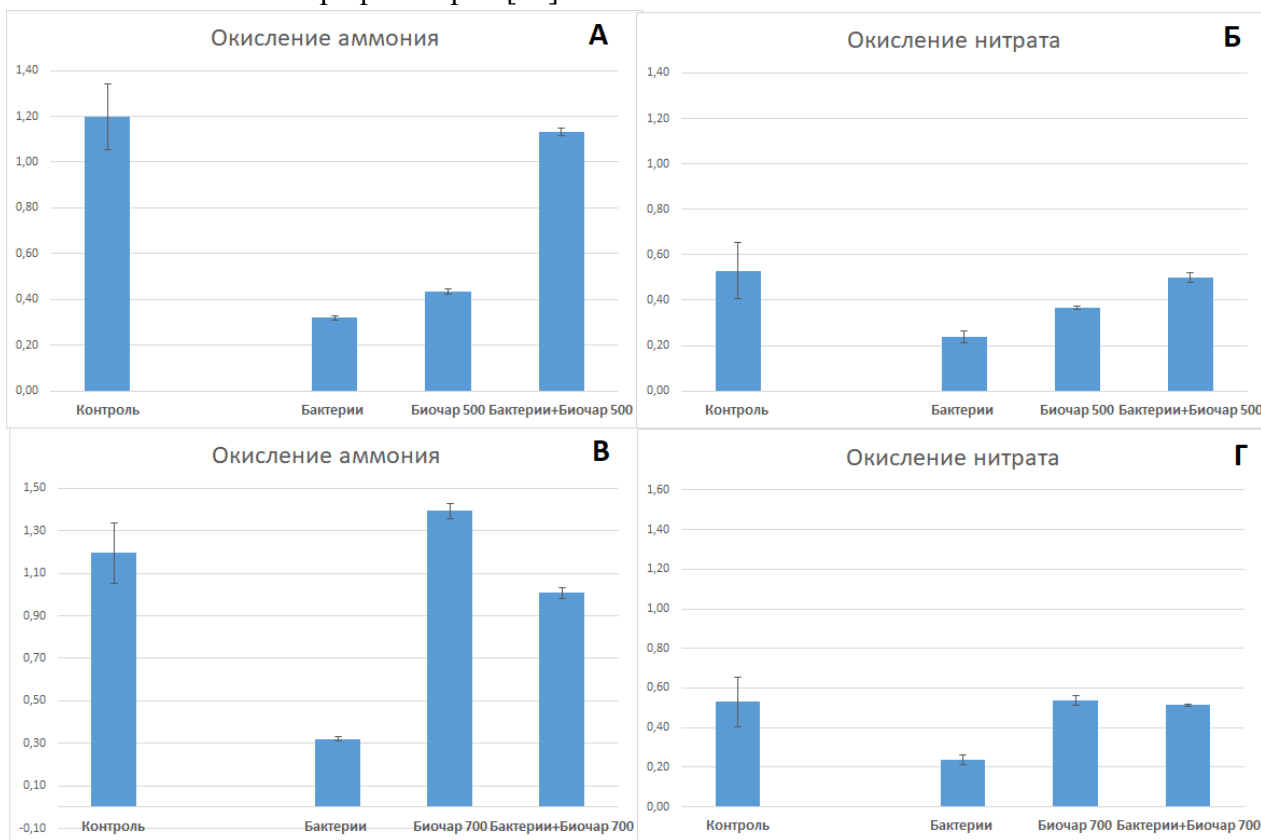
Активность двух стадий нитрификации определяли по скорости окисления аммония и нитрита [7]. Анализ выполняли в трёх повторностях. В колбы с 5 г почвы добавляли 10 мл раствора сульфата аммония. Колбы ставили на шейкер на 2 часа при 120 об/мин и  $24 \pm 1$  °С для создания аэробных условий, затем отбирали аликвоту почвенной суспензии и центрифугу-

гировали 10 минут при 15000 г. Затем супернатант разбавляли дистиллированной водой в концентрации 1:8 и окрашивали реактивом Грисса. Концентрацию нитритов определяли с помощью фотометрирования раствора при  $\lambda=540\text{nm}$  в трёх повторностях. Результаты пересчитывали на абсолютно сухую массу почвы. Для определения скорости 2 стадии проводили похожий анализ. Для ингибирования образования нитратов в колбы использовали раствор сульфата аммония с добавлением хлората натрия. Активность окисления аммония определяли по содержанию нитритов, образованных 1 г почвы в колбах с хлоратом натрия, в течение 1 часа, а активность окисления нитритов определяли по разнице концентраций нитрита между колбами с добавлением хлората и без него.

### Результаты и обсуждение.

При добавлении в почву штаммов спорообразующих бактерий наблюдалось заметное снижение скорости нитрификации (рис 1). Такая закономерность наблюдается как для скорости окисления аммония, так и для окисления нитрита. Это связано в первую очередь с подавлением автотрофных нитрифицирующих бактерий гетеротрофными бактериями, что согласуется с литературными источниками [5, 8]. Вследствие этого, активность образования нитритов и нитратов снижается более чем в 2 раза.

Внесение биочара, изготовленного при температуре пиролиза  $500^\circ\text{C}$  (далее биочар 500) достоверно снижает скорость обеих стадий нитрификации (Рис. 1а,б) При этом реакции образования нитритов замедляются более чем в 3 раза, а скорость образования нитратов снижается на 1/3 по сравнению с почвой без добавок. Данную закономерность можно объяснить тем, что биочар 500 стимулирует активность гетеротрофных микроорганизмов, что снижает активность нитрификаторов [10].



**Рис. 1.** Активность нитрификации на фоне сочетанного и раздельного внесения биочара и штаммов металлоустойчивых бактерий,  $\text{мкг N-NO}_2/\text{г абс. почвы/час}$ .

Использование биочара, изготовленного при температуре пиролиза 700° С (далее биочар 700), достоверно повышает скорость окисления аммония, что можно объяснить подавлением активности гетеротрофных микроорганизмов продуктами пиролиза. Для окисления нитрита отмечается иная закономерность: при внесении биочара 700 значения достоверно не изменяются относительно почвы без добавок.

По итогам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что биочар 700 оказывает более выраженное негативное влияние на микробные сообщества, чем биочар 500. Однако токсичность биочара 700 по отношению к гетеротрофным микроорганизмам, по-видимому, существенно выше, чем для нитрификаторов. Таким образом, негативное влияние биочара компенсируется подавлением прямых конкурентов нитрифицирующих микроорганизмов.

При совместном внесении спорообразующих бактерий и биочара 700 в почву наблюдается достоверное снижение скорости окисления аммония (Рис.1в). По-видимому, в данном случае негативное влияние продуктов пиролиза и сказывается и на нитрифицирующих бактериях. Совместное добавление биочара 700 и бактерий не оказывает достоверного влияния на окисления нитрита (Рис.1г).

Различия в токсичности биочаров для гетеротрофных микроорганизмов связаны с различиями в технологии его производства. Как известно из литературных источников, температура пиролиза существенно влияет на выход продуктов реакции и физические свойства биочара, в первую очередь, на удельную поверхность поглощения. С увеличением температуры увеличивается удельная поверхность, прямо пропорционально которой возрастает сорбционная способность. Однако при достижении определённой температуры в структуре начинают преобладать макропоры и пропорция становится обратной – площадь поглощения увеличивается, однако сорбционные способности ухудшаются [9]. Продуктами пиролиза являются три фракции веществ: жидкая, газообразная и твердая. В дальнейшем используется твердая фаза – биочар. Однако он сорбирует на поверхности остатки жидкой и газообразной фазы, которые содержат токсичные легко летучие органические соединения: спирты, фенолы, альдегиды и др. Исходя из вышеизложенного можно предположить, что биочар изготовленный при большей температуре содержит большее количество сорбированных продуктов пиролиза и обладает большей сорбционной поверхностью, что позволяет ему удерживать большее количество этих соединений. В то же время, биочар изготовленный при более низкой температуре содержит в себе меньшее количество летучих продуктов, и не способен их удерживать длительное время из-за низкой площади поверхности.

### **Заключение**

Биочар широко применяется в качестве сорбента для ремедиации почв, за счет своей способности к иммобилизации разнообразных поллютантов. Однако в процессе пиролиза при изготовлении биочара также могут образовываться достаточно токсичные продукты, оказывающие влияние на почвенную биоту. Особенно важным этот аспект становится при применении биочара в условиях агроэкосистем. В данной работе показано, что биочар эффективно снижает активность нитрификации, и потенциально может рассматриваться как альтернатива используемым в настоящее время ингибиторам нитрификации. Для оценки целесообразности его широкомасштабного применения необходимо сравнить экологические риски от поступления продуктов пиролиза в почву с пользой от



адсорбции поллютантов и секвестрирования углерода. При этом подавление нитрификации может быть весомым фактором при использовании биочара в сельском хозяйстве.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-29-05265 мк.*

#### Список литературы:

1. Beeckman F., Motte H., Beeckman T. Nitrification in agricultural soils: impact, actors and mitigation //Current opinion in Biotechnology. – 2018. – Т. 50. – С. 166-173.
2. Florio A. et al. Changes in the activity and abundance of the soil microbial community in response to the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) //Journal of Soils and Sediments. – 2016. – Т. 16. – №. 12. – С. 2687-2697.
3. Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, Lucy J. Sheppard, Alan Jenkins, Bruna Grizzetti, James N. Galloway, Peter Vitousek, Allison Leach, Alexander F. Bouwman, Klaus Butterbach-Bahl, Frank Dentener, David Stevenson, Marcus Amann, Maren Voss (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 368(1621), 20130164.
4. Gorovtsov et al. The role of biochar-microbe interaction in alleviating heavy metal toxicity in *Hordeum vulgare* L. grown in highly polluted soils //Applied Geochemistry. – 2019. – Т. 104. – С. 93-101.
5. Horsley R. W., Roscoe J. V., Talling I. B. Nitrate reduction by *Pseudomonas* spp.: antagonism by fermentative bacteria //Journal of Applied Bacteriology. – 1982. – Т. 52. – №. 1. – С. 57-66.
6. Marat M. Umarov, Alexander V. Kurakov, Alexey L. Stepanov (2007). Microbial transformation of nitrogen in soil. Moscow, GEOS
7. Sauvé S, Dumestre A, McBride M, Gillett JW, Berthelin J, Hendershot W (1999) Nitrification potential in field-collected soils contaminated with Pb or Cu. Appl Soil Ecol 12(1): 29–39.
8. Verhagen F. J. M., Laanbroek H. J., Woldendorp J. W. Competition for ammonium between plant roots and nitrifying and heterotrophic bacteria and the effects of protozoan grazing // Plant and Soil. – 1995. – Т. 170. – №. 2. – С. 241-250.
9. Горовцов А. В. и др. Получение биоуглей с заданными характеристиками пористой структуры и перспективы их применения в сельском хозяйстве //Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. – 2019. – С. 33-40.).
10. Погоньшев П. Д., Горовцов А. В. Влияние биочара, полученного при разных температурах пиролиза, на численность аммонифицирующих бактерий в черноземе обыкновенном // ББК 20.1 А25. – С. 166.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ РОССИИ

Зубкова П. С.<sup>1,2</sup>, Мовчан В. Н.

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, <sup>2</sup>Нижне-Свирский государственный  
природный заповедник

<sup>1</sup>г. Санкт-Петербург, <sup>2</sup>Лодейное Поле

e-mail: p.zubkova@spbu.ru

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF ECOLOGICAL RISKS FOR THE POPULATION HEALTH OF INDUSTRIAL CITIES IN RUSSIA

Zubkova P.S., Movchan V.N.

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University, <sup>2</sup>Nizhne-Svirsky state nature reserve

<sup>1</sup>Saint Petersburg, <sup>2</sup>Lodeynoye Pole

**Аннотация.** Проведена оценка риска развития неканцерогенных и канцерогенных эффектов для здоровья населения городов в результате поступления в организм человека загрязняющих атмосферу веществ ингаляционным путем. Расчетные данные соотнесены с фактическими показателями здоровья населения рассмотренных городов. Делается вывод о необходимости проведения оздоровительных мероприятий в городах центральной и южной части Красноярского края и в городском округе Воронеж.

**Ключевые слова:** риск здоровью, здоровье городского населения.

**Abstract.** The health risk assessment of development of non-carcinogenic and carcinogenic effects was carried out for the population of cities because of the inhalation of air pollutants into the human body. The calculated data are correlated with the actual health indicators of the population of the considered towns. It is concluded that it is necessary to carry out health-improving measures in the cities of the central and southern parts of Krasnoyarsk Krai and in urban district of Voronezh.

**Keywords:** health risks, health of urban population.

В настоящее время оценка экологического риска для здоровья населения является одной из актуальных задач экологии и гигиены окружающей среды. Применительно к здоровью человека оценка экологического риска может проводиться на основе данных о влиянии экологических факторов на уровень здоровья населения. При выполнении данной задачи возникает ряд проблем, связанных с тем, что перечень факторов, влияющих на здоровье населения, огромен, и в литературе встречаются различные подходы к их выделению. Так, эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 80-е годы XX века определили приблизительное соотношение различных факторов для обеспечения здоровья современных людей, применительно к России оно выглядит следующим образом: образ жизни людей (50-55%), состояние окружающей среды (20-25%), генетические факторы (15-20%), медицинские (10-15% [12]). Министерство здравоохранения России определяет следующий перечень факторов, влияющих на здоровье населения страны: образ жизни, экологическая и социально-экономическая обстановка, биологические факторы (наследственность), политика государства в области охраны здоровья населения. Во второй половине

1990-х гг. появились оценки, согласно которым возрастает роль качества окружающей среды в формировании индивидуального и популяционного здоровья людей. Например, по мнению В. В. Худолея и И. В. Мизгирева, здоровье россиян на 20-40% зависит от качества среды, а в случае соотношения существующих тенденций загрязнения окружающей среды через 30-40 лет данное соотношение возрастет до 50-70% [13].

С целью изучения влияния экологического фактора на здоровье населения, исключая влияние на показатели здоровья населения образа жизни, социально-экономических факторов, биологических особенностей населения и уровня медицинского обслуживания, выбран метод оценки риска. В ходе исследования была проведена оценка риска развития неканцерогенных и канцерогенных эффектов для здоровья городского населения по методике, указанной в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», в 2017 гг. [11] В работе рассматривалось воздействие загрязняющих веществ на организм человека, поступающих только ингаляционным путем, так как ингаляционный путь поступления химических веществ в организм является наиболее быстрым для проявления симптомов отравления и загрязняющие вещества, проникшие в легкие, через кровеносную систему переносятся по всему организму. Исходные данные для расчетов получены из докладов об экологической ситуации по каждому изученному региону.

Объектами исследования выбраны разные по физико-географическим характеристикам и техногенной нагрузке города России: города, расположенные в экстремальных природных условиях севера (г. Мончегорск Мурманской области, г. Лесосибирск и г. Норильск Красноярского края), г. Санкт-Петербург и города центральной и южной части Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Канск, Назарово, Минусинск), расположенные в более благоприятных климатических условиях, а также города с комфортным для населения климатом (г. Белгород, г. Губкин и г. Старый Оскол Белгородской обл. и городской округ Воронеж). В рассмотренных нами городах создается различная техногенная нагрузка: в Санкт-Петербурге, городах Воронежской и Белгородской областей главный источник загрязнения атмосферного воздуха – автотранспорт, в городах Красноярского края и Мурманской области ведущий источник загрязнения атмосферного воздуха – стационарные источники, в наибольшей степени – цветная металлургия. На уровень загрязнения атмосферного воздуха оказывают влияние также и условия рассеивания выбросов. Наиболее благополучные условия создаются в Санкт-Петербурге и Мурманской области (территории с низким потенциалом загрязнения атмосферы). На большей же территории Красноярского края (за исключением крайнего севера) условия для рассеивания загрязняющих веществ наименее благоприятны. Совокупность природных и техногенных факторов создает неблагоприятную экологическую ситуацию в городах Красноярского края, где сразу в четырех городах (Красноярске, Лесосибирске, Минусинске и Норильске) уровень загрязнения атмосферного воздуха очень высокий, а еще в двух городах (Ачинске и Назарово), уровень загрязнения атмосферного воздуха высокий. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха также в г. Воронеж. Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха создается в городах Санкт-Петербург, Канск. Наиболее благоприятная ситуация создается в Мурманской и Белгородской областях, где уровень загрязнения атмосферного воздуха низкий [1,3,4,5,8].

По результатам расчетов неканцерогенного риска здоровью населения городов при поступлении загрязняющих веществ в атмосферу можно выделить города Красноярского края (Красноярск, Лесосибирск, Ачинск, Минусинск) и городской округ Воронеж, где уровень общего неканцерогенного риска превышает допустимый более, чем в 10 раз (рис.1). При сохра-

нении такого уровня неканцерогенного риска создается вероятность прироста частоты заболеваний для целого ряда органов и систем: органов дыхания, глаз, иммунитета, развития, увеличения уровня смертности – в городах Красноярского края; органов дыхания, кроветворной и центральной нервной системы, уровня смертности – в Воронеже. Кроме того, достаточно высокий уровень общего неканцерогенного риска здоровью населения и в городах Назарово (8,8), Санкт-Петербург (7,28), Норильск (6,8), который создает неприемлемый риск здоровью и может способствовать увеличению заболеваемости органов дыхания, иммунитета, глаз, крови и уровня смертности в Санкт-Петербурге и Назарово, а также заболеваний органов дыхания и увеличения уровня смертности в Норильске. Уровень общего неканцерогенного риска здоровью населения сравнительно низкий, но остается неприемлемым в рассмотренных городах Мурманской области (Мончегорск), Белгородской области (Старый Оскол, Губкин), г. Канск Красноярского края. При сохранении текущего уровня неканцерогенного риска в данных населенных пунктах возрастает вероятность возникновения заболеваний органов дыхания, глаз, иммунитета – в Старом Осколе, Мончегорске; органов дыхания, смертности – пос. Никель; органов дыхания и крови – в Губкине; органов дыхания, развития, крови, иммунитета – в Канске. В перечисленных выше городах уровень неканцерогенного риска здоровью населения является неприемлемым и требует принятия решений для улучшения экологической ситуации. В г. Белгород уровень неканцерогенного риска здоровью населения является приемлемым. Максимальный вклад в неканцерогенный риск здоровью населения вносят формальдегид для абсолютного большинства рассмотренных населенных пунктов, бенз(а)пирен для городов центральной и южной части Красноярского края, диоксид азота для Санкт-Петербурга, Губкина, Норильска, диоксид серы для г. Норильск, взвешенные вещества для Санкт-Петербурга, Воронежа и Норильска.

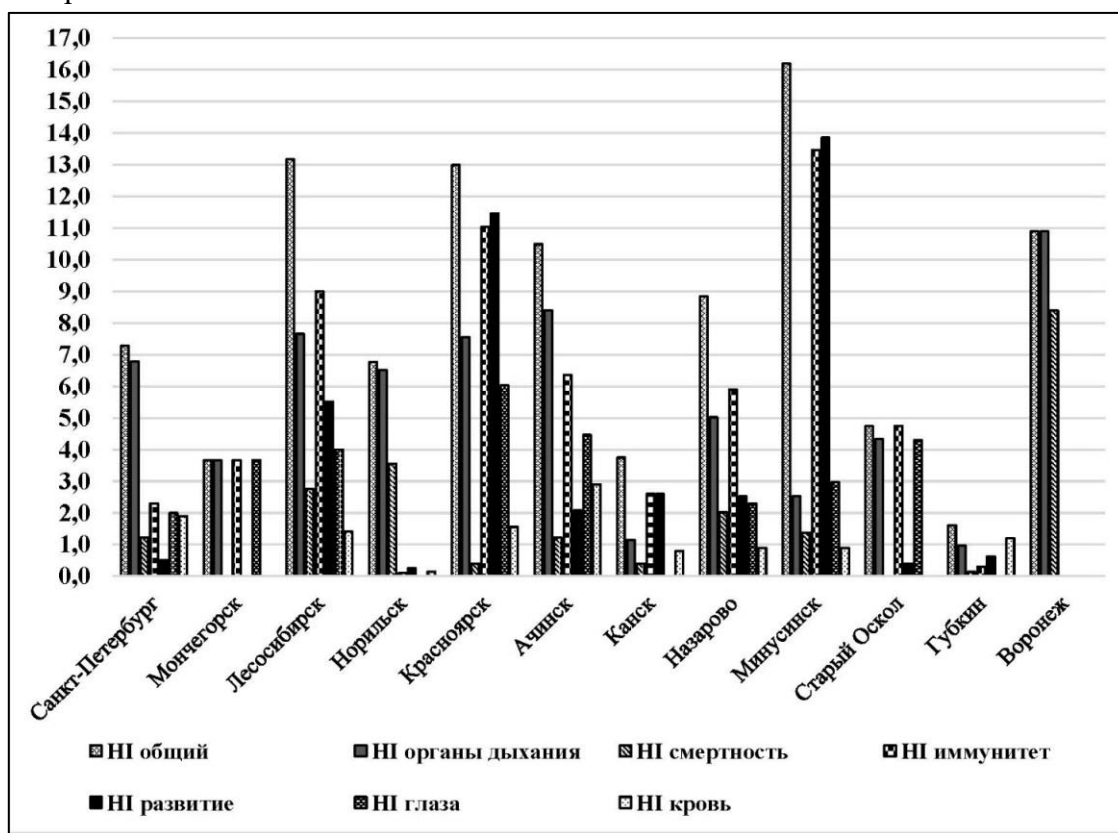


Рис. 1. Неканцерогенный риск здоровью населения городов по значениям индекса опасности НИ

Большинство рассмотренных населенных пунктов по уровню канцерогенного риска относится к третьему диапазону, приемлемому для профессиональных групп и неприемлемому для населения в целом (таблица 1). При сохранении такого уровня канцерогенного риска возможно возникновение от 11 дополнительных случаев серьезного заболевания или смерти на 100000 жителей (в Санкт-Петербурге) до 24 случаев (в Красноярске), что требует разработки и проведения оздоровительных мероприятий. Такой высокий уровень канцерогенного риска здоровью населения возник преимущественно вследствие воздействия формальдегида и, в меньшей степени, бенз(а)пирена и, только в Санкт-Петербурге, – в результате воздействия формальдегида и бензола. В городах Назарово, Канск уровень канцерогенного риска, возникшего в результате воздействия бенз(а)пирена в Канске и бенз(а)пирена и формальдегида в Назарово, относится ко второму диапазону (от 2,9 дополнительных случаев серьезного заболевания или смерти на 1 000 000 жителей в Канске до 94 случаев в Назарово). Такой риск является предельно допустимым, но подлежащим контролю. Города Белгород, Губкин и Норильск по уровню канцерогенного риска вследствие загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном относятся к первому диапазону (пренебрежимо малый риск, не отличающийся от обычного, повседневного риска). В то же время, в Воронеже в 2017 г. не проводился мониторинг формальдегида, поэтому канцерогенный риск здоровью населения не рассчитан за 2017 г. Тем не менее, индивидуальный канцерогенный риск здоровью населения Воронежа в 2016 г. составил 17 случаев на 100 000 жителей, что позволяет отнести уровень риска к третьему диапазону (приемлемому для профессиональных групп и неприемлемому для населения в целом). Наиболее высокие уровни популяционного риска наблюдаются в крупных городах (Красноярск и Санкт-Петербург), что требует принятия дополнительных мер в сфере охраны здоровья населения.

Таблица 1

**Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения городов, 2017 г.**

Город	Индивидуальный риск	Популяционный риск	Уровень риска
Санкт-Петербург	$1,1 \cdot 10^{-4}$	617,63	Третий диапазон
Мончегорск	$1,4 \cdot 10^{-4}$	6,10	Третий диапазон
Лесосибирск	$1,6 \cdot 10^{-4}$	9,60	Третий диапазон
Норильск	$1,1 \cdot 10^{-7}$	0,02	Первый диапазон
Ачинск	$1,8 \cdot 10^{-4}$	18,60	Третий диапазон
Канск	$2,9 \cdot 10^{-6}$	0,26	Второй диапазон
Красноярск	$2,4 \cdot 10^{-4}$	260,80	Третий диапазон
Минусинск	$1,2 \cdot 10^{-4}$	8,00	Третий диапазон
Назарово	$9,4 \cdot 10^{-5}$	4,70	Второй диапазон
Белгород	$3,3 \cdot 10^{-7}$	0,13	Первый диапазон
Старый Оскол	$1,7 \cdot 10^{-4}$	37,80	Третий диапазон
Губкин	$3,3 \cdot 10^{-7}$	0,03	Первый диапазон

Расчетные данные риска здоровью населения сопоставлены с реальными показателями заболеваемости населения, полученными из опубликованных докладов о санитарно-эпидемиологической обстановке соответствующих регионов. Влияние загрязнения окружающей среды в наибольшей степени прослеживается в группе заболеваний органов дыхания. Почти все исследованные крупные города выделяются на общероссийском или областном фоне

повышенным уровнем первичной заболеваемости органов дыхания в целом, индекс опасности в результате воздействия загрязнения атмосферного воздуха на органы дыхания у которых выше единицы. Прямой связи между неканцерогенным риском здоровью населения в результате загрязнения атмосферного воздуха и реальным показателем заболеваемости болезнями органов дыхания не выявлено для г. Белгород – индекс опасности для органов дыхания ниже единицы, а уровень первичной заболеваемости болезнями органов дыхания выше средних областных показателей. В северных городах (Санкт-Петербурге, Мончегорске и Норильске) наблюдается повышенный уровень первичной заболеваемости в группе заболеваний органов дыхания (особенно у детей) в сравнении с общероссийским. В меньшей степени, чем заболевания органов дыхания, заболевания глаза и его придаточного аппарата подвергаются влиянию загрязнения атмосферного воздуха – оно прослеживается в городах с выраженным загрязнением атмосферного воздуха формальдегидом (Минусинск, Красноярск, Санкт-Петербург), где наблюдается повышенный уровень по показателю первичной заболеваемости глаз. Что касается заболеваний крови, прямой связи между уровнем первичной заболеваемости и неканцерогенным риском, обусловленным загрязнением атмосферного воздуха, на исследованных территориях не выявлено [2,6,7,9,10].

Среди исследованных регионов лидером по уровню первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями является Воронежская область, особого внимания заслуживает ситуация в Старом Осколе, Губкине, Санкт-Петербурге, Ачинске, выделяющихся по уровню заболеваемости онкологическими заболеваниями. В то же время, уровень канцерогенного риска населению в перечисленных выше городах, кроме Губкина, является неприемлемым для населения в целом. Лидерами в группе злокачественных новообразований во всех исследованных регионах являются злокачественные новообразования кожи; трахеи, бронхов и легкого; молочной железы; желудка. При этом, на рост количества злокачественных новообразований легкого могло повлиять загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом [2,6,7,9,10].

Таким образом, наибольший экологический риск для здоровья населения наблюдается в городах центральной и южной части Красноярского края, а также городском округе Воронеж, в которых требуется проведение дополнительных оздоровительных мероприятий. В качестве критерия оценки влияния химического загрязнения окружающей среды на здоровье городского населения целесообразно использовать метод оценки риска. Расчетные данные уровня неканцерогенного риска здоровью населения нашли отражение в фактических данных по заболеваемости, прежде всего, органов дыхания, а уровня канцерогенного риска – в уровне заболеваемости онкологическими заболеваниями.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2017 году». Красноярск, 2018. 302 с.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Санкт-Петербурга в 2018 году». СПб, 2019.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2017 году. Белгород, 2018. 232 с.
4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 году. Мурманск, 2018. 165 с.

5. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2018 году. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2019. 240 с.
6. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2018 году». Белгород, 2019. 199 с.
7. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2018 году». Воронеж, 2019. 199 с.
8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2017 г. / Под редакцией И. А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Сезам-принт», 2018. 158 с.
9. Материалы для государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2018 году». Мурманск, 2019. 244 с.
10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2018 году: Государственный доклад. Красноярск, 2019. 325 с.
11. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М., 2004.
12. Прохоров Б. Б. Экология человека. М.: Академия, 2010. 320 с.
13. Худолей В. В., Мизгирев И. В. Экологически опасные факторы. СПб., 1996. 111 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ЗА ПЕРИОД С 2009 ПО 2019 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ  
Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**

Иванова Н. С.

Кафедра физической географии, экологии и охраны природы,  
Институт наук о Земле, Южный федеральный университет.

г. Ростов-на-Дону

ivanova.natalia95@mail.ru

**CHANGES IN SOME METEOROLOGICAL INDICATORS FOR THE PERIOD FROM  
2009 TO 2019 IN ROSTOV-ON-DON**

Ivanova N.S.

Department of Physical Geography,  
Ecology and Nature Protection,

Institute of Earth Sciences,

Southern Federal University.

Rostov-on-Don

**Аннотация.** Объектом исследования стал климат Ростовской области. Были изучены некоторые факторы изменения климата за последнее десятилетие. В ходе работы использованы метод анализа архивных погодных данных, статистический метод и комплексный метод, в котором были описаны полученные практическим опытом необходимые показатели.

**Ключевые слова:** климат, температурные показатели, норма осадков.

**Abstract.** The object of the study was the climate of the Rostov region. Several factors of climate change have been studied over the past decade. In the course of the work, the method of analysis of archived weather data, the statistical method and the complex method were used, in which the necessary indicators obtained by practical experience were described.

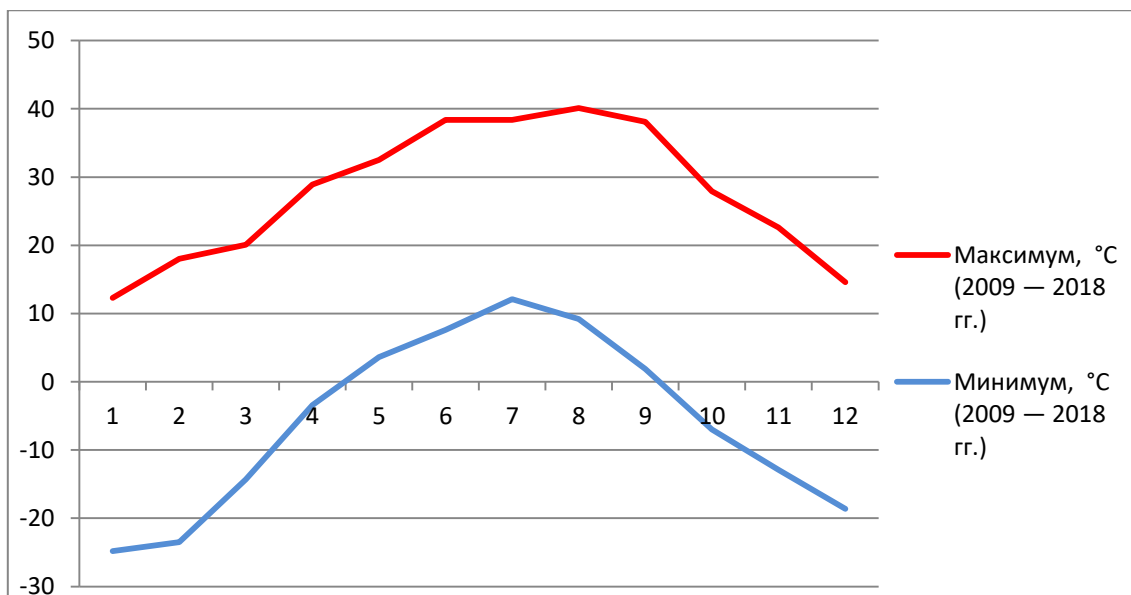
**Keywords:** climate, temperature indicators, precipitation rate.

Изменение климата является одной из актуальных задач, с которыми сталкивается человечество в настоящее время. Повышение среднемесячных температур несёт отрицательные последствия для сельского хозяйства Ростовской области. Учащаются такие природные явления как пыльные бури, засухи, которые негативно сказывается на жизнедеятельности человека [1-7].

В настоящей работе рассматриваются изменение некоторых метеорологических элементов в г. Ростове-на-Дону за последние 10 лет. Для наглядности и удобства анализа все архивные погодные данные были выражены графиками.

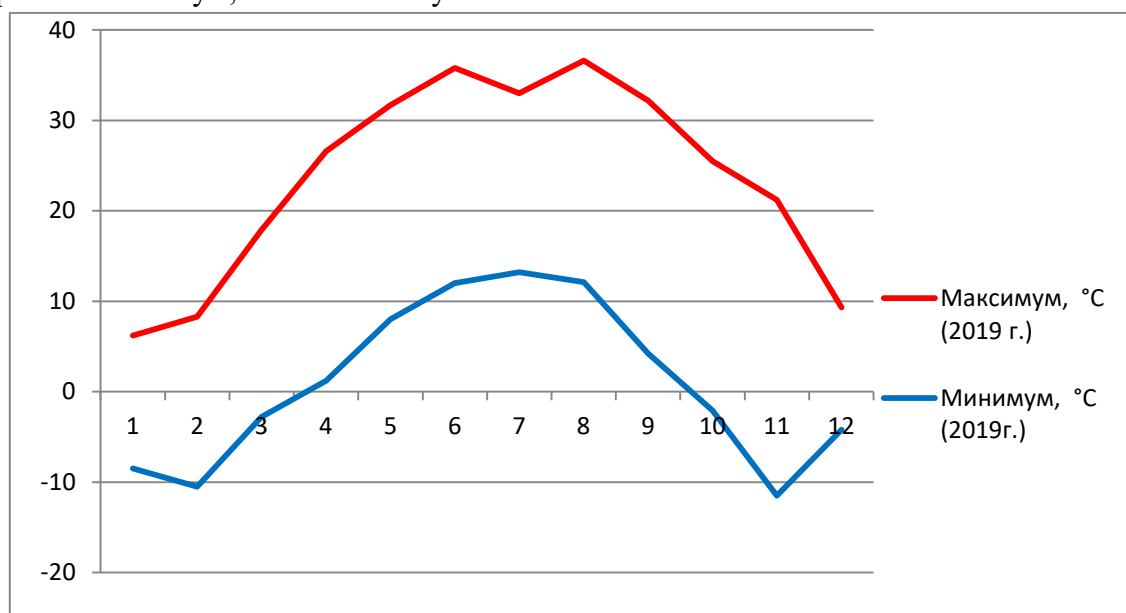
Ниже показаны изменения абсолютных температур воздуха за последнее десятилетие. На рисунке 1 видно отсутствие резких скачков температурных показателей. Наблюдается плавное увеличение и снижение температур соответственно временному промежутку.





**Рис.1.** Абсолютные температуры воздуха за последние 10 лет (2009 – 2018гг.) (по данным [8])

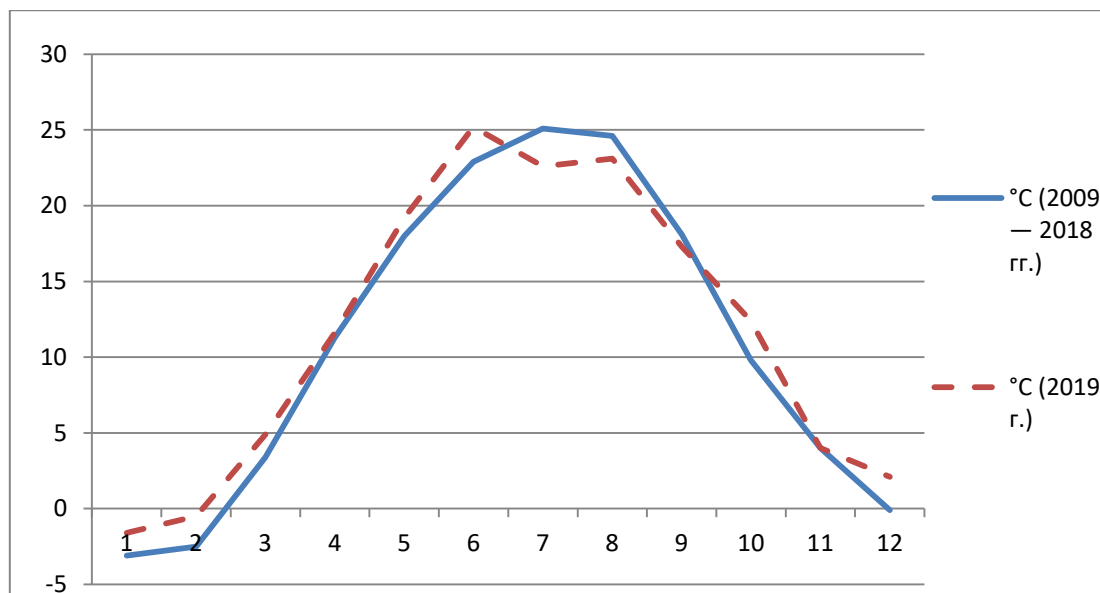
Отдельно рассмотрим данные по температуре 2019 г., так как полной информации о погодных явлениях за 2020 г. нет. На графике (рис.2) представлены абсолютные температуры как минимум, так и максимум.



**Рис. 2.** Абсолютные температуры воздуха, 2019 г. (по данным [8])

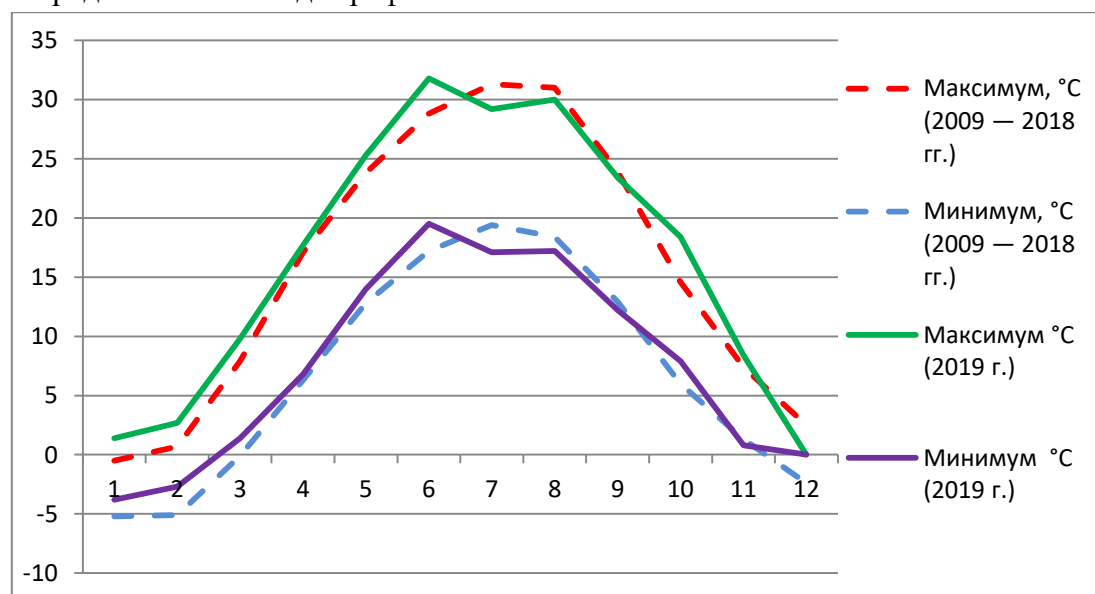
На данном рис. 2 видно, что абсолютный максимум температур 2019 г. ниже, чем за последние десять лет. Разрыв между максимальными и минимальными значениями стал уменьшаться к 2019 г. Для примера рассмотрим минимальную температуру для января месяца. Абсолютный минимум для январской температуры за 2009–2018 гг. это - 23,5°С, для 2019 г. -10,5°С. Из этого можно сделать вывод, что температурные показатели растут.

Необходимо рассмотреть средние температурные показатели. Первый график, который был рассмотрен – средняя температура.



**Рис. 3.** Средние температуры воздуха, 2009–2018 гг., 2019 г. (по данным [8])

Температурные показатели практически одинаковые, различия наблюдаются в летних месяцах (июнь, июль, август). Если рассматриваемые средние показатели за десять лет не имеют резких скачков, то 2019 год имеет резкое поднятие средних показателей в июне. Рассмотрим ситуацию с максимальными и минимальными значениями температур. Данные представлены в виде графиков.

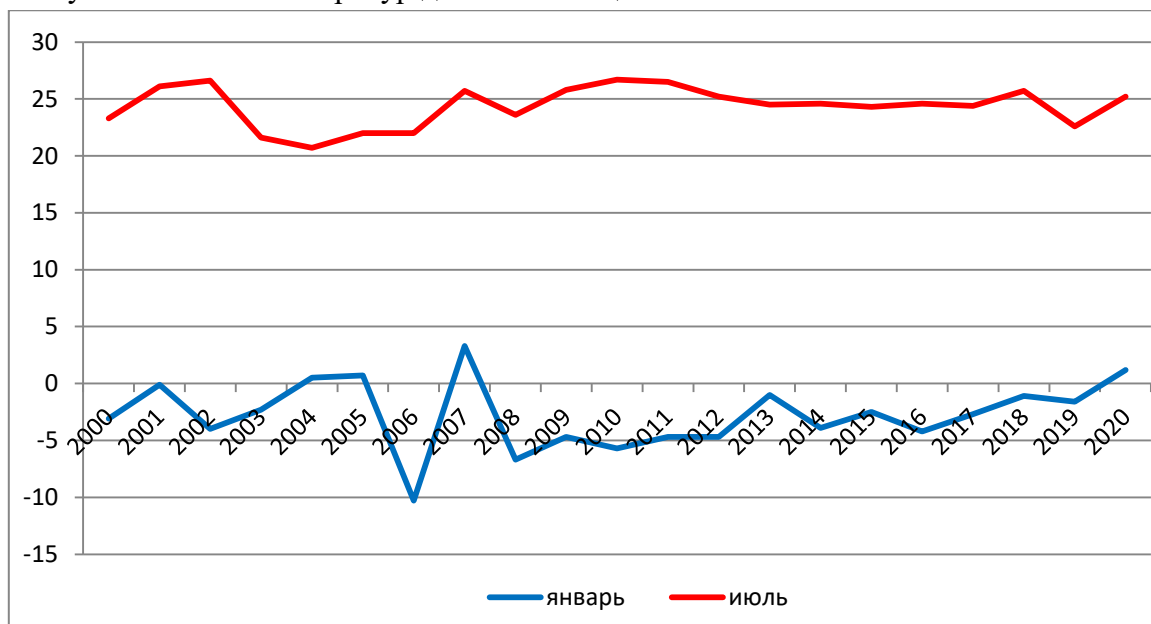


**Рис. 4.** Средние минимальные, максимальные температуры воздуха, 2009 –2018 гг., 2019 г. (по данным [8])

Смотря на показатели, выраженные графически, можно отметить, что средние показатели как минимальные, так и максимальные имели слабую динамику изменений, резкий скачок температур наиболее ярко представлен температурами июня 2019 г.

Проанализировав графики с изменениями температур за десять лет, становится очевидным, что самый холодный месяц – январь, тёплый – июль (если не рассматривать 2019 г., где самым жарким месяцем является июнь). На всех графиках хорошо заметны

температурные изменения в течении всего года. Плюсовые температуры летом, отрицательные зимой – одна из характерных черт континентального типа климата. Рассмотрим динамику изменений температур данных месяцев с 2000 по 2020 гг.



**Рис. 5.** Среднемесячная температура января, июля (2000 – 2020 гг.) (по данным [8])

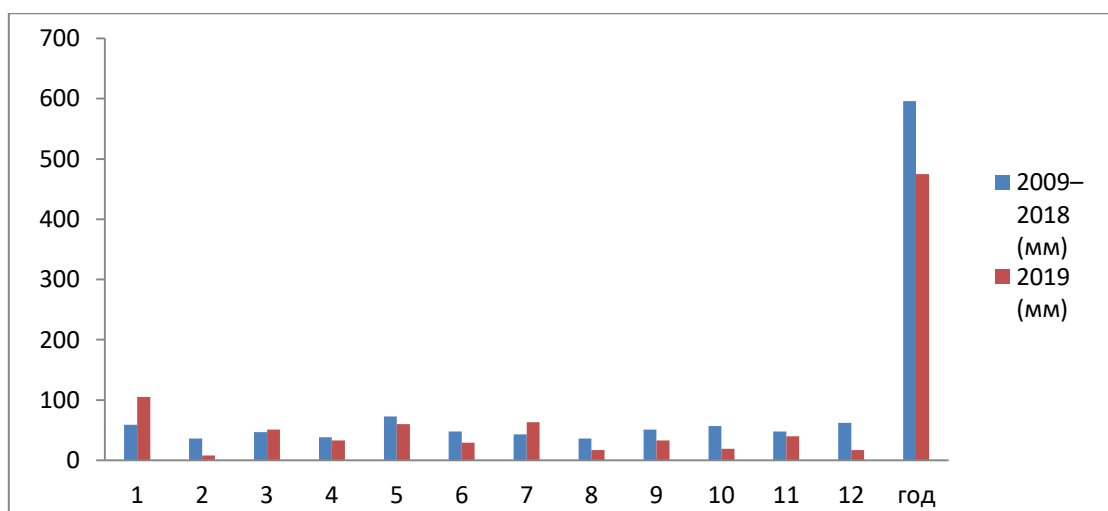
Анализ данного графика показал, что средняя температура июля колебалась от +21° до +27 °С. Максимальная температура +26,7 °С была зафиксирована в 2010 г., минимальные средние значения в 2003 г. (всего +21,6 °С). Рассмотрим средние значения температуры января. По сравнению с июльским графиком январский более динамичный, фиксируется большой разброс от -10°С до положительных значений +3,3°С. Минимум зафиксирован в 2006 г. (-10°С), максимум в 2007 г. (+3,3°С), больше резких изменений не наблюдается. Однако, необходимо отметить, что последние четыре года средние показатели январских температур варьируются от 0 до -5 °С.

Данные для этого графика были взяты с 2000 по 2020 гг. для того чтобы лучше рассмотреть динамику изменений. Из графика видно, на протяжении указанного временного промежутка были резкие скачки среднемесячной январской температуры как на понижение, так и на увеличение (на графике это представлено отрезком с 2006 по 2007 гг.). Начиная с 2016 г., наблюдается плавное поднятие январских показателей.

Давая краткую характеристику климатических условий Ростовской области на примере города Ростова-на-Дону нельзя не затронуть такие показатели как количество осадков.

Данные о норме осадков за 2019 г. сильно отличаются. Максимум приходится на январь – 105 мм, минимум на февраль – 8 мм. Норма осадков с 2009 по 2018 гг. не равнялась нулевым показателям, пик приходился на май – 73 мм, минимум на февраль, август – 36 мм (по данным [8]).

Результаты исследований позволили выявить следующее. Среднегодовые показатели как максимальных, так и минимальных температур на протяжении рассмотренного промежутка времени имели слабую динамику изменений. В 2019 г. ситуация изменилась. Пиковое значение температур сместилось на июнь. Так же изменились показатели отрицательных значений. Температурная отметка не достигала – 5°С.



**Рис. 6.** Сравнительный анализ количества осадков (мм) за 2009–2018 гг., за 2019 г. (по данным [8])

#### Список литературы

1. Алексенко В. Н., Мартынова М. И. География Ростовской области // Ростов н/Д, 2009. – 120 с.
2. Кузьмина Ж. В. Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. 2007. Т. 13, № 32. С. 47-60.
3. Лурье П. М. Региональные особенности изменения климата на Юге России и их последствия (на примере Ростовской области) // Географические исследования Краснодарского края. Краснодар, 2010. С. 83-92.
4. Лурье П. М., Панов В. Д. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI столетия // Метеорология и гидрология. 1999. № 4. С. 90-97.
5. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи // Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Естеств. науки. 2019. № 4 (204). С. 84-90.
6. Назаренко О. В. Оценка региональных изменений метеорологических показателей и их влияния на уровень грунтовых вод (на примере г. Ростова-на-Дону) // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 549.
7. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в бассейне Азовского моря // Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Естеств. науки. 2020. № 1 (205). С. 62-70.
8. Погода и климат, станция «D1524» 10.05.2020. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34730.htm> (дата обращения: 20.05.2020)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ РЕШЕНИИ  
ПРИРОДООХРАННЫХ ЗАДАЧ**

Игнатов О. Р., Черных В. И.

ГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Луганск,

VicCher@yandex.ru

**USING A SYSTEMATIC APPROACH TO ENVIRONMENTAL ISSUES**

Ignatov O.R., Chernykh V.I.

SEE HE «Luhansk state University of the Vladimir Dahl»

Luhansk,

VicCher@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрено воздействие факторов промышленного производства и аграрной отрасли на сокращение территории с естественным природным ландшафтом. Показано, что в результате освоения степных территорий аграрным сектором территория природно-заповедного фонда в границах Луганской области составляет менее 4% от всей ее площади. Сделан вывод, что одним из инструментов системного подхода при решении задач сохранения природной сферы в ее естественном состоянии может быть экологическая сеть.

**Ключевые слова.** Природный ландшафт, степные экосистемы, экосеть, видовое разнообразие.

**Abstract.** The impact of factors of industrial production and the agricultural sector on the reduction of the territory with a natural landscape is considered. It is shown that as a result of the development of steppe territories by the agricultural sector, the territory of the nature reserve Fund within the borders of the Luhansk region is less than 4% of its total area. It is concluded that one of the tools of a systematic approach to solving problems of preserving the natural sphere in its natural state can be an ecological network.

**Keywords.** Natural landscape, steppe ecosystems, eco-network, species diversity.

Экологическая обусловленность экономики и темпы ее роста неизбежно приводят к деградации природной среды. Результатом воздействия факторов промышленного производства и аграрной отрасли становится сокращение территории с естественным природным ландшафтом. Особенно актуальна эта проблема в регионах с относительно высокой плотностью населения, к которым относится Луганский. В результате освоения степных территорий аграрным сектором территория природно-заповедного фонда в границах Луганской области составляет менее 4% от всей ее площади. Усиливается фрагментация природных ландшафтов. По самым оптимистическим прогнозам на Донбассе осталось территории с природной растительностью не более 6% от его площади, а по пессимистическим оценкам – около 1%. Сокращение площади степных экосистем превысило границу минимальной территории, которая необходима для самовосстановления и сохранения генофонда всей степной биоты.

В перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного и животного мира Луганской Народной Республики вошли 51 вид растений и грибов и 90 видов животных [1]. Потеря видového разнообразия влечет за собой деградацию природных комплексов, так как биологические сообщества, характерные для степей, поддерживают непрерывность нормального функционирования экосистем. Они обеспечивают «обслуживание» экосистем, например, с помощью регулирования водного режима, защиты от эрозии, фильтрации воды и воздуха, формирования плодородия почв.

Природные комплексы функционируют как системы, характеризующиеся совокупностью элементов, находящихся между собой в отношениях структурной пропорциональности и функциональной зависимости. Поэтому действия, направленные на сохранение природных ландшафтов, следовательно, видového разнообразия должны быть системными. Для этих целей необходимо использовать системный подход. Системный подход предполагает рассмотрение свойств системы в целом, внутреннего содержания системы, а также ее взаимодействия с окружающей средой. По сути – это комплексное изучение объекта с учетом всех его взаимосвязей и структуры внутренней и внешней среды. При этом выявляется роль каждой части объекта и воздействия системы на структурные составляющие. При использовании системного подхода появляется возможность упростить информацию о сложном объекте и управлении этим объектом.

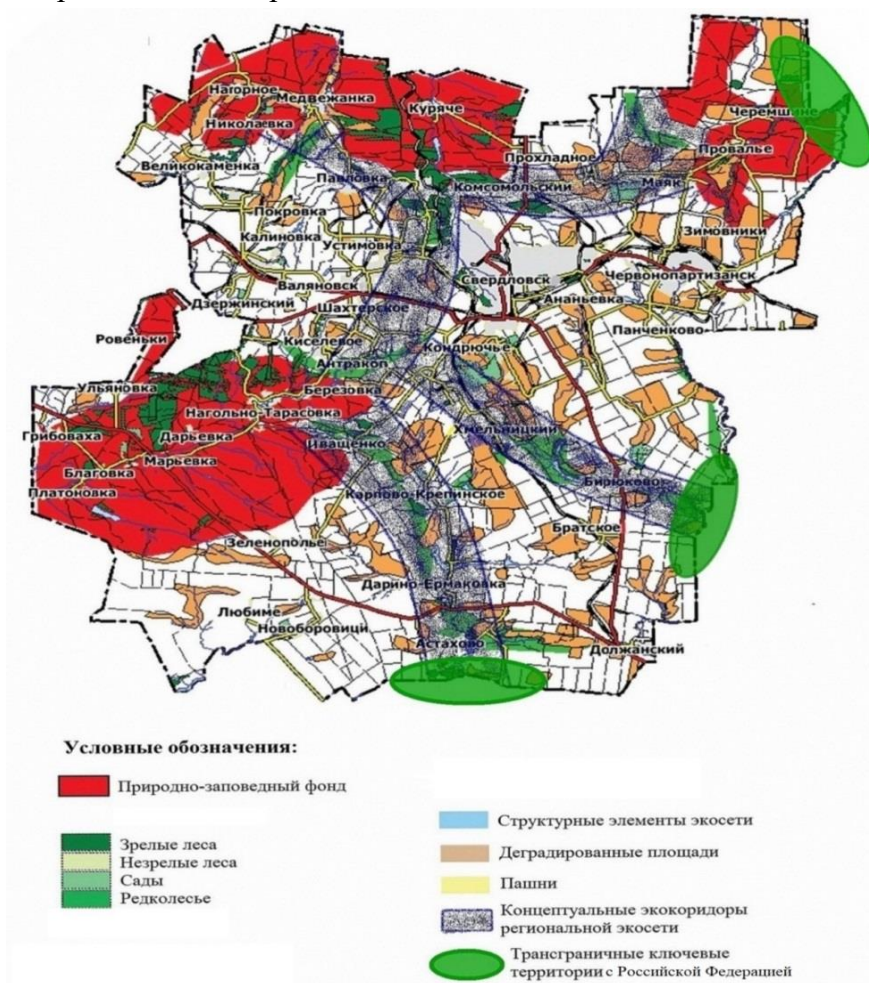
Одним из инструментов системного подхода при решении задач сохранения природной сферы в ее естественном состоянии может быть экологическая сеть. Экологическая сеть – это одна из эффективных разработок в области природоохранной деятельности. Идея сохранения природного ландшафта, а поэтому и биоразнообразия, за счет расположения и сохранения в некоторых его сегментах особо охраняемых природных территорий себя исчерпала. Экосеть – это система, состоящая из комплекса природных, полуприродных и антропогенно нарушенных территорий с разным статусом охраны, которая является средой обитания аборигенных видов флоры и фауны. Основная задача такого комплекса заключается в обеспечении стабильного существования популяций местной биоты. Сущность экосети состоит в том, чтобы соединить существующие природные и антропогенно измененные территории в целостную, пространственную структуру. В этой целостности присутствуют территории с разной степенью техногенной активности и биотопы, не подверженные природной фрагментации.

Необходимо отметить, что территории и объекты природно-заповедного фонда, в соответствии с основной идеей экосети, могут выступать только в роли природных ядер или биоцентров. Остальные элементы экосети не имеют отношения к заповедным территориям. Функциональная сущность экосети позволяет использовать ее как современный инструмент в эволюции методов контроля и замедления деградации природных ландшафтов вследствие действия антропогенного фактора. Таким образом, возможно сохранение биотопов, в определенных границах, как территории распространения видов живых организмов. Принятие законодательной базы, закрепляющей определенный статус территории экосети позволит обеспечить охрану и сохранение аборигенных видов в регионе.

В течение 2007-2009 годов на территории Луганского региона был реализован международный проект ГАСИС «Комплексное использование земель евразийских степей». В рамках этого проекта была проведена оценка степени деградации степных экосистем и состояния популяций редких видов степных растительности и животных. На основе результатов исследований были разработаны рекомендации по сохранению степных территорий – участ-

ков с Ростовской областью Российской Федерации. Рекомендации, в частности, содержат описание критериев подбора природных ядер и экокоридоров и подходов к установлению буферных и возобновляемых территорий. На границе с Ростовской областью возможно создание 6 трансграничных экокоридоров и два десятка ключевых территорий.

К одному из приграничных районов ЛНР с Ростовской областью относится Свердловский район. Существующие территории структура земель этого района, подлежащих особой охране, дает официальные основания для отнесения их к трансграничным природным ядрам и экокоридорам. Экологическая сеть может включать часть земель района, на которых фрагментарно сохранились почти неизменные или отчасти измененные природные ландшафты на небольших земельных участках. Особенностью экологической ситуации в этом районе является высокая степень антропогенной трансформации природных комплексов, исчезновение системных ландшафтов, снижение биоразнообразия. Концептуальная схема экологической сети района представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Концептуальная локальная схема экологической сети Свердловского района

Многочисленные исследования показывают, что антропогенная деятельность целенаправленно воздействует на окружающую природную среду, особенно интенсивно в последние десятилетия, существенно изменяя упомянутые факторы. С целью предотвращения или торможения такой деятельности необходимо использовать методы системного воздействия и, одновременно, обеспечивать растущее количество населения территориями для проживания. Такие компромиссные решения могут быть реализованы только волевыми, искусственными способами со стороны населения, проживающего в конкретных регионах. В этом ас-

пекте формирование экологической сети может быть использовано в качестве такого способа. К важной задаче экосети относится обеспечение редких видов и видов, которым угрожает исчезновение, охраной за пределами заповедного фонда и сохранение или создание возможностей поддержки структуры популяции, а также сезонной или многолетней их динамики. Решение таких задач невозможно без учета особенностей ландшафтов регионов, для которых разрабатываются схемы экологических сетей.

#### Список литературы

1. Красная Книга Луганской народной республики. Первое электронное издание. Минприроды ЛНР. – 2019г.



## **КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОЛУОСТРОВЕ КРЫМ И ПРИЧИНЫ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ**

Исламов Д. Ф.

Казанский федеральный (Приволжский) Университет. Казань.

dilyusislamov@mail.ru

## **KARST-SUFFUSION PROCESSES ON THE CRIMEAN PENINSULA AND THE REASONS FOR ITS OCCURRENCE**

Islamov D.F.

Kazan Federal (Volga Region) University. Kazan.

dilyusislamov@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящается рассмотрению и сравнению двух теорий образования карста и суффозий, а также непосредственно карстово-суффозионным процессам на полуострове Крым, выделению различных карстовых районов.

**Ключевые слова:** карст, суффозия, карстовые районы, теория возникновения карста, карст в Крыму.

**Abstract.** The article is devoted to the consideration and comparison of two theories of the formation of karst and suffusion, as well as directly to the karst-suffusion processes on the Crimean Peninsula, the allocation of various karst regions.

**Keywords:** karst, suffusion, karst areas, theory of karst origin, karst in Crimea.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Карст одна из самых распространенных форм рельефа на Земле. И полуостров Крым не исключение, так как эта территория активного проявления карстовых процессов. Примерно 84% территории сложено карстующими породами. В современном мире особый интерес к карстово-суффозионным процессам приводит новые теории формирования и развития карста, и территория Крыма определенно подходит под их изучение.

Исследования карстово-суффозионных процессов очень важны для полуострова Крым. Карстово-суффозионные процессы на данной территории не статичны. Игнорирование их изучения может привести к трагическим последствиям, так как они могут проявиться в самых неожиданных местах и повлиять на жизнь человека. По этой причине важно знать места распространения карста и суффозии, а также фиксировать их появление с целью прогнозирования и принятия мер безопасности.

### **МЕТОДЫ**

В ходе данного исследования были использованы аналитический, сравнительный и картографический методы.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В ходе исследования карстовых процессов полуострова Крым были рассмотрены различные данные карстообразования и происхождения суффозионных форм рельефа. Также была составлена карта территории с наибольшим распространения Карста и Суффозии в полуострове Крым.

По составу карстующихся пород выделяют три основных литологических типа карста: соляной, гипсовый и карбонатный. Наибольшей растворимостью обладают хлориды, средней – сульфаты и наименьшей – карбонаты.

Согласно бытующей версии происхождения карстово-суффозионных процессов для ее развития необходимы достаточно растворимые водопроницаемые породы и движущая агрессивная вода [1], степень водопроницаемости пород, обусловленная размером и количеством сообщающихся между собой пор, каверн, трещин, а также разрывных нарушений разного порядка [2]. Также важнейшим фактором, влияющим на скорость подземных вод, выщелачивания, является агрессивность, которая определяется главным образом содержанием свободной углекислоты и других минеральных и органических кислот в воде [3].

Вторичными причинами развития карста и суффозии признаются: растительность, климат, рельеф, гидрологический фактор и мощность карстующих пород. Каждый из этих причем по-своему влияют, ускоряют карстовый процесс.

Основными причинами развития суффозионных явлений признаются большие скорости движения фильтрационного потока, либо возникновение в подземных водах значительных сил гидродинамического давления. Это вызывает отрыв и вынос частиц во взвешенном состоянии [1].

За последние 40 лет, наряду с резким возрастанием массива эмпирического знания о карсте и его качества, произошло несколько важных экспериментальных и теоретических продвижений, революционизировавших современную карстологию.

Согласно новым исследованиям и модели газового генезиса формирования западин, под западинами находятся вертикальные газопроводящие каналы (трубы), которые прослеживаются в ряде случаев на большую глубину. Согласно механизму дегазации из недр земли, поступающий снизу газ встречает на своем пути барьеры различного генезиса с низкой проницаемостью и накапливается под ними. После накопления дополнительного давления, достаточного для разрыва барьеров, газ прорывается вверх, нарушая целостность зерновых контактов в осадочных породах, отжимая и вовлекая за собой воду и некоторую часть зерен пород в виде суспензии. В результате образуется своеобразная газоводонасыщенная труба (gaschimney), которая по своим параметрам проницаемости и структуре твердого вещества существенно отличается от окружающего массива пород (фона) [4].

Выход газопроводящего канала на поверхность с выносом жидкого и сыпучего материала, с переработкой минерального состава вмещающих пород сопровождается существенным увеличением проницаемости пород в канале вплоть до образования карстовых пустот и трещин и дальнейшим образованием различных форм рельефа [5, 6, 7].

На современном этапе развития карстовых исследований становится очевидным, что различные внешние признаки и свойства карста, характеризующиеся в работах эмпирического этапа, являются частными выражениями состояний особой (карстовой) эволюции водообменной системы в растворимых породах, контролируемой и направляемой самоорганизацией структур проницаемости в растворимых породах. Развитие организованных определенным образом полостей и каналов природной водой, составляет сущность процесса спелеогенеза, который является центральным механизмом формирования и эволюции карстовых геосистем.

Изучение карстового и карстово-суффозионного риска, так же, как и предсказание карстовых провалов и проседаний земной поверхности на урбанизированных и промыш-

ленных территориях с плотной застройкой и значительной техногенной нагрузкой и в природных условиях оказывается очень сложной проблемой, которая не может быть решена каким-либо одним методом. Необходимо применение различных подходов при их изучении.

## **РЕЗЮМЕ**

На полуострове Крым карст распространен весьма значительно, особенно в пределах Крымских гор, а на некоторых территориях карстовые процессы доминируют над другими современными физическими процессами (напр., Чатыр-Дак).

Крымский карст характерен большой интенсивностью образования и карбонатным литологическим составом, и поэтому для его развития необходимы карбонатные породы, трещины и агрессивная вода с растворенной углекислотой. Процесс проявляется интенсивно и активно там, где сочетаются четыре перечисленных условия [8].

Наиболее распространённой формой рельефа на полуострове Крым является Карстовая воронка. В Крыму их насчитывают 5343. Также часто встречаются котловины, сложные воронки, колодцы, карстовые пещеры, реликтовые пещеры. Реже можно встретить поля, на котловине Бештекне, и примитивные лунковые и бороздчатые карры на обрывистых известняковых склонах восточной части Крымских гор.

По характеру рельефа полуостров можно разделить на 3 части. Это Горный, Предгорный и равнинный. Первый же является самой карстующей территорией из всех, а равнинная часть Крыма меньше всех подвержена карстообразованию.

Карстовый рельеф предгорного и равнинного Крыма беден и однообразен, карстовый процесс здесь протекает медленно [10].

Крымские горы – хорошо изученный карстовый регион и является территорией наибольшего карстообразования в Крыму.

Карстовый морфогенез активизируется на абсолютных высотах более 700 м. Основная часть подземных карстовых форм сосредоточена в верхней части карстовых массивов, где трещинно-карстовые воды обладают высокой карбонатной агрессивностью [9].

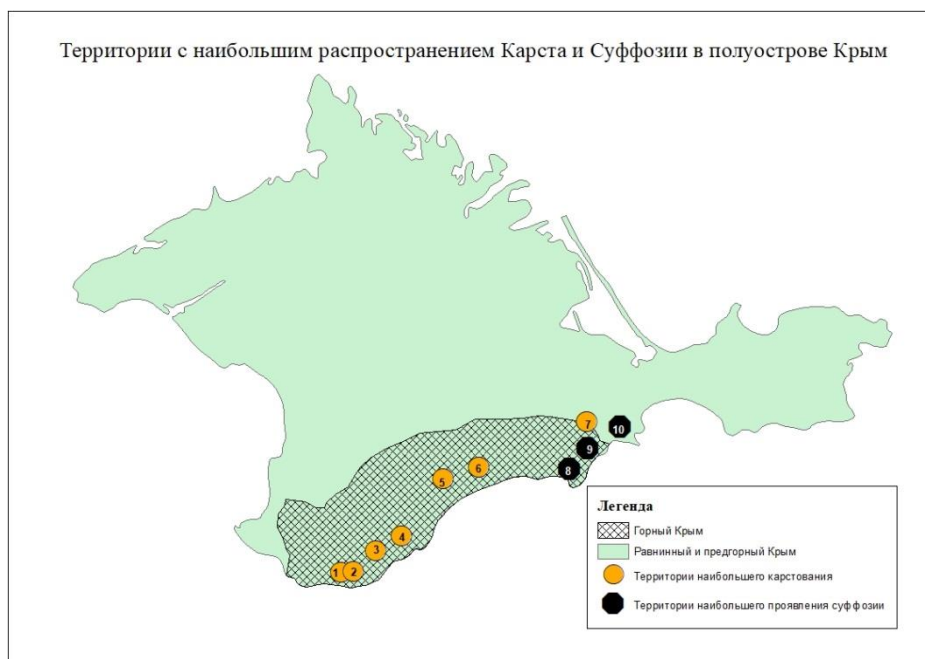
Процесс суффозии в полуострове Крым развивается в неводопрочных пылеватых карбонатных суглинках, дресвяно-щебнистых пылеватых суглинках, дресвяно-щебнистых отложениях с суглинистым заполнителем. Крымские горы – область развития суффозии. Сравнительно интенсивно и активно суффозия проявляется только в Восточной части Крымских гор [10].

Рассматривая типы карстовых структур на полуострове Крым, можно выделить следующие: 1) Массив Ай-Петри, 2) Котловина Бештекне, 3) Ялтийский массив, 4) Никитская яйла, 5) Долгоруковский массив, 6) Массив Караби-Яйл, 7) Массив Агармыш, 8) Урочища Капсель, 9) хребт Эчки-даг, 10) Коктебельско-Феодосийского мелкогорье.

В ходе исследования была составлена карта территории полуострова Крым с наибольшим распространением карста и суффозии (рис. 1).

Наиболее закарстован массив Агармыш. На его вершинной поверхности абсолютной высотой около 700 м находится 5 карстовых воронок, а на склонах – несколько небольших карстовых пещер и вертикальных карстовых полостей глубиной до 121 м.

Для Ай-Петринского массива характерны типичные ландшафты среднегорного карста. Наибольшая закарстованность свойственна высотной зоне 1200-1100 м. Здесь самый высокий коэффициент поверхностного закарстования среди Крымских яйл. Тут насчитывается 524 карстовых полости и 600 пещер (больше одной трети всех крымских пещер [11].



**Рис. 1.** Территория с наибольшим распространения Карста и Суффозии в полуострове Крым

В пределах Долгоруковского карстового массива развиты крупные карстовые котловины и воронки. На данный момент в карстовом массиве найдено 128 воронок и около 40 пещер [12].

Территория приморских субсредиземноморских степей, расположенная между Судакком и Феодосией, является районом наиболее интенсивного и активного проявления суффозии в Крыму.

Необходима проверка на наличие глубинных каналов миграции в вышеперечисленных местах развития всех типов и форм карстового рельефа полуострова Крым. Согласно новой теории, глубинный водород, образуя кислые воды, разъедает карбонатные породы, способствует образованию карстово-суффозионных форм рельефа на любой высоте и глубине, является причиной возникновения карстово-суффозионных форм рельефа, приуроченных к разломам и трещинам земной коры. Особое внимание нужно обратить на вновь появляющиеся карстовые провалы, направление «движения» которых растет в сторону систем расселения и хозяйственного освоения территории.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Карстово-суффозионные процессы являются очень сложными по своей структуре и развитию. Бытующая версия формирования карста и суффозии на данный момент не актуальна, необходимо серьезно исследовать глубинные структуры, являющиеся причиной поверхностного проявления в виде карста и суффозии.

На Крымском полуострове карстовые и суффозионные формы рельефа развиты в горной части. На некоторых массивах (Ай-Петри) карстовые процессы преобладают над другими рельефообразующими процессами. Все это формирует богатый карстовый рельеф. На полуострове Крым очень много различных карстовых воронок, понор, пещер и тд. Некоторые формы даже слишком сильно проявляют себя.

Сильная закарстованность территории влияет на жизнь человека. Так как проявление карста может быть очень неожиданным и опасным. Для предотвращения ужасающих последствий необходим мониторинг и прогнозирование. Для правильного мониторинга важно учесть новую теорию происхождения карста и суффозию.

## Список литературы

1. Аникеев А. В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска: монография 2017. Москва: – 328 с.
2. Попов Ю. В., Пустовит О. Е. Учебное пособие Карст – Ростов-на-Дону, 2015. – 64 с.
3. Основные проблемы карстологического прогноза на урбанизированных территориях/ Электронный научный журнал, Современные проблемы науки и образования. 2005–2020. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16143> (дата обращения: 13.12.2014)
4. Шестопалов, В. М., Макаренко, А. Н. Поверхностные и приповерхностные проявления аномальной дегазации // Геолог. Журн. – 2013. – С. 7-25.
5. Шестопалов, В. М., Бублясь, В. Н. О формировании западинно-канальных структуры миграции // Геолог. Журн. – 2015. – С. 73-88.
6. Руденко А. В. Мониторинг возникновения кольцевых структур дегазации водорода на населенных и хозяйственно используемых территориях на основе данных ДЗЗ // В сборнике: Общественная география в меняющемся мире: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы международной научной конференции в рамках X научной Ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов (АРГО). 2019. С. 508-511.
7. Руденко А. В. Методика прямого дешифрирования кольцевых структур водородной дегазации на территориях проживания людей и ведения хозяйства по данным Google Maps и Google Earth // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5. №3. С. 326 – 334.
8. Тимохина, Е. И. Спелеогенез внутренней гряды горного Крыма и его геоморфологическое значение [Текст] : дис.. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук : 25.00.25\ Тимохина Елизавета Игоревна
9. Ключкин А. А. Экзогеодинамика Крыма. – Симферополь, 2007. – 320 с.
10. Карстовые процессы в Крыму. URL: <http://www.bibliotekar.ru/2-8-13-gidrogeologiya/23.htm>
11. Ай-Петринский карстовый район. URL: <http://krymology.info/>
12. Долгоруковский карстовый район. URL: <http://krymology.info/>

**ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОПАРКИ ЮНЕСКО КАК ОПТИМАЛЬНАЯ ФОРМА  
ВОПЛОЩЕНИЯ НА ПРАКТИКЕ КОНЦЕПЦИИ ООН УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ  
В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

© <sup>1</sup>Караев Ю. И., <sup>2</sup>Хосаев Х. С.

<sup>1</sup>Автономная некоммерческая организация

"Международный инновационный научно-технологический центр "

Устойчивое развитие горных территорий. Горы" Северо-Кавказского горно-  
металлургического института (государственного технологического университета),

г. Владикавказ

karaev.iura@yandex.ru

<sup>2</sup>Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

**UNESCO GLOBAL GEOPARKS AS THE OPTIMAL FORM OF IMPLEMENTING  
THE UN CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN PRACTICE  
IN MOUNTAINOUS AREAS**

© Yu. I. Karaev<sup>1</sup>, H. S. Hosaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Autonomous non-profit organization "

International Innovative Scientific and Technological Center "Sustainable Development of  
Mountainous Areas. Mountains" of the North Caucasian Mining and Metallurgical Institute  
(State Technological University),

Vladikavkaz,

karaev.iura@yandex.ru

<sup>2</sup>North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University),

Vladikavkaz

**Аннотация.** Индустриальное развитие в горах всегда было сопряжено с проблемами для природы, Глобальные геопарки ЮНЕСКО всё изменили. Использование ресурсов теперь происходит с охраной памятников природы и культуры, традиций и ремёсел. Экономика развивается за счёт туризма, рекреации, сельского хозяйства на базе науки и образования с включением местного населения с их навыками и традициями, а также всех органов власти, общественных организаций, инвестиционных структур и бизнеса.

**Ключевые слова:** Концепция ООН Устойчивое Развитие, природопользование, горные территории, Глобальные геопарки ЮНЕСКО, туризм, сельское хозяйство, охрана природы.

**Abstract.** Industrial development in the mountains has always been fraught with problems for nature, and UNESCO's global geoparks have changed everything. The use of resources now occurs with the protection of natural and cultural monuments, traditions and crafts. The economy develops through tourism, recreation, agriculture based on science and education, including the local population with their skills and traditions, as well as all authorities, public organizations, investment structures and businesses.

**Keywords:** UN Concept of Sustainable Development, nature management, mountain territories, UNESCO Global Geoparks, tourism, agriculture, nature protection.

**Введение.** Одной из самых удачных и согласованных на мировом уровне, из имеющихся в арсенале вариантов дальнейшего развития человечества, является Концепция ООН Устойчивое Развитие (далее – Концепция).

Как известно, в мире были наработаны различные практики по продвижению, как самой Концепции, так и по её практическому воплощению в жизнь. Основным проводником идей и практик этой Концепции является ЮНЕСКО со своими многочисленными программами. Пожалуй, что наиболее эффективной из них на сегодняшний день для устойчивого развития горных территорий является система Глобальных геопарков ЮНЕСКО (далее – ГГ). Она за два последних десятилетия показала свои сильные и положительные качества. Но в горах, где экономическая ситуация всегда была более сложной и затратной, ГГ стали самым современным и важнейшим рычагом для развития.

Общеизвестно, что горы являются кладовыми большинства природных ресурсов и обладают полезными природными условиями. Но практиковавшееся ранее преимущественно индустриальное использование ресурсов всегда было сопряжено с серьёзными проблемами для качества окружающей природы, а ущерб от подобной эксплуатации природных ресурсов мог достигать высокого уровня вплоть до катастрофического.

С появлением же ГГ, т. е. территорий, на которых использование природных объектов происходит на основе, прежде всего их охраны, а затем уже и бережного использования с реставрацией, сохранением и популяризацией памятников культуры, традиций и ремёсел, всё изменилось. Система ГГ позволяет развиваться экономическому потенциалу территорий за счёт создания комплекса условий для развития туризма, рекреации, сельского хозяйства на основе научных исследований, новых образовательных систем, с подключением местного населения с их многовековыми традициями в области культуры, ремёсел и систем природопользования. В этот процесс включены и государственные и муниципальные органы власти, общественные организации, представители инвестиционных структур и бизнеса.

**Актуальность темы.** Вызовы нового времени потребовали от современного общества и, в первую очередь, от научной общественности, новые интегральные и междисциплинарные концепции в части выбора стратегии дальнейшего развития. Продолжение нещадной эксплуатации природных ресурсов ради удовлетворения потребностей человечества без учёта изменения в худшую сторону качества окружающей природной среды, могло и ещё может в скором будущем привести к глобальной экологической катастрофе. Разработанная ООН Концепция требует создания современных комплексных и щадящих природу систем рационального природопользования для удовлетворения потребностей современных жителей Земли без ущерба природной среде и для аналогичного же удовлетворения потребностей и всех будущих поколений. А для этого необходимы соответствующие методы и механизмы. Именно это делает актуальной исследуемую тему, а появление и развитие системы ГГ, по мнению авторов, позволяет надеяться на положительное разрешение этой важнейшей проблемы.

**Методы и материалы исследований.** Сбор новых и собранных ранее в разные годы полевых исследований, поиск различных опубликованных печатных материалов, данные из интернет-ресурсов и их анализ являются основой методики проводимых исследований. Кроме того, авторы постоянно получают консультации от своих российских и зарубежных коллег, в том числе и сотрудников ЮНЕСКО, которые занимаются различными аспектами ГГ.

Работы по исследованию и изучению сущности и потенциала ГГ, положительный (и не только) мировой и российский опыт по организации и функционированию ГГ продолжают, одна из важнейших сторон этих исследований дана в данной статье.

**Результаты исследований.** Знаменательное событие произошло в июне 1992 года в Рио-де-Жанейро – Конференция ООН по окружающей среде и развитию, которая показала, что нельзя рассматривать окружающую среду и социально-экономическое развитие отдельно.

Основы процесса Рио были заложены в 1972 году, когда представители 113 стран собрались на Стокгольмскую конференцию по окружающей среде – первой всемирной встрече по вопросам окружающей среды [1].

В 1983 году ООН создала всемирную комиссию по окружающей среде и развитию. Через четыре года в отчёте комиссии "Наше общее будущее" прозвучало предупреждение о необходимости изменить многое в деловой активности и образе жизни человечества, в противном случае его ждут очень тяжелые испытания и резкое ухудшение состояния окружающей среды.

Экономика должна удовлетворять нужды и законные желания людей, но её рост должен учитывать пределы возможностей планеты. Комиссия призвала к "новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды". "Человечество способно сделать развитие устойчивым, т. е. обеспечить удовлетворение нужды настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности" [1].

**1. Концепция ООН Устойчивое Развитие.** В 1989 году ООН начала готовить конференцию по развитию и окружающей среде, чтобы сформулировать принципы достижения устойчивого развития. В течение двух лет эксперты со всего мира выработывали непростые решения, готовя встречу в Рио. Кроме них ещё тысячи людей из неправительственных организаций, из области бизнеса, образования, представители женских организаций, коренных народов и многие другие внесли свой вклад в процесс Рио.

На конференции в Рио были приняты пять важных документов: "Декларация по окружающей среде и развитию", "Повестка дня на XXI век", "Заявление о принципах в отношении лесов", "Конвенция Организации Объединённых Наций об изменении климата", "Конвенция о биологическом разнообразии". Нам они все интересны, но наиболее важным из них в контексте выбранной темы является второй из них.

**2. Устойчивое развитие горных территорий.** Программа всемирного сотрудничества "Повестка дня на XXI век" направлена на гармоничное достижение двух целей – высокого качества окружающей среды и здоровой экономики для всех народов мира. Этот важнейший документ охватывает все аспекты устойчивого развития и касается всех и каждого на Земле [2]. Документ помимо Преамбулы к повестке дня содержит четыре раздела: "Социальные и экономические аспекты" – 7 глав, "Сохранение и рациональное использование ресурсов" – 14 глав, "Усиление роли основных групп населения" – 10 глав и "Средства осуществления" – 8 глав.

Глава 13 Повестки дня на XXI век называется "Устойчивое развитие горных районов". В ней даны характеристики гор, как источников воды, энергии, полезных ископаемых, лесных и сельскохозяйственных продуктов, зон отдыха, туризма и рекреации. Горы выступают в роли кладовых биологического разнообразия, местом обитания находящихся под угрозой исчезновения биологических видов, а также существенной частью всей глобальной экосистемы. Экосистемы гор влияют на жизнь половины населения мира. Подчёркивается, что горные районы переживают экологическую деградацию и



необходимо разрабатывать систему планирования и национального землепользования в бассейнах рек, берущих начало в горах, т. к. около 40 % населения мира занимает бассейны этих рек [1].

Большое внимание в 13 главе уделяется и населению гор, которое составляет около 10 % общей численности населения Земли. Им необходимо обеспечить современные услуги в области образования, здравоохранения и энергетики. Кроме того, людям необходимо предоставить такие условия, чтобы они могли зарабатывать на жизнь стабильным туризмом, рыболовством, экологически безопасной добычей ископаемых и т. д.

Завершается 13 глава конкретными рекомендациями правительствам: содействовать мерам по борьбе с эрозией почвы, которые должны быть малозатратными, простыми и лёгкими в применении; предлагать людям стимулы для сохранения ресурсов и применения экологически безопасных технологий, способствовать пониманию населением экологически устойчивых видов развития горных районов и привлекать людей к рациональному использованию ресурсов; информировать об альтернативных возможностях зарабатывать себе на жизнь в таких областях деятельности, как, например, растениеводство, животноводство, птицеводство, пчеловодство, рыбное хозяйство, сельская промышленность, рынки и транспорт; создавать защищённые районы для спасения генофонда природного мира; определить опасные районы, наиболее подверженные эрозии почвы, наводнениям, оползням, землетрясениям, снежным обвалам и другим природным бедствиям, и создавать соответствующие системы раннего оповещения и спасательные группы, выявлять горные районы, в которых воздух загрязняется соседними городскими и промышленными районами и создать центры информации о горных экосистемах, включая опыт устойчивого сельскохозяйственного развития и практику консервации с тем, чтобы люди могли обращаться в такие центры за помощью по получению информации об устойчивом развитии горных районов [1].

Как видим из приведённого материала, устойчивое развитие горных территорий достаточно сложная проблема и для её разрешения необходимо решить комплекс различных проблем и задач. Как видится авторам, именно система ГГ способна разрешить эту проблему.

**3. Программы ЮНЕСКО по Устойчивому Развитию.** У ЮНЕСКО для практической реализации Концепции ООН Устойчивое развитие есть много разнообразных проектов и программ, охватывающих развитие науки, культуры, образования и охраны окружающей среды. Но они, как известно, имеют сугубо однонаправленный или отраслевой характер, а всё то, что так или иначе касается природы, в основном, имеют, условно, охранной и/или ограничительно-запретительный характер. Среди многочисленных программ и проектов ЮНЕСКО, пожалуй, самой широкой по охвату проблем и в значительной степени самой комплексной из них является Международная программа «Человек и биосфера». Именно она вобрала в себя весь накопленный десятилетиями материал для масштабных природоохранных мероприятий и пропаганды рационального и щадящего природопользования. Несмотря на все её преимущества и эта программа больше направлена не на комплексное развитие территорий, а, в первую очередь на охрану природы и её составляющих и на ограничение той или иной деятельности.

#### **4. Международная программа по геонаукам и геопаркам.**

Международная программа по геонаукам и геопаркам (МПИГГ, IGGP) ЮНЕСКО, совместно с Глобальной сетью геопарков (ГСГ, GGN) всячески содействует организации и функционированию Глобальных геопарков ЮНЕСКО в различных странах и регионах.

**5. Глобальные геопарки ЮНЕСКО.** Под Глобальным геопарком ЮНЕСКО подразумевается территория с очерченными границами, на которой геологические объекты на начальном этапе не включаются в список природного наследия и не попадают под защиту природоохранного законодательства [2].

ГГ преследует три главные цели: сохранение геологического наследия территории, популяризация геологических и экологических знаний в различных кругах населения и достижение устойчивого развития территории [3].

В тоже время ГГ не являются особо охраняемыми природными территориями (ООПТ). В пределах ГГ недопустимо нарушение естественного уклада жизни коренного населения и нет ограничений хозяйственной и рекреационной деятельности [4].

В настоящее время в мире функционирует более 300 геопарков, из которых около 160 получили статус "Глобальный геопарк ЮНЕСКО". В России существует около десяти проектов и организованных геопарков и только один из них достиг соответствующего уровня. Башкирский геопарк "Янган-Тау" из Салаватского района, пройдя все необходимые процедуры, вступил в ГСГ и получил статус "Глобальный геопарк ЮНЕСКО".

До появления ГГ объекты геологии, как, впрочем, и другие объекты природы, в основном использовались для их эксплуатации с получением того или иного товара. Это было сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду – загрязнением атмосферного воздуха, почвы и водных объектов. Иная картина наблюдается на территориях ГГ, где геологические и другие объекты являются тем основанием, на котором базируется неиндустриальное социально-экономическое развитие территорий. Во всех грамотно организованных и функционирующих ГГ наблюдается мощное развитие туризма, рекреации, сельского хозяйства и других отраслей экономики. Вовлечение во все процессы, связанные с ГГ, значительного количества местного населения, научных и образовательных учреждений, представителей всех ветвей власти, общественных и коммерческих структур позволяет поступательно развиваться экономике территорий, повышает занятость населения и его благосостояние, а также увеличивает поступление налогов в местные бюджеты, что, в свою очередь, позволяет развиваться и социальной сфере.

**Вывод.** Для горных территорий комплексная система природопользования, используемая ГГ является основой для устойчивого их развития в современных условиях.

#### Список литературы

1. Встреча на высшем уровне "Планета Земля". Программа действий. / Повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро ... / Составитель: Майкл Киттинг. Публикация Центра "За наше общее будущее, Женева, Швейцария, 1993. – 70 с.

2. Корф Е. Д. Геопарки и геотуризм как инструмент устойчивого развития сельской местности // Материалы XI Международной конференции «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий»: сб. тр. науч.-практ. конф. – Сочи, 2014. – С. 579-581.

3. Корф Е. Д. Защита и эффективное использование геологического наследия России // Сборник трудов XIX Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность»: сб. тр. науч.-практ. конф. – Томск, 2013. – Т. 1. – С. 220-221.

2. Об особо охраняемых природных территориях : Федеральный закон от 14 марта 1995 № 33-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru>.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНИМКОВ LANDSAT ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПИРОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА**

Карпачевский А. М., Леднев С. А., Семенов И. С., Шарапова А. В., Королева Т. В.  
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,  
географический факультет. Москва  
karpach-am@yandex.ru

**USING LANDSAT IMAGES FOR IDENTIFICATION OF PYROGENICALLY TRANSFORMED LANDSCAPES IN THE KARAGANDA REGION OF KAZAKHSTAN**

Karpachevskiy A. M., Lednev A. S., Semenov I. S., Sharapov V. A., Koroleva T. V.  
Lomonosov Moscow state University, faculty of geography. Moscow  
karpach-am@yandex.ru

**Аннотация.** В районах Центрального Казахстана выгорание территорий обусловлено как антропогенными, так и природными факторами. Использование данных дистанционного зондирования – лучший способ выявления пирогенно-трансформированных ландшафтов и оценки их долгосрочной динамики. Мы использовали данные Landsat 8 OLI с высоким пространственным и временным разрешением. Для извлечения гарей из полученного изображения оптимально использовать сегментацию и классификацию значений изображения методом естественных интервалов.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, индексы гари, пустынные экосистемы.

**Abstract.** In the regions of Central Kazakhstan, the burning of territories is caused by both anthropogenic and natural factors. Using remote sensing data is the best way to identify pyrogenically transformed landscapes and assess their long-term dynamics. We used Landsat 8 OLI data with high spatial and temporal resolution. To extract burned territories from the resulting image it is optimal to use segmentation and classification of image values using natural breaks.

**Keywords:** remote sensing, burn indices, desert ecosystems.

**Введение**

Ракетно-космическая деятельность – это относительно новый вид хозяйственной деятельности человека, влияющий на окружающую среду космодромов и специально отведенных зон падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧРН). Зоны падения активно изучаются с 1990-х годов как территории моделирования последствий ракетно-космической деятельности, проявляющихся в виде механических, химических и пирогенных нарушений. Степень проявления каждого эффекта связана с характеристиками используемых ракет-носителей [10]. Данные дистанционного зондирования Земли позволяют выявить и оценить последствия крупных пожаров, которые могут быть вызваны ракетно-космической деятельностью (падение первых ступеней ракеты-носителя), а также другими природными (сухие грозы, высокие температуры) и другими антропогенными (сжигание сухой травы, костры и др.) факторами. Для анализа характеристик распространения огня необходимо иметь достаточно большое количество наблюдений (высокое

временное разрешение) в сочетании с высоким пространственным разрешением данных. Данные космической съемки со спутников серии Landsat удовлетворяют этим требованиям.

Существует очень мало исследований по использованию данных дистанционного зондирования для обнаружения пожаров на засушливых и полузасушливых территориях. Целью наших исследований является выбор наиболее подходящих спектральных показателей для выявления пирогенной трансформации аридных экосистем, связанных с зонами падения первой ступени ракеты-носителя в Центральном Казахстане, а также анализ особенностей автоматизации на основе частоты и интенсивности пожаров. В качестве примера мы взяли две зоны падения – ОЧ РН «Протон» и «Союз», так как они наиболее интенсивно эксплуатируются в последние 30 лет.

Среди популярных индексов для идентификации пирогенных превращений можно отметить нормализованный коэффициент горения (NBR) [9, 5, 7]. Первоначально он применялся для лесных пожаров. Индекс показывает нормализованную разницу между двумя инфракрасными каналами. Индекс NBR2 – модификация NBR, который отличается смещением в более длинноволновую часть спектра.

Также достаточно популярен индекс BAI, применяющийся к лесным территориям [13, 4], индекс NBRT1 [8], использующий тепловой канал; индекс MIRBI [14], применяющийся к закустаренным территориям и саваннам; индекс GEMI3, применяющийся для мониторинга растительности на основе данных MODIS. Мы опробовали эти индексы на примере района падения ОЧ РН «Союз», результат работы некоторых из них показан на рисунке 1.

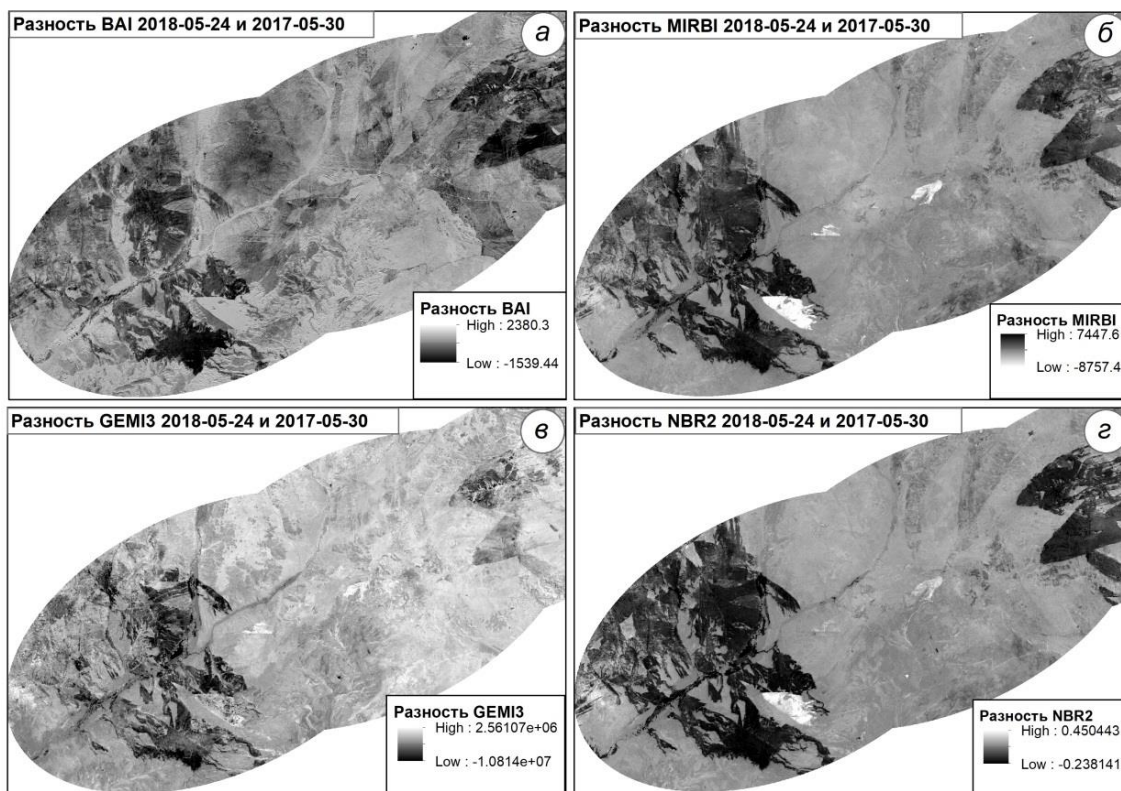


Рис. 1. Сравнение индексных изображений BAI, MIRBI, GEMI3, NBR2.

### Материалы и методы

В результате, мы выяснили, что индекс NBR2 лучше всех отделяет горевшую территорию от негоревшей. Несмотря на контрастность значений, возникла проблема с однознач-

ностью порогового значения индекса, разделяющего два типа территории. В любом случае определённое количество пикселей некорректно попадает в класс гарей (False Positive), или горевшие территории не попадают в класс гарей (False Negative).

Для решения данной проблемы был применен объектно-ориентированный подход, учитывающий пространственное положение пикселей – сегментация. Разностные изображения были сегментированы в программном обеспечении ArcGIS Desktop с параметрами спектральной детализации 15,5, пространственной детализации 15 и минимальным размером сегмента в пикселях 20. Сегментированное изображение имеет диапазон значений от 35 до 211. Мы разделили изображение на два класса методом естественных интервалов. Этот метод дает хороший результат из-за явных двух пиков значений на гистограмме, соответствующих пироженно-трансформированной и негоревшей территории. Граница между классами была установлена на уровне 80. Визуально было установлено, что наилучшее значение для отделения сгоревшей от негоревшей территории составляет 77.

Мы протестировали наш алгоритм идентификации пироженно-трансформированных ландшафтов в соседней зоне падения ОЧ РН «Протон». Классификация значений пикселей сегментированного изображения по разности индексов NBR2 методом естественных разрывов определила граничное значение между классами на уровне 148. Визуально граница была сдвинута на 156, чтобы наилучшим образом соответствовать фактическим границам огня. Таким образом, методика хорошо себя воспроизвела на примере другой территории.

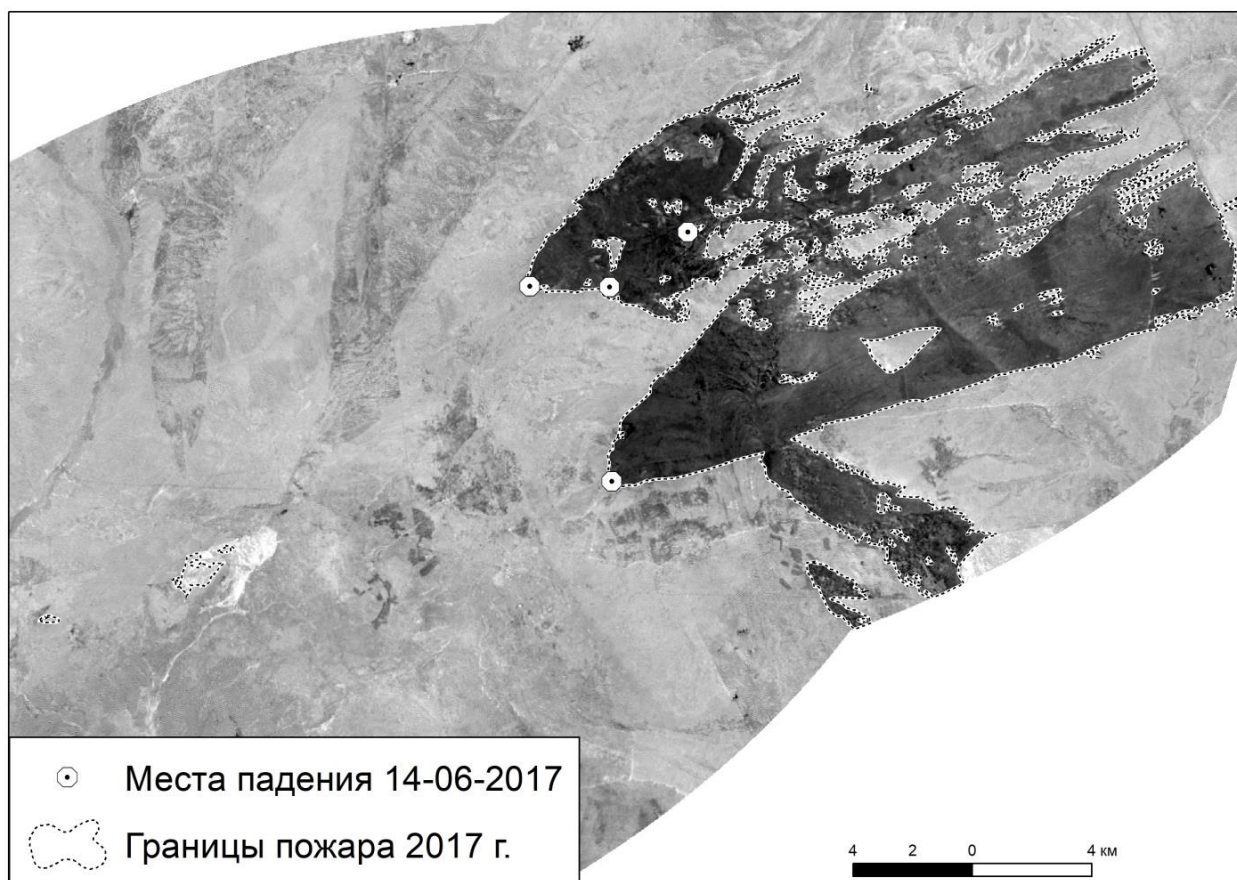
### **Результаты и обсуждение**

Прежде всего, следует отметить, что проведенные эксперименты показали неэффективность традиционной кластеризации и деления значений индексов изображений с использованием пороговых значений. Оба подхода не позволяют точно отделить горевшую область от негоревшей, что выражается в значительном количестве артефактов. Сегментация разностного индексного изображения является объектно-ориентированным подходом, поскольку учитывает не только спектральные характеристики пикселей, но и их взаимное расположение. Это позволяет получить более плавное изображение, соответствующее действительности, так как пожар охватывает территорию практически сплошной площадью из-за отсутствия значительных негорючих участков ландшафта.

Классификация сегментированного изображения с использованием естественных интервалов дала хорошее приближение к реальному соотношению сгоревших и негоревших участков. Количество классов, выделяемых таким образом, зависит от интенсивности, общей площади пожара, а также от состояния растительности, находящейся в разных сукцессионных стадиях со времени предыдущих пожаров. Ручное смещение границы позволяет получить более точные границы. Нам не удалось выявить четкой закономерности в величине и направлении сдвига, но его абсолютное значение составляет не более 4% от диапазона всех значений изображения.

Область пожаров на территории района падения ОЧ РН «Протон» выделяется более точно, чем для района падения ОЧ РН «Союз». Это обусловлено неоднородностью растительного покрова, которая обусловлена разной частотой возникновения пожаров. Основные пожары в зоне падения ОЧ РН «Протон» в предыдущий раз до 2017 года были в 2005 году. За 12 лет растительный покров восстановился достаточно равномерно [11, 12]. В зоне падения ОЧ РН «Союз» произошли крупные пожары 2006, 2009, 2011, 2014,

2016, что обуславливает мозаичность растительного покрова на стадии восстановления.



**Рис. 2.** Пожар, вызванный падением ОЧ РН «Союз» и выделенный по разностному изображению NBR2.

Согласно существующим представлениям, пожары в полынных сообществах Евразии приводят к их превращению в степь за счет роста трав, которые приспособлены переносить воздействие огня. Также она вызывает угнетение полыни, большая часть которой уничтожается огнем. Выпас скота рассматривается как фактор восстановления доминирующей роли полыни в постпирогенных сообществах [2], но при снижении интенсивности выпаса с 1990-х годов наблюдается взрывной рост сеспитозно-злаковых сообществ, занимающих территории бывшей полыни, что было показано на примере сообществ *Stipa sareptana* в Северо-Западном Прикаспии [3, 1]. Увеличение роли сеспитозных трав в растительном покрове, в свою очередь, приводит к увеличению частоты пожаров [6]. Таким образом, наблюдаемое «неполное восстановление» сообществ даже после 29 лет постпирогенной сукцессии, вероятно, связано с недостаточным воздействием выпаса скота вдали от населенных пунктов в настоящее время, что приводит к относительной устойчивости сеспитозно-злаковых сообществ, отличающихся по значениям индекса от исходной полынной растительности

### **Заключение**

Нами была изучена серия снимков Landsat 8 зон падения первых ступеней ракет-носителей на территории Центрального Казахстана, а также полученные индексы, позволяющие идентифицировать пирогенно-трансформированные ландшафты. Это позволило сделать вывод о том, что разница в показателях NBR2 для предпожарной и послепожар-

ной ситуаций является наиболее удачным подходом для идентификации выгоревших территорий на засушливых землях. Сегментация разностного изображения позволяет различать сгоревшие территории с достаточно высокой точностью. Точность зависит от степени неоднородности растительного покрова, которая определяется частотой и интенсивностью пожаров на протяжении длительного периода времени. Крупный пожар в 2017 году, обусловленный сочетанием метеорологических условий, условий растительности и деятельности человека, затронул обе рассматриваемые территории, но точность определения границ пожара автоматизированными методами оказалась разной. Это связано с тем, что зона падения ОЧ РН «Протон» не подвергалась крупным пожарам в течение 12 лет, а зона падения ОЧ РН «Союз» горела в меньших масштабах, но довольно регулярно в течение всех этих лет.

*Исследование проведено при поддержке гранта РНФ, проект № 20-77-10010.*

### Список литературы

1. Неронов В. М., Арылова Н. Ю., Дубинин М. Ю., Каримова Т. Ю., Луцкекина А. А. Современное состояние и перспективы сохранения сайгака в северо-западном Прикаспии. *Аридные экосистемы*, 2013. – т.19. – №2 (55). – с. 5-14.
2. Смелянский И. Е., Буйволов Ю. А., Баженов Ю. А., Бакирова Р. Т., Боровик Л. П., Бородин А. П., Быкова Е. П., Власов А. А., Гавриленко В. С., Горошко О. А. и др. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты. Аналитический обзор. – 2015.
3. Чабовский А. В., Неронов В. В. Чёрные Земли: полупустыня вновь становится степью. *Природа*. – 2003 – т. 2, с. 72-79.
4. Chuvieco E., Pilar M.M., Palacios A. Assessment of different spectral indices in the red-near infrared spectral domain for burned land discrimination // *Remote Sensing of Environment*. – 2002 – 112: pp. 2381–2396.
5. Cocke A.E., Fulé P.Z., Crouse J.E. Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data // *International Journal of Wildland Fire*. – 2005 – 14(2). – pp. 189-198.
6. Dubinin M., Potapov P., Lushchekina A., Radeloff V.C. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing // *Remote sensing of environment*. – 2010 – 114 – pp. 1638-1648.
7. Escuin S., Navarro R., Fernández P. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images // *International Journal of Remote Sensing*. – 2008. – 29:4. – pp. 1053-1073.
8. Holden Z. et al. Evaluation of Novel Thermally Enhanced Spectral Indices for Mapping Fire Perimeters and Comparisons with Fire Atlas Data // *International Journal of Remote Sensing*. – 2008. – 26. – pp. 4801-4808.
9. Key C.H., Benson N.C. Measuring and remote sensing of burn severity // *U.S. Geological Survey Wildland Fire Workshop*, 31 October – 3 November 2000, Los Alamos, NM (USGS Open-File Report 02–11).
10. Koroleva T.V., Krechetov P. P., Semenov I. N., Sharapova A. V., Lednev S. A., Karpachevskiy, A. M. Kondratyev A. D., Kasimov N. S. The environmental impact of space



transport // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2018. – 58 – pp. 54–69.

11. Krechetov P.P., Neronov V.V., Koroleva T.V., Chernitsova O.V. Transformation of the soil-vegetation cover in carrier rocket first stage impact areas // Arid Ecosystems. – 2011. – pp. 59–64.

12. Lednev S. A., Semenov I. N., Koroleva T. V., Sharapova A. V. 2020. State of desert phytocenoses in the republic of Kazakhstan at crash sites of launch vehicles. Arid Ecosystems. – 2020. – № 10, 3. – pp. 244–250.

13. Martín, M. P. Cartografía e inventario de incendios forestales en la Península Ibérica a partir de imágenes NOAA AVHRR. Doctoral thesis, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. – 1998.

14. Trigg S., Flasse S. An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savanna // International Journal of Remote Sensing. – 2001. – 22.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАРКОВЫХ ЗОН Г.  
РОСТОВА-НА-ДОНУ**

Карпова Я. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону  
научный руководитель к. г.н., доцент Овсепян А. Э.  
ykarпова@sfedu.ru

**ASSESSMENT OF THE STATE OF WOODY VEGETATION OF PARK ZONES OF  
ROSTOV-ON-DON**

Karpova Ya.V.

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don  
Research advisor Ovsepyan A.E.

**Аннотация.** Зеленые насаждения имеют очень важное значение в городах. Среди многих проблем особое место занимает деградация и гибель лесов под воздействием промышленного загрязнения окружающей среды. Важен постоянный контроль состояния городских лесов, так как они улучшают микроклимат городской территории, предохраняют от чрезмерного перегревания почву, стены зданий и тротуары и создают хорошие условия для отдыха. Это может быть достигнуто при сохранении естественных зеленых массивов.

**Ключевые слова:** зеленые насаждения, парковая зона, патоморфологические отклонения, видовой состав, рекреационная оценка.

**Abstract.** Green spaces are very important in cities. Among the many problems, forest degradation and destruction due to industrial pollution are of particular importance. It is important to constantly monitor the condition of urban forests, as they improve the microclimate of the urban area, protect the soil, walls of buildings and sidewalks from excessive overheating and create good conditions for recreation. This can be achieved by preserving natural green areas.

**Key words:** green spaces, park zone, pathomorphological deviations, species composition, recreational assessment.

Целью настоящей работы явилась оценка состояния древесной растительности парковых зон г. Ростова-на-Дону на примере нескольких парков. Были поставлены следующие задачи: определить объекты исследования; изучить древесные насаждения парковых зон разных районов города; провести оценку патоморфологических отклонений органов растений для каждой площадки и парка в целом; провести анализ восприятия населением компонентов исследуемого пейзажа.

Городские леса являются важными элементами окружающей природной среды, своими площадями и разнообразием формируют основу пригородных ландшафтов. Особенно значительна климатулучшающая, почвозащитная и водоохранная роль древесных насаждений города. Древесная растительность также оказывает существенное влияние на ветровой и температурный режимы воздуха. Средообразующее и средорегулирующее значение городских лесов определяется их способностью поглощать углекислый газ и выделять кислород.

Социальное значение городских лесов определяется их рекреационным потенциалом. Под рекреационной деятельностью следует понимать занятия людей в свободное от работы время: отдых в лесах, лесопарках, садах и парках способствует снятию нервных напряжений, восстановлению физических и духовных сил человека, что, в конечном счете, повышает производительность физического и умственного труда (1).

Для исследования было выбрано 3 парка, которые расположены в Советском, Ленинском и Пролетарском районах.

В каждом парке выделялось по 3 площадки размером 10×10 м. Все они имели разное расположение – относительно дорог, жилых массивов, фоновые участки. Для каждого контрольного участка выполнялось следующее:

- характеристика насаждений по пунктам: видовой состав древостоя, основная порода, сомкнутость крон, средняя высота, возраст насаждения, характер размещения деревьев, средний диаметр основных пород, форма насаждений, условия произрастания, наличие подроста (подлеска), напочвенный покров, класс устойчивости насаждения, оценка проходимости участка, просматриваемость, рекреационная оценка, уровень антропогенного воздействия;

- диагностика древостоя и оценка патоморфологических отклонений органов растений;

- для лиственных пород деревьев производился отбор листьев одинаковых пород (для каждой породы – не менее 10 образцов листьев), определялось их состояние;

- оценка впечатления, производимого природными компонентами пейзажа. Для этого проводился опрос отдыхающих/местного населения (анонимно) разного возраста – не менее 10 человек (группы – до 17, 18-35, 36-50, старше 50).

Первый объект – Дортмундский сквер, расположенный в Советском районе города Ростова-на-Дону, основан в 1983 году и имеет территорию площадью 2 гектара.

Второй объект – центральный городской парк им. А. М. Горького расположен в Ленинском районе. Парк основан в 1813 году и является старейшим парком Ростова-на-Дону. Занимает площадь 11 гектаров.

Третий объект – парк им. Октябрьской революции, расположен в Пролетарском районе, основан в 1926 году. Площадь парка составляет почти 17 гектаров.

В Дортмундском сквере основными видами древесных насаждений являются вяз малый и тополь черный. На всей территории парка хорошая проходимость и хорошая просматриваемость. Древостой имеет 2 класс устойчивости. На всех площадках отсутствует мусор. Стоит обратить внимание на напочвенный покров, который на некоторых участках очень скудный. Наименьшая частота патоморфологических отклонений органов растений встречается у тополя черного. Наибольшая частота – у вяза малого и клена полевого.

В парке имени А. М. Горького основными видами древостоя являются тополь черный и клен полевой. Здесь преобладает групповое размещение деревьев, которые имеют высоту около 15 м. Бедный подрост и подлесок, напочвенный покров практически отсутствует. 2 класс устойчивости насаждений. Наибольшая частота патоморфологических отклонений встречается у каштана конского обыкновенного (50% деревьев имеют пятнистость листьев). Наименьшая частота – у ясеня обыкновенного.

В парке им. Октябрьской революции основными видами древесных насаждений являются тополь черный и клен полевой. Главным образом преобладает хорошая проходимость и средняя просматриваемость. Древостой имеет 2 класс устойчивости. На всех площадках отсутствует мусор. Хороший подрост и подлесок. Наименьшая частота патоморфо-

логических отклонений органов растений встречается у тополя черного и ясеня обыкновенного, наибольшая частота – у вяза малого.

Водные природные компоненты во всех парках отсутствуют.

Далее была проведена оценка впечатления, производимого природными компонентами пейзажа путем опроса населения, отдыхающего в парках.

Таким образом, в Дортмундском сквере эколого-эстетические свойства пейзажа в целом – 5 баллов, эмоциональная реакция на пейзаж – 4 балла.

В парке имени А. М. Горького эколого-эстетические свойства пейзажа – 5 баллов, эмоциональная реакция на пейзаж – 6 баллов.

Почти все опрошенные высоко оценили природные компоненты парка им. Октябрьской революции. Эколого-эстетические свойства пейзажа здесь – 6 баллов, эмоциональная реакция на пейзаж – 7 баллов.

### **Выводы**

Исследование парковых древесных насаждений производилось в разных районах города, на примере растительности Дортмундского сквера, парк им. А. М. Горького, парка им. Октябрьской революции выявлено следующее:

- Основные породы (доминирующие), которые присутствуют во всех парках: тополь черный, вяз малый, клен полевой. Также в видовой состав входят: робиния ложноакациевая, орех грецкий, ясень обыкновенный, каштан конский обыкновенный. По классу устойчивости насаждений все парки относятся ко 2 (насаждения с замедленным ростом и рыхлым строением кроны. У некоторых деревьев бледно-зеленая окраска хвои и листвы. Подрост неблагонадежный или отсутствует. Подлесок и напочвенный покров вытоптаны в значительной степени. Здоровых деревьев в хвойных насаждениях от 51% до 90%, в лиственных – 31-70%).

- Анализ патоморфологических отклонений органов растений помог установить: самая устойчивая порода – тополь черный (наименьшее число патоморфологических отклонений), а наименее устойчивые – робиния ложноакациевая, клен полевой и вяз малый.

- Рекреационная оценка парков показала следующее: высокую оценку имеет парк им. Октябрьской революции; выше среднего – парк им. А. М. Горького; средняя – Дортмундский сквер.

- В целом жители города Ростова-на-Дону недостаточно обеспечены зелеными насаждениями (28% от нормы), что связано с сокращением площади объектов озеленения и увеличением отпада вновь высаживаемых растений.

### **Список литературы**

1. Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.

**ФАУНА ГУСЕЙ (ANSERINAE), ЛЕБЕДЕЙ (CYGNINAE) И ПЕГАНОК  
(TADORININAE) ОМСКОЙ ОБЛ.**

Б. Ю. Кассал

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»,

Омск, Россия;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**FAUNA OF GEESE (ANSERINAE), SWANS  
(CYGNINAE) AND PEGANS (TADORININAE) OF OMSK REGION**

**B. Yu. Kassal**

Omsk State University by F. M. Dostoevsky,

Omsk, Russia;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**Аннотация.** На территории Омской обл. обитают семь видов Гусей Anserinae, три вида Лебедей Cygninae, два вида Пеганок Tadorninae, из которых гнездятся четыре вида; залетными и пролетными являются еще восемь видов. Наиболее многочисленными являются гусь серый и гусь белолобый. Четыре вида отнесены к охотничьим ресурсам; восемь видов (67% общего количества видов) подлежат охране и занесены в Красную книгу Омской обл..

**Ключевые слова:** гуси, лебеди и пеганки, охотничий ресурс, охраняемые виды, Омская область.

**Abstract.** In the Omsk region there are seven species of the Geese Anserinae, three species of the Cygninae Swans, two species of the Pegans Tadorninae, of which four species nest; eight more species are flying and flying. The most numerous are the gray goose and the white-fronted goose. Four species are classified as hunting resources; eight species (67% of the total number of species) are subject to protection and are listed in the Red Book of the Omsk Region.

**Keywords:** geese, swans and pegans, hunting resource, protected species, Omsk region.

На территории Омской обл. зарегистрировано 344 вида дикоживущих птиц [1, 22, 23], из которых гнездится 68%, залетает (в т. ч. зимует) 23%, встречается на пролете 9% [6]. До настоящего времени оценки фауны гусей, лебедей и пеганок на территории Омской обл. разрозненны и неполны.

**Цель работы:** оценка фауны гусей, лебедей и пеганок на территории Омской обл..

**Материалы и методы.** Суммарная площадь охвата территории непосредственно авторскими полевыми наблюдениями составила 24,3 тыс. км<sup>2</sup> (17,2% площади Омской обл.) за период 42 года (1979-2020 гг.), дополненными библиографическими исследованиями за 140 лет (1881-2020 гг.). Учеты численности и размещения птиц на территории Омской обл. были проведены с середины марта до начала ноября. Видовое определение птиц выполнено по Л. С. Степаняну [24].

**Место проведения работы.** Территория Омской обл. (S=141,14 тыс. км<sup>2</sup>) находится в центре Западно-Сибирской равнины, располагаясь в подзонах южной тайги и подтайги, в лесостепи и северной степи [2], прорезаемой с юго-востока на северо-запад руслом р. Иртыш.

**Основные результаты и обсуждение.** В составе авифауны Омской обл. из отряда Гусеобразные Anseriformes обитают гуси, лебеди и пеганки 12 видов [5, 25], перелетные, пролетные и залетные. Из них семь видов относятся к подсемейству Гуси Anserinae, три вида – к подсемейству Лебеди Cygninae, два. вида – к подсемейству Пеганки Tadorninae. Еще одна форма (гусь серый домашний *Anser anser f. domesticus*) содержится в домашних хозяйствах Омской обл..

Гуси четырех видов, в соответствии с Постановлением Законодательного собрания Омской обл. от 23.09.2010 г., отнесены к охотничьим ресурсам. Среди них аборигенным для Омской обл. является лишь гусь серый *Anser anser*, который гнездится на ее территории. Значительную долю фауны гусей, лебедей и пеганок Омской обл. составляют пролетные и залетные, всего 8 видов (67% общего количества видов): гуменник *Anser fabalis* (в т. ч. подвида сибирский таежный *A.f.middendorffii* и короткоклювый *A.f.brachyrhynchus*); гусь белолобый *Anser albifrons*; пискулька *Anser erythropus*; казарка белошекая *Branta leucopsis*; казарка краснозобая *Rufibrenta ruficollis*; казарка черная *Branta bernicla*; лебедь малый, тундряной *Cygnus bewickii*; огарь *Tadorna ferruginea*. Межсезонные перемещения у пролетных видов через территорию Омской обл. происходят преимущественно вдоль русла р. Иртыш, следуя его меандрам, с дневными остановками для отдыха и кормежки [9, 21].

Наиболее многочисленными на территории Омской обл. являются гусь серый *Anser anser* и гусь белолобый *Anser albifrons*, по среднемноголетним данным составляющие до 68% запасов гусей всех видов перед началом осенней охоты на водоплавающую дичь [6, 11].

Восемь видов (67% общего количества видов) считаются редкими, подлежащими охране, и для этого занесены в Красную книгу Омской обл. [22, 23] с различным статусом. Это пискулька *Anser erythropus*; казарка черная *Branta bernicla*; казарка краснозобая *Rufibrenta ruficollis*; лебедь кликун *Cygnus cygnus*; лебедь шипун *Cygnus olor*; лебедь малый, тундряной *Cygnus bewickii*; огарь *Tadorna ferruginea*; пеганка *Tadorna tadorna* [3-4, 7-8, 10, 12-18]. Но их охрана ограничена только запретом на них охоты, что контролируется крайне недостаточно, в результате чего информация в базу данных Красной книги Омской обл. поступает преимущественно о фактах добычи особей этих видов. Незаконной добыче способствует безответственность и биологическая безграмотность большинства омских охотников, не опознающих гусей этих видов в процессе охоты или игнорирующих запрет на их добычу в условиях крайне слабого контроля за этим процессом. Иных мер охраны за последние годы никогда не предпринималось. Отдельные местообитания гусей этих видов в Омской обл. представлены разрозненными локальными охраняемыми природными территориями, включая водно-болотные угодья с ограниченным режимом охоты в них, что не соответствует системному понятию Особо охраняемых территорий для обл. в целом.

Недостаточно полная изученность экологических особенностей пребывания гусей, лебедей и пеганок на территории Омской обл. не позволила включить малочисленные пролетные и залетные виды в Красную книгу Омской обл. [23], чтобы вывести их из-под прес-

са охоты на путях межсезонных миграций. Вместе с тем, ряд малочисленных в масштабах России гусей – мигрантов, летящих вдоль р. Иртыш в процессе межсезонных перемещений из гнездовых биотопов в тундре, лесотундре и северной тайге в места зимовок, требуют более детального изучения в условиях глобального изменения климата, не дожидаясь критического сокращения численности в процессе промышленного освоения арктических просторов страны.

### Выводы

1. На территории Омской обл. обитают семь видов Гусей Anserinae, три вида Лебедей Cygninae, два вида Пеганок Tadorninae.
2. Гнездятся на территории Омской обл. четыре вида гусей, лебедей и пеганок; залетными и пролетными являются еще восемь видов. Наиболее многочисленными являются гусь серый и гусь белолобый.
3. Четыре вида гусей отнесены к охотничьим ресурсам; восемь видов гусей, лебедей и пеганок (67% общего количества видов) подлежат охране и занесены в Красную книгу Омской обл..

### Список литературы

1. Гынгазов А. М., Миловидов С. П. Орнитофауна Западно-Сибирской равнины. Томск: ТГУ, 1977. С. 156-157.
2. Зайков Г. И. Ботанико-географическое районирование, классификация и типология лесов с участием ели сибирской Омской обл. // Природное районирование Омского Прииртышья. Омск: ОмГПУ, 1977. С. 73-82.
3. Кассал Б. Ю. Лебедь малый // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл., ОмГПУ. Ответственные редакторы Г. Н. Сидоров, В. Н. Русаков. Омск: ОмГПУ, 2005. С.89-90.
4. Кассал Б. Ю. Пискулька // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл., ОмГПУ. Ответственные редакторы Г. Н. Сидоров, В. Н. Русаков. Омск: ОмГПУ, 2005. С.90-91.
5. Кассал Б. Ю. Животные Омской обл.: биологическое многообразие. Монография. Омск: АМФОРА, 2010. С. 387-388, 390-392.
6. Кассал Б. Ю. Орнитофауна Омской обл. и ее природоохранный статус // Омский научный вестник. Серия «Ресурсы Земли. Человек». 2014. № 2 (134). С. 207-212.
7. Кассал Б. Ю. Казарка черная *Branta bernicla* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; ответ. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 172-173.
8. Кассал Б. Ю. Пеганка *Tadorna tadorna* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; ответ. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 183-185.
9. Кассал Б. Ю. Ведение авифаунистического раздела Красной книги Омской обл. // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии: Мат. VI Международ. орнитолог. конф. / Отв. ред. В. В. Попов. Иркутск: ИНЦХТ, 2018. С. 100-104.
10. Кассал Б. Ю. Особенности распределения птиц в русле реки Иртыш на территории Омской обл. // Вестник СурГУ. Биологические науки. 2018. Вып. 4(22). С. 5-12.

11. Кассал Б. Ю. Охотничья авифауна Омской обл. // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии: Мат. VI Международ. орнитолог. конф. / Отв. ред. В. В. Попов. Иркутск: ИНЦХТ, 2018. С. 104-108.
12. Кассал Б. Ю., Нефедов А. А. Огарь // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл., ОмГПУ. Отв. ред. Г. Н. Сидоров, В. Н. Русаков. Омск: ОмГПУ, 2005. С.93-94.
13. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Казарка краснозобая *Rufibrenta ruficollis* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе издание, переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 173-174.
14. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Лебедь кликун *Cygnus Cygnus* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 178-180.
15. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Лебедь малый, тундряной *Cygnus bewickii* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 180-181.
16. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Лебедь шипун *Cygnus olor* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 176-178.
17. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Огарь *Tadorna ferruginea* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 181-183.
18. Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Пискулька *Anser erythropus* // Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. С. 175-176.
19. Кассал Д. Б., Кассал Б. Ю. Экспедиция «Иртыш – река жизни»: итоги изучения авифауны // Историко-политические аспекты экологического движения по Сибирскому региону: мат. Обл. науч.-практ. конф. (29 сентября 2017 г., Тара). Омск: Амфора, 2017. С. 47-54.
20. Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл., ОмГПУ. Отв. ред.: Г. Н. Сидоров, В. Н. Русаков. Омск: ОмГПУ, 2005. 460 с.
21. Красная книга Омской обл. / Правит. Омской обл.; отв. ред.: Г. Н. Сидоров, Н. В. Пликина. Второе изд., переработ. и дополн.. Омск: ОмГПУ, 2015. 636 с.
22. Морозов А. А. Список птиц Акмолинской обл. и прилегающих местностей Тобольской и Томской губерний // Записки Зап.-Сиб. РГО. Кн. 24. Омск, 1898. С. 1-20.
23. Словцов И. Я. Путевые записки, веденные во время поездки в Кокчетавский уезд Акмолинской обл. в 1878 г. // Записки Зап.-Сиб. РГО. Кн. 3. Омск, 1881. С. 1-152.
24. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической обл.) / Отв. ред. Д. С. Павлов. М.: ИКЦ Академкнига, 2003. С. 286-289.
25. Энциклопедия Омской обл.: в двух томах. Т. 1: А-М / Под общ. ред. В. Н. Русакова. Омск: Омское кн. изд-во, 2010. С. 186, 291, 547.



**ВОЛК, КАК РЕГУЛЯТОР ЧИСЛЕННОСТИ ХИЩНЫХ ЗВЕРЕЙ В  
ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Б. Ю. Кассал

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»,

Омск, Россия;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**WOLF AS A REGULATOR OF NUMBERS PREDATORY ANIMALS IN THE  
OMSK REGION**

B. Yu. Kassal

Omsk State University by F. M. Dostoevsky,

Omsk, Russia;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**Аннотация.** В Омской области волк является сверххищником, осуществляя регуляцию численности домашней собаки-парии, рыси, колонка, ласки, целенаправленно их отыскивая и уничтожая или изгоняя с занимаемой территории; поступающим аналогично относительно енотовидной собаки, корсака, соболя, барсука, бурого медведя, но без их целенаправленного преследования. Используемые для анализа отношений путем сопряжения численностей зверей методы регрессионного и парного корреляционного анализа выявляют степень влияния каждого из регрессоров на выходные зависимые переменные.

**Ключевые слова:** волк, хищные звери, численность, Омская область, регрессионный и парный корреляционный анализ.

**Abstract.** In the Omsk region, the wolf is an apex predator, regulating the number of the domestic pariah dog, lynx, column, weasel, purposefully looking for them and destroying or expelling them from the occupied territory; doing the same with respect to the raccoon dog, corsac, sable, badger, brown bear, but without their purposeful pursuit. The methods of regression and pairwise correlation analysis used to analyze relationships by pairing animal numbers reveal the degree of influence of each of the regressors on the output dependent variables.

**Keywords:** wolf, predatory animals, abundance, Omsk region, regression and pair correlation analysis.

Волк в Омской области является сверххищником [7], но его отношения с другими хищными зверями изучены недостаточно [13-15]. Часто используемой и наиболее изученной в эконометрике для оценок свойства параметров является линейная регрессия, предполагающая установление линейной зависимости между множеством линейных комбинаций входных независимых – регрессоров и одной выходной зависимой переменных [2, 12]. Однако статистико-математического анализа сопряженной численности волка и других хищников в Омской области не проводилось.

**Цель** исследования: оценка особенностей влияния численности волка на сопряженную численность других хищников в Омской области.

**Материалы и методы.** Работа охватывает полевыми наблюдениями период в 36 лет (1984-2020 гг.). Исходные материалы получены в ходе инициативных обследований и комплексных экологических экспедиций ОРО ВОО «Русское географическое общество». Численность зверей до 1995 г. оценена по материалам зимних учетов численности [11]. Численность домашних собак бесхозных и полувольного содержания, «бродячих» (парий) *Canis lupus familiaris f. parajan* установлена методами анкетирования и экстраполяции показателей на модельных площадках [8-9]. Часть полученных нами фактических данных была опубликована ранее [4-6], но их анализ носил фрагментарный характер.

Видовое определение зверей выполнено по Н. П. Наумову и Н. Н. Карташёву [10]. Статистические оценки выполнены с использованием корреляционно-регрессионного анализа [2, 12] репрезентативных показателей ( $p < 0.05$ ). Сопряжённые фазные изменения многолетней численности при отрицательной корреляции оценены как свидетельство наличия антагонистических отношений видов, когда один организм ограничивает возможности другого; при положительной корреляции – как отношений, когда оба партнёра или только один извлекает ту или иную пользу из другого [1]. На основании отрицательных показателей линейной регрессии установлена принадлежность к основным, положительным – к дополнительным кормовым объектам; в сопоставлении с отрицательными показателями парного корреляционного анализа – использование в определенных обстоятельствах (во времени и пространстве) дополнительного кормового объекта в качестве одного из основных. Установление таких связей было апробировано ранее на ряде зоологических объектов [16-19]. Под хищничающими зверями понимаются организмы, которые питаются другими организмами, уничтожая свою жертву [1]. Было принято условие: если показатели значения зверей в качестве жертв превышают показатели значения хищничества волка для других видов, то имеется тенденция к увеличению воздействия волка на жертвы; если показатели значения хищничества волка превышают показатели значения других видов в качестве жертв, то имеется тенденция к сокращению воздействия волка на жертвы.

**Место проведения работы.** Территория Омской обл. ( $S=141,14$  тыс. км<sup>2</sup>) находится в центре Западно-Сибирской равнины, располагаясь в подзонах южной тайги и подтайги лесной зоны, в лесостепи и в северной степи [4].

**Основные результаты и обсуждение.** На территории Омской области обитает 16 видов хищных зверей. Это лесная куница *Martes martes*, соболь *M. zibellina*, колонок *Mustela sibirica*, светлый хорь *M. eversmanni*, горноста́й *M. erminea*, ласка *M. nivalis*, американская норка *Neovison vison*, росомаха *Gulo gulo*, барсук *Meles melles*, рысь *Lynx lynx*, волк *Canis lupus*, домашняя собака-пария *C.l.familiaris f.parajan*, лисица *Vulpes vulpes*, корсак *V. corsac*, енотовидная собака *Nycterutes procyonodes*, бурый медведь *Ursus arctos* (табл. 1). Статистическая модель влияния сопряженной численности волка на численность других хищных зверей показывает неоднозначность полученных результатов (табл. 2).

Таблица 1

## Зоогеографические показатели хищных зверей в Омской области, 1984-2020 гг.

Вид животного	Среднегодовалая численность, тыс. особей,	Занимаемая территория		Плотность населения, особей/10 км <sup>2</sup>
		- размер, тыс. км <sup>2</sup>	- доля территории, %	
Волк	0,206	80,87	57,3	0,03
Собака-пария	0,187	129,57	91,8	0,01
Лисица	8,408	141,14	100,0	0,60
Корсак	1,028	52,50	37,2	0,20
Енотовидная собака	0,939	128,58	81,1	0,07
Рысь	0,111	66,90	47,4	0,02
Лесная куница	1,937	41,56	29,5	0,47
Соболь	3,863	26,11	18,5	1,48
Колонок	4,084	141,14	100,0	0,29
Американская норка	1,227	115,03	81,5	0,11
Светлый хорь	2,232	141,14	100,0	0,16
Горностай	6,080	114,72	81,4	0,53
Ласка	3,001	141,14	100,0	0,21
Росомаха	0,057	38,01	26,9	0,02
Барсук	3,272	100,77	71,4	0,32
Бурый медведь	0,547	52,410	37,1	0,10

Таблица 2

**Статистическая модель влияния численности волка на сопряженную численность других хищных зверей в Омской области, 1984-2020 гг.**

Вид животного	Показатели анализа для численности волка ( $Y_v$ , при $Y_{\text{пересечение}}=3,61$ )		Оценка	Итого баллов	Отношение числителя оценки к знаменателю	Сумма баллов
	- регрессионного ( $X_i=$ )	- парного корреляционного ( $r=$ )				
Лесная куница	0,05	-0,24	Д/О	1/3	<	4
Лисица	0,10	-0,15	Д/О	1/3	<	4
Американская норка	0,15	0,39	Д/Д	1/1	=	2
Горностай	0,02	0,27	Д/Д	1/1	=	2
Росомаха	0,83	0,29	Д/Д	1/1	=	2
Светлый хорь	0,06	0,21	Д/Д	1/1	=	2
Барсук	-0,06	-0,19	О/О	3/3	=	6
Бурый медведь	-0,08	-0,33	О/О	3/3	=	6
Енотовидная собака	-0,05	-0,49	О/О	3/3	=	6

Корсак	-0,24	-0,30	О/О	3/3	=	6
Соболь	-0,06	-0,23	О/О	3/3	=	6
Рысь	1,41	0,63	Д/Д	1/1	>	1
Колонка	-0,09	0,26	Д/О	3/1	>	4
Ласка	-1,13	0,02	Д/О	3/1	>	4
Собака-пария	-1,95	0,07	Д/О	3/1	>	4

Прим.: О – сильновыраженный антагонизм (3 балла); Д – слабовыраженный антагонизм (1 балл). В числителе – значение антагонизма хищных зверей для волка; в знаменателе – значение антагонизма волка для других хищных зверей.

В Омской области доминирующее значение, как объект хищничества волка, принадлежит енотовидной собаке, корсаку, барсуку, соболу, бурому медведю. Субдоминирующее значение принадлежит лисице, домашней собаке-парии, лесной кунице, колонку, ласке. Остальные хищные звери (светлый хорь, горноста́й, американская норка, росомаха, рысь) являются случайными жертвами.

При этом, для домашней собаки-парии и рыси, а также колонка и ласки, показатели значения в качестве жертвы превышают показатели значения хищничества волка, что свидетельствует о целенаправленном отыскании и изгнании (домашней собаки-парии и рыси, с умерщвлением и поеданием?) или добывании (колонка и ласки) хищных зверей, что требует дополнительных усилий со стороны хищничающего волка. Причем с рысью конфликты волка относительно редки. Для лисицы и лесной куницы показатели значения хищничества волка превышают показатели значения этих зверей в качестве жертв, что свидетельствует о нецеленаправленном их отыскании, без дополнительных усилий со стороны волка, при случае встречи с ними. Для остальных хищных зверей (енотовидная собака, корсак, светлый хорь, горноста́й, соболь, американская норка, росомаха, барсук, бурый медведь) показатели значения хищничества волка равны показателям значения этих зверей в качестве жертв. Поэтому утверждать о роли волка, как целенаправленного регулятора численности хищных зверей в Омской области, можно лишь относительно домашней собаки-парии и рыси, а также колонка и ласки. Относительно енотовидной собаки, корсака, соболя, барсука, бурого медведя регулирующая роль волка выражена, но осуществляется нецеленаправленно, без специального отыскания своих жертв.

### Выводы

1. На территории Омской области волк является сверххищником, осуществляя регуляцию численности домашней собаки-парии и рыси, колонка и ласки, целенаправленно их отыскивая и уничтожая или изгоняя с занимаемой территории; поступающим аналогично относительно енотовидной собаки, корсака, соболя, барсука, бурого медведя, но без целенаправленного их отыскания.

2. Используемые для моделирования и анализа отношений путем сопряжения численности волка и численности хищных зверей других видов методы регрессионного и парного корреляционного анализа позволяют выявить степень влияния каждого из регрессоров на выходные зависимые переменные, целенаправленность и дополнительные усилия волка в регулировании численности хищных зверей других видов.

## Список литературы

1. Быков Б. А. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука, 1988. 212 с.
2. Демиденко Е. З. Линейная и нелинейная регрессия. М.: Финансы и статистика, 1981. 302 с.
3. Зайков Г. И. Ботанико-географическое районирование, классификация и типология лесов с участием ели сибирской Омской области // Природное районирование Омского Прииртышья. Омск: ОмГПУ, 1977. С. 73-82.
4. Кассал Б. Ю. Волк // Энциклопедия Омской области: в 2-х т. Т. 1: А-М / Под общ. ред. В. Н. Русакова. Омск: Омское кн. изд-во, 2010. С.210.
5. Кассал Б. Ю. Животные Омской области: биологическое многообразие. Монография. Омск: АМФОРА, 2010. 574 С.
6. Кассал Б. Ю. Взаимодействие популяций волка и лося на территории Среднего Прииртышья // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России. Мат. 7-й Международ. науч.-практ. конф. М., 2017. С. 137-140.
7. Кассал Б. Ю. Видовое многообразие и природоохранный статус позвоночных животных Омской области // VI Семеновские чтения: наследие П. П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука: мат. Международ. науч. конф. (19–20 мая 2017 г., Липецк). Липецк: ЛГПУ, 2017. С. 172-176.
8. Кассал Б. Ю., Макенов М. Т. Динамика популяций собак-парий С. Нижняя Омка в 2003-2004 гг. // Естественные науки и экология: Ежегодник. Вып. 10: Межвуз. сб. науч. тр. Омск: ОмГПУ, 2006. С. 141-144.
9. Макенов М. Т., Кассал Б. Ю. Собаки-парии г. Омска: статус и терминология // Естественные науки и экология: Ежегодник. Вып. 8: Межвуз. сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 2. Омск: ОмГПУ, 2004. С. 252-257.
10. Наумов Н. П., Карташев Н. Н. Зоология позвоночных. Ч. 2. Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие. М.: Высшая школа, 1979. 272 с.
11. Разработка схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Омской области. Отчет о науч.-исслед. работе в 3 т. / Сост. С. Т. Кирюхин, Г. Н. Сидоров, В. С. Крючков, Н. Д. Красношарпа, Е. Г. Федоров // Новосибирск: Зап.-Сиб. филиал ВНИИОЗ, 2012. Т. 2. 492 с. (рукопись).
12. Себер Д. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980. 456 с.
13. Сидоров Г. Н., Кассал Б. Ю., Мишкин Б. И., Фролов К. В. Хищные звери Омской области (Териофауна Омской области. Хищные): Монография / СО РАСХН, ОРО РГО. Омск: ООО «Издатель-полиграфист», 2007. 418 с.
14. Сидоров Г. Н., Кассал Б. Ю., Фролов К. В. Териофауна Омской области. Хищные: Монография / СО РАСХН, ОмГПУ, ОРО РГО. Омск: ОмГПУ, 2007. 428 с.
15. Сидоров Г. Н., Кассал Б. Ю., Фролов К. В., Гончарова О. В. Пушные звери Среднего Прииртышья: монография. Омск: Наука, ПЦ КАН, 2009. 808 с.
16. Kassal B.Yu. Extinction of forest reindeer in the Omsk region // Dynamics of the game animals populations in Northern Europe: Book of abstracts. The 7th International symposium. 24–28 September 2018, Petrozavodsk: KRC RAS, 2018. P. 158-159.
17. Kassal B.Yu. Invasion of the European Mink in Omsk Oblast // Russian Journal of Biological Invasions; Pleiades Publishing, Ltd., 2018. Vol. 9. № 2. P. 123-133.

18. Kassal B. Yu. *Mustela sibirica* in the Middle Irtysh Zone // Russian Journal of Biological Invasions; Pleiades Publishing, Ltd., 2013, Vol. 4, No. 4. P. 234-248.

19. Kassal B. Yu. Population relations between wild boar and large predators in middle Irtysh region // Dynamics of the game animals populations in Northern Europe: Book of abstracts. The 7th International symposium. 24–28 September 2018, Petrozavodsk: KRC RAS, 2018. P.161-162.

## ПОЗВОНОЧНЫЕ ГИДРОБИОНТЫ СРЕДНЕГО ИРТЫША

Б. Ю. Кассал

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им.

Ф. М. Достоевского»,

Россия;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

## VERTEBRATE HYDROBIONTS OF THE MIDDLE IRTYSH

B. Yu. Kassal

Omsk State University by F. M. Dostoevsky, Omsk, Russia;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**Аннотация.** Современная ихтиофауна Средне-Иртышского района в пределах Омской области состоит из двух видов Круглоротых и 35 видов Костных рыб. Увеличение видового разнообразия началось в середине XX в. вследствие акклиматизации рыб ряда видов и с развитием товарного разведения карпа, нельмы, стерляди и осетра, с расселением других видов-инвазиантов. Объемы промысловой добычи с 1996 г. восполняются в основном за счет карася серебряного амурского.

**Ключевые слова:** рыбы, круглоротые, видовое разнообразие, Средний Иртыш, Омская область.

**Abstract.** The modern ichthyofauna of the Sredne-Irtysh region within the limits of the Omsk region consists of two species of round-toothed fish and 35 species of bony fish. The increase in species diversity began in the middle of the 20th century. due to the acclimatization of fish of a number of species and with the development of commercial breeding of carp, nelma, sterlet and sturgeon, with the dispersal of other invasive species. Since 1996, the volume of commercial production has been replenished mainly due to the Amur carassius.

**Keywords:** fish, cyclostomes, species diversity, Middle Irtysh, Omsk region.

Сведения о современной фауне рыб на территории Омской области разрозненны, сравнительная оценка видового многообразия и промысловой добычи в полной мере не выполнялась [5].

**Цель работы:** оценка ихтиофауны Средне-Иртышского ихтиологического района в пределах Омской области. **Задачи:**

- 1) произвести ревизию видового состава ихтиофауны в Средне-Иртышском ихтиологическом районе;
- 2) выявить соотношение видов рыб и определить их участие в формировании ихтиофауны;
- 3) определить видовой состав промысловой добычи рыб.

**Материалы и методы.** Полевые исследования ихтиофауны проводились в 1981-2020 гг. Изучение рыб велось по общепринятым и авторским методикам [17-18].

**Место работы.** Средне-Иртышский ихтиологический район Западно-Сибирского региона располагается в зоне южной тайги, лесостепи и степи, почти целиком находясь в пределах административных границ Омской области. На территории ихтиологического района в пределах Омской области имеется около 16 тыс. озер, в т. ч. 245 соленых, с суммарной площадью 2,3 тыс. км<sup>2</sup>, свыше 500 рек и небольших речек общей протяженностью 3 тыс. км. Отношение площади озер к общей площади территории в области составляет 2%, имея значительные колебания по природным зонам. Стратификация района разработана относительно недавно [6].

**Основные результаты и обсуждение.** К настоящему времени на территории Омской области достоверно установлено обитание 2 видов Круглоротых (минога сибирская ручьевая и минога тихоокеанская) и 35 видов Костных рыб, из которых 13 видов наиболее массовые, обычные представители аборигенной фауны (стерлядь, щука обыкн., плотва обыкн. сибирская, елец обыкн. сибирский, язь обыкн., голян обыкн., голян озерный, пескарь обыкн. сибирский, налим обыкн. сибирский, окунь обыкн., ерш обыкн., карась обыкн. [4, 7-8, 9, 11-12, 14-15]. Карась серебряный представлен двумя формами: *Carassius auratus gibelio f.diploides* Lieder, 1959 с нормальным оплодотворением (диплоидный, двуполоый, автохтонный в Западной Сибири) и *C.a.g. f.triploides* Cherfas, 1965 гиногенетический (триплоидный по ряду хромосом, однополый (гермафродитный по женскому типу), «амурский карась», интродуцент в Западной Сибири), на рубеже XX-XXI вв. вытеснившей автохтонную двуполоую форму из большинства водоемов Омской области [1-3].

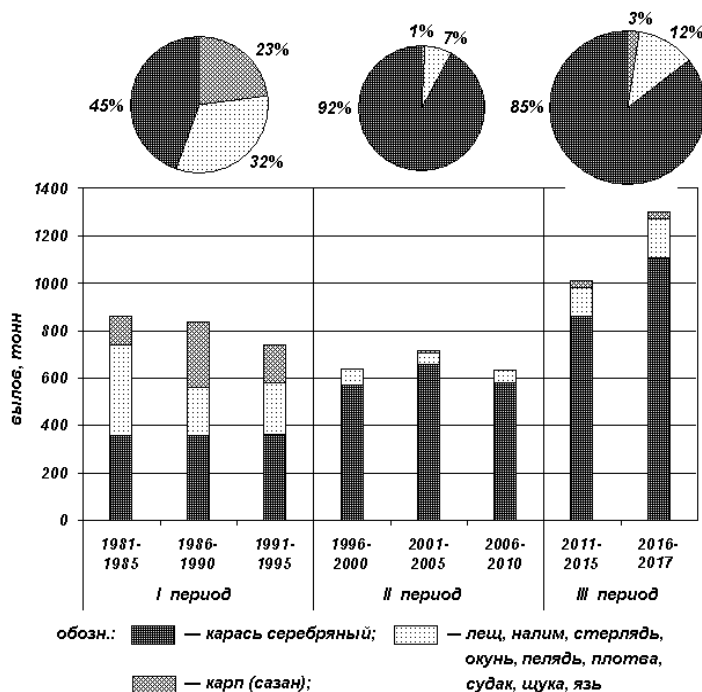
В ихтиофауне Омской области представлены девять инвазийных видов рыб (лещ, сазан/каarp, амур белый, толстолобик пестрый, толстолобик белый, судак обыкн., верховка обыкн., уклеика, ротан-головешка) [13]. Из них четыре вида существуют только в аквакультуре (амур белый, толстолобики пестрый и белый, пелядь), поддерживаемые повторными вселениями. Неоднократные попытки интродукции рипуса и ряпушки европейской неизменно заканчивались неудачей: ни в одном из водоемов Омской области этот вид не существовал в течение хотя бы одного годового цикла. Некоторые из лососевых рыб (ряпушка сибирская, муксун, пелядь, рипус, чир) эпизодически встречаются на северной границе Омской области, их молодь проникает в р. Иртыш из р. Обь, попадая в него из рыбопроизводных заводов и поднимаясь для нагула вверх по течению. Остальные инвазивные виды натурализовались с большей или меньшей успешностью, причем два вида (верховка обыкн. и ротан-головешка) – в последние 15 лет, и продолжают экспансию [10]. Два вида (линь и голян Чекановского) являются аборигенными, но редкими из-за ограниченности ареала на территории Омской области, их природоохранный статус нуждается в уточнении.

Два вида сокращаются в численности, – стерлядь и язь обыкн., – по причине тотального браконьерского вылова. Из числа редко встречающихся шесть видов занесены в Красную книгу Омской области, и с начала XXI в. встречаются лишь эпизодически, или вовсе не попадают в учеты: минога ручьевая сибирская, минога японская, осетр западносибирский, щиповка сибирская, бычок-подкаменщик сибирский, нельма [16]. Еще три вида – вьюн обыкновенный, пескарь обыкновенный сибирский, бычок-подкаменщик пестроногий – недостаточно изучены и являются объектами специального внимания [13].



В связи с изменениями гидрологических условий р. Иртыш на участках его среднего течения, традиционные нерестилища в ранее затапливаемой пойменной части р. Иртыш большей частью не функционируют. Поэтому уловы рыбы различных видов подвержены очень большим колебаниям по годам; наименьшие приходятся на начало 1990-х гг. Изменения размеров уловов по годам находятся в связи с полноводностью р. Иртыш в период нереста рыб и условиями затопления поймы на определенных участках, со сдвигом по времени на 2-5 лет для различных видов. Кроме того, акклиматизационные работы способствовали изменению видового состава гидробионтов. Заселение в р. Иртыш леща, карася серебряного амурского, спонтанное внедрение из Усть-Каменогорского и Бухтарминского водохранилищ судака обыкн. (первые особи были выловлены в р. Иртыш в 1962 г.), которые обладают быстрым ростом, обусловленным трофической пластичностью, вызвали изменение видовой и количественной представленности промысловых и любительских уловов. Рыбы этих видов начинают теснить доминировавшие ранее виды – язя обыкн. и окуня обыкн. Такие виды, как верховка обыкн. и голянь обыкн. для Омской области являются случайными инвазиантами; вместе с посадочным материалом для рыбопитомников они были завезены из аодоемов Урала и успешно выживают в водоемах озерно-речной системы Ик-Салтаим-Тенис и в р. Иртыш. Окультуренная форма вида сазан/каarp (культивируемые породы: гибридный, сарбоянский, зеркальный, голый) уже с середины XX в. была интродуцирована намеренно и хорошо прижилась, получив широкое распространение в р. Иртыш и озерах Омской области, изменив в процессе внутривидовой гибридизации фенотипический облик дикого сазана.

Несмотря на изменение состава ихтиофауны, Средне-Иртышский ихтиологический район является важнейшим участком озерно-речного рыболовства (рис.).



**Рис. 1.** Динамика промыслового вылова рыб в Омской области, 1981-2017 гг. Пропорциональность относительных размеров циклограмм соответствует размерам среднегодовой добыче за периоды

При этом за 1981-2017 гг. можно выделить три периода, характеризующиеся различным среднегодовым соотношением видов в промысловом вылове. В первом из них (1981-1995 гг.) основной объем добычи приходился на карася серебряного (45%) и карпа (23%), культивируемого на рыбоводных заводах в термальной воде; остальное (32%) приходилось на совокупную добычу стерляди, плотвы обыкновенной, леща, язя обыкновенного, налима обыкновенного, щуки обыкновенной, пеляди, окуня обыкновенного и судака обыкновенного, вылавливаемых преимущественно в р. Иртыш. Во второй (1996-2010 гг.), при наименьших среднегодовых объемах добычи, основной объем приходился на карася серебряного (92%), вылавливаемого преимущественно в Больших Крутинских озерах (Ик, Салтаим, Тенис), при почти полном отсутствии карпа/сазана (1%) и незначительной доле рыб других видов (7%). В третий (2011-2017 гг.), при наибольших среднегодовых объемах добычи, основной возросший объем приходился на карася серебряного гиногенетической формы (85%) из Больших Крутинских озер, при незначительном увеличении доли рыб других видов (12%) и карпа (3%). Следует отметить, что ряд видов рыб (стерлядь, щука обыкновенная, лещ, язь обыкновенный, карп/сазан, плотва обыкновенная, налим обыкновенный, окунь обыкновенный, судак обыкновенный), которые еще в конце XX в. на территории Омской области составляли значительную долю промыслового вылова, уже в начале XXI в. потеряли свое определяющее промысловое значение.

### Выводы

1. Современная ихтиофауна Средне-Иртышского района в пределах Омской области состоит из двух видов Круглоротых и 35 видов Костных рыб.
2. Увеличение видового разнообразия ихтиофауны в водоемах Средне-Иртышского ихтиологического района началось в середине XX в. и связано с акклиматизационными работами относительно леща, судака обыкновенного, карася серебряного амурского, пеляди озерной, и с развитием товарного рыбоводства за счет разведения карпа, нельмы, стерляди и осетра, с расселением которых в конце XX в. началось распространение верховки обыкновенной и ротанга-головешки.
3. Объемы промысловой добычи рыбы с 1996 г. восполняются в основном за счет карася серебряного амурского; другие виды не имеют определяющего промыслового значения.

### Список литературы

1. Кассал Б. Ю. Морфометрическая оценка карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) из озер Ик и Салтаим-Тенис // Труды зоологической комиссии ОРО РГО. Ежегодник: Вып.1: Межвуз. сб. науч. тр. в / Под ред. Б. Ю. Кассала. Омск, 2004. С.25-35.
2. Кассал Б. Ю. Формирование половой структуры популяции карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) в озерах Ик и Салтаим-Тенис // Труды зоологической комиссии ОРО РГО. Ежегодник: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып.1. Омск, 2004. С.36-42.
3. Кассал Б. Ю. Трофический и топический компоненты экологической ниши серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*) в Западной Сибири // Труды зоологической комиссии ОРО РГО. Ежегодник: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып.1. Омск, 2004. С.43-51.

4. Кассал Б. Ю. Гидробионты Средне-Иртышского района // Труды Зоологической Комиссии. Ежегодник: Сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып. 3. Омск: ООО «Издатель-Полиграфист», 2006. С. 30-42.
5. Кассал Б. Ю. Авторские ихтиологические исследования Среднего Прииртышья // Известия ОРО ВОО «Русское географическое общество». 135 лет Омского отделения РГО в 300-летней истории г. Омска. Вып. 12(21). Омск: «Амфора», 2012. С. 77-81.
6. Кассал Б. Ю. Стратификация Средне-Иртышского ихтиологического района // Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование: матер. науч.-практ. конф. (15–16 октября 2013 г.) / ПермГНИУ. Пермь, 2013. С. 37-41.
7. Кассал Б. Ю. Видовое многообразие рыб, амфибий и рептилий Омской области // Омский научный вестник. Серия «Ресурсы Земли. Человек». 2014. № 2 (134). С. 203-206.
8. Коновалова А. Г., Кассал Б. Ю. Золотой (*Carassius carassius*) и серебряный (*Carassius auratus gibelio*) караси оз. Кадал Омской области // Омская биологическая школа. Ежегодник. Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып. 2. Омск: ОмГПУ, 2005. С.55-62.
9. Корзун А. С., Кассал Б. Ю. Окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis*) в водоемах лесной зоны Среднего Прииртышья // Омская биологическая школа. Ежегодник. Межвуз. сб. науч. тр. в / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып.4. Омск: ОмГПУ, 2007. С. 55-63.
10. Корзун А. А., Кассал Б. Ю. Ротан-головешка (*Perccottus glehni*) – новый вид фауны Омской области // Омская биологическая школа. Ежегодник. Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып. 5. Омск: ОмГПУ, 2008. С. 29-37.
11. Корзун А. С., Кассал Б. Ю. Биотопическая емкость Больших Крутинских озер // Омская биологическая школа. Ежегодник: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып. 7. Омск: ОмГПУ, 2010. С. 31-38.
12. Корзун А. С., Кассал Б. Ю. Видовой состав и особенности ихтиофауны р. Оша, Омская область // Омская биологическая школа. Ежегодник. Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Б. Ю. Кассала. Вып. 7. Омск: ОмГПУ, 2010. С. 38-45.
13. Корзун А. С., Кассал Б. Ю. Распределение чужеродных видов рыб в водоемах Омской области // Российский журнал биологических инвазий: Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН; МАИК Наука / Интерпериодика, 2012. №4. С. 57-66.
14. Корзун А. С., Кассал Б. Ю., Ефимов С. И. Ихтиофауна реки Оши (Омская область) // Вестник Омского государственного университета. 2010. №4 (58). С. 129-133.
15. Корзун А. С., Морозова Е. А., Кассал Б. Ю. Сравнительная оценка золотого и серебряного карасей в замкнутых водоемах Омской области // Естественные науки и экология: Ежегодник. Вып.11: Межвуз. сб. науч. тр. Омск: ОмГПУ, 2007. С. 80-87.
16. Красная книга Омской области / Правительство Омской области; под ред. Г. Н. Сидорова, Н. В. Пликина. Второе издание, переработ. и дополн. Омск: ОмГПУ, 2015. 800 с.
17. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва, 1960. С.245.
18. Скакун О. Ф., Буцкая Н. А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск, 1968. С.47.

**РЕЧНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «ОМСК – САЛЕХАРД»:  
ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ АВИФАУНЫ**

Д. Б. Кассал<sup>1</sup>, Б. Ю. Кассал<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»

Омск, Россия;

e-mail: DKASSAL@LIST.RU

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»,

Омск, Россия;

e-mail: BY.Kassal@mail.ru

**RIVER EXPEDITION "OMSK – SALEKHARD":  
THE RESULTS OF THE STUDY OF AVIFAUNA**

D.B. Kassal<sup>1</sup>, B.Yu. Kassal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Omsk State Technical University,

Omsk, Russia;

E-mail: DKASSAL@LIST.RU

<sup>2</sup>F.M. Dostoevsky Omsk State University,

Omsk, Russia;

E-mail: BY.Kassal@mail.ru

**Аннотация.** В июле 2019 г. на маршруте Омск – Салехард (2378 км) в руслах рек Иртыш и Обь учтено 7952 особей птиц 73 видов. Наибольшая численность у чайковых (хохотунья, чайка сизая, чайка барабинская, халей, крачка речная и др.); врановых (ворона серая, ворон и др.), кулики (песочник sp., зуйки большой и малый, фифи и др.) и соколообразных (коршун черный, канюк обыкн. и др.). Выявлена тенденция к уменьшению общего количества особей всех видов птиц в направлении с юга на север, за исключением чайковых. Наибольшее количество особей выявлено в южной тайге и подтайге.

**Ключевые слова.** русла рек Иртыш и Обь, природно-климатические зоны, птицы, особенности распределения.

**Abstract.** In July 2019, 7952 birds of 73 species were recorded on the Omsk – Salekhard route (2378 km) in the beds of the Irtysh and Ob rivers. The greatest number in gulls (gull, gray gull, baraba gull, haley, river tern, etc.); corvids (gray crow, raven, etc.), waders (sandpiper sp., small and large plovers, fifi, etc.) and falconiformes (black kite, buzzard com., etc.). A tendency was revealed for a decrease in the total number of individuals of all bird species in the direction from south to north, with the exception of gulls; the largest number of individuals was found in the southern taiga and subtaiga.

**Keywords.** channels of the Irtysh and Ob rivers, climatic zones, birds, distribution features.

За почти трехсотлетнюю историю документально подтвержденных экологических исследований орнитологические наблюдения в руслах рек Иртыш и Обь на столько-нибудь значительных по протяженности фрагментах в среднем и нижнем течении были проведены

лишь относительно недавно. Первое из них состоялось в 1991 г. на маршруте Омск – Усть-Ишим – Омск [1], в ходе него нами были получены орнитологические данные, которые были опубликованы лишь частично [7]. Второе состоялось в 2017 г. на маршруте Омск – Тобольск, при этом также были получены результаты маршрутного учета птиц [5].

**Цель работы:** выявить особенности распределения птиц в русле рек Иртыш и Обь.

**Материалы работы** были получены в процессе экспедиционного исследования по маршруту Омск – Салехард в период 07-27.07.2019 на яхте «Жемчужина» класса «Бермудский кэч», место приписки г. Омск, яхт-клуб «Водник») на расстоянии 2378 км по фарватеру.

Птиц всех видов регистрировали в течение светлого времени суток (с 5 до 23 час.), независимо от погоды, учитывая всех особей, обнаруживаемых визуально и/или аудиально в воздухе, на реках и их берегах, в т. ч. на деревьях, включая облиственные вершины в пределах видимости. Использован полевой бинокль БПЦ 7x50 и фотоаппарат Canon-400D с объективом SIGMA APO DC 70-300 mm. За ширину трансекта принята ширина русла Иртыша, на исследуемой территории составляющая в среднем ~750 м, и русла Оби, на исследуемой территории составляющая в среднем ~1150 м. Под руслом понимается наиболее пониженная часть долины, выработанная потоком воды, по которой осуществляется перемещение основной части донных наносов и сток воды в междупаводочные периоды; фарватером является часть русла, достаточно глубокая и безопасная для прохода судов по реке [8]. Под встречаемостью понимается количественный показатель учета степени присутствия и распределения птиц в особях/км. Средние показатели рассчитаны на один объединенный км<sup>2</sup>. Систематическая принадлежность видов, их бинарная латинская и русская номенклатура приведены в соответствии с Международным кодексом зоологической номенклатуры (статьями 5, 28, 51) [9]. Названия видов даны по Л. С. Степаняну [11]. Для оценки взаимосвязи авифауны и природно-климатических зон принята последовательность, характеризующая степень облесенности территории: 3 – лесостепь (по руслу Иртыша от г. Омска до д. Усть-Тара); 4 – подтайга (лиственные и смешанные леса) (по руслу Иртыша от д. Усть-Тара до с. Знаменское); 5 – южная тайга (по руслу Иртыша от с. Знаменское до г. Тобольска); 6 – центральная тайга (по руслу Иртыша от г. Тобольска и по руслу Оби до г. Ханты-Мансийска); 7 – северная тайга (по руслу Оби от г. Ханты-Мансийска до с. Казым-Мыс); 8 – лесотундра (по руслу (Большой) Оби от с. Казым-Мыс до г. Салехарда).

**Место работы.** На широте г. Омска р. Иртыш течет в лесостепи, подтайге (лиственные и смешанные леса) и в тайге, до места слияния с р. Обь. На этом участке река течёт в широкой долине (до 20 км, близ устья до 35 км), с широкой (до 8 км) поймой. Грунты, слагающие русло, по преимуществу песчаные, местами глинистые. Русло всюду больше 500 м, местами достигает 1000 м, неустойчиво: то очень извилисто (коэф. извилистости 1,1-1,4), то разбивается на рукава; в нём много песчаных перекатов, местами образует большие излучины. Когда уровень воды в реке понижается, гряды выступают из неё в виде островов по всей ширине русла, отделённых от берегов протоками или рукавами. Почти повсеместно правый берег более высокий, чем левый [10]. Р. Обь сливается с р. Иртышом и течёт ~660 км до г. Салехарда в широкой асимметричной долине, местами сужаясь до 4–8 км. Общий уклон реки в среднем и нижнем течении составляет 0,03 и 0,02‰, соотв. Наибольшая амплитуда колебаний уровня отмечена у д. Белогорье ниже

устья Иртыша – до 12 м. Сток взвешенных наносов от г. Колпашево до устья составляет 16 млн. т/год. Грунты, слагающие русло, по преимуществу песчаные, в низовьях река протекает в зоне распространения многолетнемёрзлых пород. В районе с. Перегребное разделяется на Большую Обь и Малую Обь; через 460 км в 20 км южнее г. Салехарда рукава соединяются. Здесь долина сужается от 20 км до 6-8 км с углублением русла до 10-15 м – почти в два раза [10].

**Основные результаты.** Всего на маршруте Омск – Салехард в июле 2019 г. было учтено 7952 особей птиц 73 видов. Все они были объединены в основные систематические группы по принципу наибольшей встречаемости. Это соколообразные Falconiformes (беркут *Aquila chrysaetus*, змеяд европейский *Circaetus gallicus*, канюк обыкн. *Buteo buteo*, коршун черный *Milvus migrans*, лунь болотный *Circus aeruginosus*, лунь луговой *Circus pygargus*, лунь полевой *Circus cyaneus*, могильник *Aquila heliaca*, орлан белохвост *Haliaeetus albicilla*, подорлик большой *Aquila clanga*, скопа *Pandion haliaetus*, тетеревиатник *Accipiter gentilis*, балобан *Falco cherrug*, дербник *Falco columbarius*, кобчик *Falco vespertinus*, сапсан *Falco peregrinus*, чеглок *Falco subbuteo*); кулики Charadrii (галстучник *Charadrius hiaticula*, зук малый *Charadrius dibius*, камнешарка *Arenaria interpres*, кулик-сорока *Haematopus ostralegus*, кроншнеп средний *Numenius phaeopus*, перевозчик *Actitis hypoleucis*, песочник *Calidris sp.*, травник *Tringa totanus*, турухтан *Philomachus pugnax*, фифи *Tringa glareola*, черныш *Tringa ochropus*, чибис обыкн. *Vanellus vanellus*); чайковые Laridae (крачка речная *Sterna hirundo*, крачка светлокрылая *Chlidonias leucopterus*, крачка черная *Chlidonias niger*, чеграва *Sterna caspia*, халей *Larus fuscus heuglini*, хохотун черно-головой *Larus ichthyaeus*, чайка серебристая *Larus argentatus*, хохотунья *Larus cachinnans*, чайка барабинская *Larus barabensis*, чайка малая *Larus minutus*, чайка озерная *Larus ridibundus*, чайка сизая *Larus canus*, поморник короткохвостый *Stercorarius parasiticus*, бургомистр *Larus hyperboreus*); врановые Corvidae (сорока обыкн. *Pica pica*, галка обыкн. *Corvus monedula*, ворона серая *Corvus cornix*, ворон *Corvus corax*, сойка *Garrulus glandarius*); птицы других видов (кряква обыкн. *Anas platyrhynchos*, утка серая *Anas strepera*, чернеть хохлатая *Aythya fuligula*, коростель *Crex crex*, неясыть обыкн. *Strix aluco*, выпь большая *Botaurus stellaris*, цапля серая *Ardea cinerea*, голубь сизый синантропный *Columba livia*, вяхирь *Columba palumbus*, клинтух *Columba oenas*, кукушка обыкн. *Cuculus canorus*, ласточка деревенская *Hirundo rustica*, береговушка *Riparia riparia*, иволга обыкн. *Oriolus oriolus*, трясогузка белая *Motacilla alba*, трясогузка желтая *Motacilla flava*, трясогузка желтоголовая *Motacilla citreola*, другие воробьинообразные Passeriformes).

Среди них доминантными видами являются коршун черный, халей, чайка серебристая, чайка сизая, хохотунья, ворона серая; промежуточными – чайка барабинская, крачка речная, галка обыкн., зук малый; малочисленными и редкими – все остальные. Среди таксономических групп птиц наибольшей численностью характеризуются чайковые: 5174 особи на маршруте (65% от общего количества всех учтенных особей всех видов). На втором месте по численности находятся врановые – 1107 особей (13%), на третьем месте кулики – 617 особей (8%) и соколообразные – 615 особей (8%). Численность птиц в остальных группах видов составила 439 особей (суммарно 6% от общего количества всех учтенных особей всех видов).

Распределение птиц в июле по природно-климатическим зонам в русле рек характеризуется неоднородностью: наибольшее количество особей всех видов птиц выявлено в южной (25% всех особей) и в северной (43%) тайге. В подтайге (мелколиственных лесах) встречено значительно меньшее количество особей (14%); в других зонах – еще меньшее (3-8%). При этом удельная встречаемость особей характеризуется несколько иной закономерностью в распределении: наибольшая в северной тайге (6,27 особей/км) и в подтайге (5,81 особей/км), в других зонах – в разы меньше (1,72-2,64 особей/км). Тогда как наибольшей удельной встречаемостью видов характеризуется подтайга (0,16 видов/км), со значительно меньшим показателем в других зонах (0,03-0,09 видов /км).

В июле распределение соколообразных в руслах рек характеризуется наибольшими абсолютными и удельными показателями в подтайге (321 особей; 1,76 особей/км), с их уменьшением в направлении к северу; куликов – в подтайге (108 особей; 0,56 особей/км) и в южной тайге (315 особей; 0,37 особей/км), с уменьшением этих показателей к северу; чайковых – в северной тайге (3074 особей; 5,59 особей/км), с малым количеством в других природно-климатических зонах; в т. ч. крачек – с относительно равномерным распределением по всему маршруту; врановых – в подтайге (241 особей; 1,30 особей/км) и в южной тайге (691 особей; 0,79 особей/км), с уменьшением этих показателей к северу. Определенной закономерностью характеризуется распределение цапли серой, количественные показатели которой наибольшие в лесостепи (61 особей; 0,09 особей/км), с их резким уменьшением в направлении к северу, до центральной тайги. Для птиц других видов и таксономических групп закономерности в количественном распределении не выявлены.

В совокупности с результатами аналогичных учетов в русле рек Иртыш [3, 5, 7] и Обь полученные данные дополняют картину количественного и качественного распределения видов авифауны в теплый период года [4, 6], в т. ч. в процессе сезонных и межсезонных [2, 3] миграций.

### **Выводы**

1. В июле 2019 г. на маршруте (2378 км) в руслах рек Иртыш и Обь на участке Омск – Салехард было учтено 7952 особи птиц 73 видов.

2. В июле наибольшей численностью характеризуются чайковые; на втором месте по численности находятся врановые, на третьем – кулики и соколообразные. Самые многочисленные среди чайковых – хохотунья, чайка сизая, чайка барабинская, халей, крачка речная; среди соколообразных – коршун черный, канюк обыкновенный; среди куликов – песочник ср., зуйки большой и малый, фифи; среди врановых – ворона серая и ворон; из других видов многочисленной является цапля серая; другие представители таксономических групп не являются многочисленными.

3. В русле рек выявлена тенденция к уменьшению общего количества особей всех таксономических групп видов птиц в направлении с юга на север, за исключением чайковых; наибольшее количество особей всех видов птиц выявлено в зонах южной тайги и подтайги (лиственные и смешанные леса).

### **Список литературы**

1. Кассал Б. Ю. Полевые экологические исследования клуба натуралистов «Птичья Гавань» // Экологическое образование в школе: Респуб. науч.-практ. конф. Омск, 1993. С. 120-123.
2. Кассал Б. Ю. Весенняя миграция уток (Anseriformes, Anatidae) в Среднем Прииртышье // Ареалы, миграции и другие перемещения диких животных: мат. Международ. науч.-практ. конф. (г. Владивосток, 25–27 ноября 2014 г.) / под ред. А. П. Савельева, И. В. Серёдкина. Владивосток: ООО «Рея», 2014. С. 129-135.
3. Кассал Б. Ю. Птицы на северной границе ареала в Среднем Прииртышье // Вестник ИрГСХА им. А. А. Ежевского: науч.-практ. жур. Иркутск, 2017. Вып. 78 (февраль). С. 58-81.
4. Кассал Б. Ю. Расселение птиц при изменении увлажненности территории на северной границе ареалов // VI Семеновские чтения: наследие П. П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука: мат. Международ. науч. конф., (19–20 мая 2017 г., Липецк). Липецк: ЛГПУ, 2017. С. 222-225.
5. Кассал Б. Ю. Особенности распределения птиц в русле реки Иртыш на территории Омской области // Вестник СурГУ. Биологические науки, 2018. Вып. 4(22). С. 5-12.
6. Кассал Б. Ю. Фауна уток (Anatinae, Aythyae, Merginae, Oxyurinae) Омской области // Экологические чтения – 2020 [Электронный ресурс]: мат. XI Нац. науч. практ. конф. (с международ. участ.) (ОмГАУ, 5 июня 2020 г.). Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. 1 электрон. опт. диск (CD-R). С. 275-279.
7. Кассал Д. Б., Кассал Б. Ю. Экспедиция «Иртыш – река жизни»: итоги изучения авифауны // Историко-политические аспекты экологического движения по Сибирскому региону: мат. обл. науч.-практ. конф. (29 сентября 2017 г., Тара). Омск: Амфора, 2017. С. 47-54.
8. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Снищенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
9. Международный кодекс зоологической номенклатуры. Изд. IV = International Code of Zoological Nomenclature. Fourth Edition / Принят Международным союзом биологических наук.: Перевод с англ. и франц. И. М. Кержнера. М.: ТНИ КМК, 2004. 223 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь / Под ред. Г. Д. Эйрих. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 432 с.
11. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 808 с.



**ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РАСХОДОВ ВОДЫ В  
КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРАВЛИКО-  
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА**

Китаев А. Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь,  
E-mail: kitaevab1953@gmail.com

**ESTIMATION OF SPATIO-TEMPORAL CHANGES IN WATER FLOW IN THE KAMA  
RESERVOIR USING THE HYDRAULIC-MORPHOLOGICAL CALCULATION  
METHOD**

Kitaev A.B.

Perm State National Research University,  
Perm,  
E-mail: kitaevab1953@gmail.com

**Аннотация.** Произведена адаптация гидравлико-морфологического метода расчета расходов воды к условиям Камского водохранилища. Представлены пространственно-временные изменения расходов воды в характерные по водности годы. В качестве примера показаны результаты расчета и выявленные закономерности в многоводном 1979 и маловодном 1967 году. Расчет выполнен по густой сети гидрологических разрезов. Полученные результаты могут быть широко использованы при создании на берегах водоема любых хозяйственных объектов.

**Ключевые слова:** водохранилище, водный баланс, расход воды, морфология.

**Abstract.** The hydraulic-morphological method of calculating water consumption is adapted to the conditions of the Kama reservoir. Spatio-temporal changes in water consumption in typical water years are presented. As an example, the results of the calculation and the revealed regularities in the high-water year 1979 and low-water year 1967 are shown. The calculation is based on a dense network of hydrological sections. The results obtained can be widely used when creating any economic objects on the banks of a reservoir.

**Keywords:** reservoir, water balance, water flow, morphology.

В 1976 г. Г. А. Урлаповым [2] был разработан гидравлико-морфологический метод расчета расхода воды по длине водоемов. В его основе лежит учет основных составляющих водного баланса водохранилища и его морфологических особенностей. Данный метод позволяет определить расходы воды в любых створах водоема за различные интервалы времени (месяц, декада, неделя).

Метод Г. А. Урлапова уже прошел успешную адаптацию к условиям Воткинского водохранилища [1]. В настоящем исследовании дана адаптация данного метода к условиям сложного в морфометрическом отношении Камского водохранилища. При этом использована методика расчета расхода воды в многоприточных водохранилищах [2]. Оценка изменения расходов воды проводилась по уравнению вида:

$$Q_n = m(Q_{PB} - Q_{CB}) + (1-m)(Q_{CH} + Q_{PH}),$$

где  $Q_n$  – расход воды, проходящий через  $n$ -й створ водохранилища;  $Q_{PB}$ ,  $Q_{PH}$  – суммарные расхода воды, поступающей в водохранилище соответственно выше и ниже расчетного створа;  $Q_{CB}$  – суммарный расход воды, забираемой из водохранилища выше расчетного створа;  $Q_{CH}$  – суммарный расход воды, сбрасываемой из водохранилища ниже расчетного створа;  $m$  – гидравлико-морфологический коэффициент водохранилища при уровне  $H$  в  $n$ -м створе, который определяется по графику  $m=F(1, H)$  или по формуле  $m = \frac{\Omega_{nH}}{\Omega_H}$ ,  $\Omega_H$  – площадь зеркала водохранилища при уровне  $H$ ;  $\Omega_{nH}$  – площадь зеркала водохранилища на участке между  $n$ -м створом и плотиной на уровне  $H$ .

Расчет расходов на Камском водохранилище на основе гидравлико-морфологического метода был выполнен за годы различной водности: маловодный – 1967 и многоводный – 1979. В качестве расчетного интервала времени для вычисления расходов воды по длине Камского водохранилища был выбран месяц. Это объясняется тем, что для расчета используются значения месячных балансов водохранилища. Также это сделано с целью последующего сравнения полученных результатов с вычисленными расходами воды на Камском водохранилище другими методами.

На основании многочисленных наблюдений известно, что влияние гидрологического режима на изменение физических, химических и биологических характеристик связано с колебаниями уровня воды, т. е. с изменениями фаз водного режима водоема. Принято выделять три основные фазы водного режима: зимняя сработка (на Камском водохранилище она чаще всего длится с ноября по март), весеннее наполнение – с апреля по май и фаза летне-осенней стабилизации, которая обычно наблюдается с июня по октябрь. Иногда возможны некоторые отклонения в распределении фаз водного режима в течение года. Так, фаза зимней сработки при позднем наступлении половодья может продолжаться до конца апреля. Фаза весеннего наполнения может начинаться в конце апреля или в мае (1979 г.) и не заканчиваться в мае, а продолжаться весь июнь.

В периоды **зимней сработки** (ноябрь – март) сбросные расходы через Камскую ГЭС, как правило, превышают приходящие расходы, формирующиеся основными притоками. Распределение расходов по длине водохранилища в этот период имеет четко выраженную закономерность – увеличение расходов по мере приближения к створу Камской ГЭС. Такой характер изменения расходов прослеживается во все годы и независимо от их водности. Примерно до района впадения рр. Иньва и Косьва увеличение расходов происходит плавно, составляя прибавку в 200-300 м<sup>3</sup>/с по сравнению с расходами в районе выклинивания подпора. По направлению к створу гидроузла водохранилище принимает крупные притоки (рр. Косьва, Иньва, Обва), что обуславливает значительное увеличение расходов воды, особенно в конце зимы. В приплотинном участке водоема, где в водохранилище впадает наиболее крупный приток (р. Чусовая), увеличение расходов более выражено. На данный характер распределения расходов по длине водоема могут влиять особенности регулирования Камского водохранилища.

В дальнейший период интенсивность сработки увеличивается (осуществляется предполоводная сработка). Однако на этот характер изменения расходов влияет состояние наполненности водохранилища. Обычно этот период выпадает на февраль – март. Различия

расходов по длине водохранилища в это время могут достигать 700-800 и более м<sup>3</sup>/с. Иногда при дефиците водных ресурсов интенсивная предполоводная сработка не происходит. К апрелю водохранилище обычно сработано до отметки, позволяющей при разных вариантах развития весеннего половодья регулировать работу всего водоема, т. е. при раннем наступлении половодья, осуществлять пропуск воды и в дальнейшем осуществлять наполнение водохранилища, а при позднем сценарии развития половодья, как это было в 1979 г., поддерживать необходимые отметки уровней и обеспечивать требуемые расходы воды в нижний бьеф.

Таким образом, перед началом весеннего половодья распределение расходов в различные годы может существенно меняться. Так, если в 1967 г. характер зимней сработки имел среднемноголетние закономерности: в марте она продолжалась, а в апреле уже началось наполнение, то в 1979 г. сценарий весеннего периода в работе водохранилища существенно отличался от среднемноголетнего. Период зимней сработки 1979 г. продолжался с января по апрель, весеннее половодье началось только 26 апреля (одна из наиболее поздних дат наступления весеннего половодья на камских водохранилищах за период их существования). В этот период водохранилище интенсивно срабатывалось, минимальный уровень верхнего бьефа водохранилища был зафиксирован 29 марта на отметке 100,08 м БС, хотя уровень нормальной предполоводной сработки составляет 101,00 м БС. В марте и апреле, когда наблюдались минимальные значения уровней воды и дальнейшая сработка была невозможна, режим расходов воды определялся требованиями поддержания уровня в нижнем бьефе гидроузла для обеспечения работы водозаборов. Для распределения расходов по длине водохранилища в апреле 1979 г. характерно отсутствие каких-либо изменений, т. е. Камское водохранилище практически работало в транзитном режиме, разница между приточным и сбросным расходами не превышала 150 м<sup>3</sup>/с.

В период **весеннего наполнения** динамика расходов существенно меняется по сравнению с предшествующим периодом. Следует отметить некоторые особенности работы Камского водохранилища в период весеннего наполнения в связи с его положением в каскаде. Каскад камских водохранилищ состоит из трех водохранилищ: Камского, Воткинского и Нижнекамского. С началом половодья в первую очередь обеспечивается наполнение Камского водохранилища до отметки 104.0 м БС, а затем Воткинского – до отметки 86.0 м. После достижения водохранилищами этих отметок наполнение должно производиться, по возможности, параллельно, но с некоторым опережением наполнения Воткинского водохранилища. Порядок наполнения Камского и Воткинского водохранилищ определяется величиной прогнозируемого объема притока и максимальных приточных расходов воды весеннего половодья.

Характер распределения расходов по длине Камского водохранилища в этот период носит довольно неоднородный характер. Хотя во все месяцы расход в приплотинной части больше, чем в районе выклинивания подпора, однако его распределение по длине водоема в количественном отношении довольно разнообразно. В начале периода наполнения отмечается тенденция к затуханию значений расходов воды к плотине ГЭС. На данное распределение расходов влияет величина боковой приточности. На участках впадения основных притоков расходы, которые прежде уменьшались, резко возрастают. Так, в районе впадения рр. Яйвы, Кондас, Обвы значения расходов увеличиваются практически на 1000 м<sup>3</sup>/с, например, в мае 1979 г. После данных повышений величины расходов воды вновь уменьшаются при продвижении к замыкающему створу. Резкое возрастание расходов происхо-

дит уже в приплотинном районе, где значения водности значительно возрастают за счет вод, поступающих с водосбора рр. Чусовая и Сытва. Таким образом, в отличие от распределения расходов по длине Воткинского водохранилища, где оно зависит главным образом от совместной работы Камского и Воткинского гидроузлов, распределение величин расходов по длине Камского водоема в данный период во многом зависит от боковой приточности.

При увеличивающемся притоке к створу Камской ГЭС, начинают осуществляться холостые сбросы (расход свыше пропускной способности турбин – 3970 м<sup>3</sup>/с). По мере приближения к Камской ГЭС значения расходов начинают увеличиваться.

В дальнейшем после прохождения волн половодья на основных притоках распределение расходов становится более сглаженным, в районах впадения основных притоков, не отмечается столь значительных скачков расходов, как на начальном периоде заполнения. В некоторые годы различия значений в приточных и сбросных расходах не превышают несколько сотен м<sup>3</sup>/с.

При анализе динамики расходов воды необходимо учитывать установленные режимы работы гидроузлов. Данные режимы, особенно в период весеннего половодья, в зависимости от прогноза и складывающейся гидрометеорологической обстановки, могут довольно-таки часто изменяться. Преимущество используемого метода расчета, в отличие от других, заключается в том, что расчет расходов может осуществляться за любой интервал времени, в том числе и за период, на который установлены режимы работы гидроузлов. Таким образом, появляется возможность при знании заданных режимов и прогноза притока рассчитать расходы воды заблаговременно.

После заполнения водохранилища до отметки НПУ, значительного поступления воды в водоем оно начинает работать в транзитном режиме. Для этого периода характерно отсутствие значительных изменений расходов воды. Анализируя период весеннего наполнения и всю динамику изменения расходов по длине водоема можно сказать, что в данный период осуществляются пропуск весеннего половодья и аккумуляция водной массы в чаше водохранилища.

Таким образом, с учетом всех факторов, влияющих на динамику изменения расходов воды в период весеннего наполнения, наблюдается тенденция к уменьшению расходов по мере продвижения к плотине Камской ГЭС, которая значительно искажается в районах впадения основных притоков и в приплотинной части водоема.

Следующий период в гидрологическом режиме водохранилища можно охарактеризовать как **фазу летне-осенней стабилизации уровня воды**. Данный период обычно длится с июня по октябрь включительно. В отдельные годы временные рамки этого периода могут изменяться, так в 1979 г., когда в июне продолжалось весеннее половодье и водохранилище работало в транзитном режиме, или в маловодный 1967 г., когда наполнение водохранилища продолжалось весь июнь. Окончанием фазы летне-осенней стабилизации обычно считается начало наступления ледовых явлений. В фазе летне-осенней стабилизации можно выделить менее значительные периоды, такие как навигационная сработка и период осенних паводков.

В отличие от периода зимней сработки или периода весеннего наполнения, когда характер распределения расходов воды почти в течение всей фазы одинаков, в период летне-осенней стабилизации картина изменения расходов может быть неоднозначной – накладываются периоды навигационной сработки и восстановления сработанных объемов водной

массы за счет дождевых паводков. Главным фактором изменения расходов воды по длине водоема в данный период является водность основной реки, т. е. р. Камы, и водность боковых притоков, так как Камская ГЭС работает в установленных режимах относительно продолжительный период. В этот прослеживается закономерность увеличения расходов к створу Камского гидроузла. Данное распределение, как и в предыдущие фазы водного режима, в створах, расположенных ниже впадения главных притоков, характеризуется резким возрастанием значений расходов воды.

Общий характер изменения расходов воды в течение года наглядно демонстрируют гидрографы среднемесячных расходов воды. Из них видно, что на водохранилище в течение года наблюдается, как правило, два пика расходов: первый, наиболее значительный, – в период весеннего половодья, второй, менее выраженный, – в период летне-осенних паводков. Из рассматриваемых лет наибольшие отклонения от среднееголетнего характера распределения расходов присущи маловодному 1967 г. В этот год значения расходов воды ежемесячно уменьшались, поэтому пик весеннего половодья был менее выражен, хотя, безусловно, расходы в период весеннего половодья были максимальны. В другие годы (1979) временной изменчивости расходов присущ среднееголетний характер изменения расходов. Минимальные значения расходов обычно отмечаются в период предполоводной сработки, когда водохранилище сработано и работа гидроузла осуществляется минимальными попусками, удовлетворяющими санитарным требованиям. Минимальные значения расходов могут быть и в другие периоды, когда например, возникает проблема экономии водных ресурсов (период летне-осенней или зимней межени).

Результаты расчета показали нелинейность изменения расходов в течение года: ежемесячные графики расходов представляют собой волну с различным положением гребня и ложбины в периоды сработки и наполнения водоема. Характерной особенностью распределения расходов воды по длине водохранилища является постепенное их увеличение к плотине гидроузла, которая осложняется в створах ниже впадения главных притоков резким возрастанием расходов. Рассчитанные среднемесячные значения расходов воды по длине водохранилища позволяют определить величину расходов в любом створе. Таким образом, расчет расходов воды на Камском водохранилище, вычисленных гидравлико-морфологическим способом, показал их действительность и возможность применения для расчетов различных гидродинамических характеристик.

#### **Выводы:**

1. Используемая методика позволяет на основании вычисленных расходов приступить к расчету средних скоростей течения в створах. Данные скорости также могут быть использованы для оценки гидродинамических характеристик отдельных участков водоема. Однако рассчитанные скорости отражают только постоянные течения, обусловленные проточностью.

2. Рассчитанные расходы воды по длине Камского водохранилища отражают закономерности, присущие большинству элементов водного режима. Из анализа полученных результатов видно, что распределение расходов главным образом зависит от режима работы Камской ГЭС и изменения фаз гидрологического режима.

3. Полученные результаты могут быть широко использованы при характеристике гидродинамического режима в различных частях водохранилища при создании на его берегах хозяйственных объектов.

## Список литературы

1. *Китаев А. Б.* Важнейшие гидродинамические характеристики водохранилищ (на примере Камского каскада). Пермь, 2006. 260с.
2. *Урланов Г. А.* Динамика потока в многоприточных водохранилищах // Метеорология и гидрология. 1976. № 3. С. 67-75.

## ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВА В ПОСТСОВЕТСКОЙ РОССИИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Клюев Н. Н.

Институт географии РАН, г. Москва

klyuev@igras.ru

## CHANGES IN THE TERRITORIAL ORGANIZATION OF ECONOMY IN POST-SOVIET RUSSIA AND THEIR ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES

Klyuev N.N.

Institute of Geography RAS, Moscow

klyuev@igras.ru

**Аннотация.** Рассмотрена динамика использования природных ресурсов в России за постсоветский период. При анализе структуры нового промышленного строительства не выявлено признаков его экологизации. Выделены две группы аграрных регионов, различающихся диаметрально противоположными экологическими траекториями: 1) регионы ускоренной «примитивизации» сельского хозяйства, где можно ожидать изменений региональных климатических характеристик; 2) регионы, в которых чрезмерная эксплуатация агроландшафтов угрожает их ускоренной экологической деградацией.

**Ключевые слова:** промышленность, сельское хозяйство, природные ресурсы, постсоветская Россия, экологические проблемы.

**Abstract.** The dynamics of the use of natural resources in Russia during the post-Soviet period is considered. Analysis of the structure of the new industrial construction did not reveal any signs of its ecologization. Two groups of agrarian regions have been identified, differing in diametrically opposite ecological trajectories: 1) regions accelerated "primitivization" of agriculture, where changes in regional climatic characteristics can be expected; 2) the regions in which the over-exploitation of agricultural landscapes threatens their accelerated environmental degradation.

**Keywords:** industry, agriculture, natural resources, post-Soviet Russia, environmental problems.

После существенного спада в 1990-е годы добыча невозобновимых *минеральных ресурсов* в России к 2010-м гг. практически достигла советского уровня, а по многим позициям и превысила его [3]. Исключение составляет работающая на внутренний рынок добыча нерудных стройматериалов, сократившаяся почти в два раза.

За годы реставрации капитализма в России существенно усилилась экспортная ориентация добывающей индустрии. Так, доля экспорта нефти в ее российской добыче за 1993-2018 гг. возросла с 22,6 до 46,9%<sup>1</sup>. Подчас экспортные потребности удовлетворяются в приоритетном порядке. Россия – крупнейший в мире экспортёр природного газа, а уровень газификации жилищного фонда, например, Сахалинской области (газодобывающего и экспортирующего региона) составляет 11,5%. Вывозимые из России, например, минеральные удобрения, отнюдь

---

<sup>1</sup> Здесь и далее, если не указано иное, рассчитано по официальным данным Росстата [4, 5, 6].

не лишние для неё. Их применение на 1 га российской пашни в сельскохозяйственных предприятиях сократилось с 88 кг в 1990 г. до 61 кг в 2019 г. (в 1999 г. оно опускалось до 15 кг). Это предопределяет не только будущие низкие урожаи, но и деградацию почв. Несмотря на резкое падение внутреннего спроса на алюминий, растёт отечественная алюминиевая промышленность, запущены новые заводы. Они используют дешёвую энергию сибирских ГЭС и экспортируют большую долю своей продукции. Заметим, что среди городов с особо грязным атмосферным воздухом много центров алюминиевой промышленности (Братск, Красноярск, Новокузнецк, Иркутск, Шелехов) [2]. Такого рода международное разделение труда нельзя считать рациональным для нашей страны.

На фоне усиливающейся эксплуатации российских недр отрасли хозяйства, базирующиеся на возобновимых ресурсах, за постсоветский период сократили производство. Уместно вспомнить, что устойчивое развитие подразумевает постепенную замену невозобновимых природных ресурсов возобновимыми. Понятно, что эта задача не решается в одночасье. Трудно, однако, рассчитывать на её решение, если изначально двигаться в противоположном направлении.

Изменения в нагрузке на природу – это следствие изменений в размещении *промышленности*. По итогам 2017 г. лишь 46 регионов превысили дореформенный уровень объёма промышленного производства. Отметим, что главные «валютные цеха» страны – Ханты-Мансийский (ХМАО) и Ямало-Ненецкий АО (ЯНАО) – отнюдь не лидируют по величине промышленных индексов. Между тем доля этих регионов в промышленности страны за указанный период выросла втрое. Относительное благополучие этих округов определяется мировыми ценами на нефтегазовые ресурсы. Но это не экологическое благополучие. ХМАО лидирует в стране по величине нарушенных земель и (наряду с Красноярским краем) выбросов в атмосферу. По величине нарушенных земель в тройке «анти-лидеров» находится и ЯНАО.

В постсоветское время растёт концентрация природопользования на относительно хорошо (по российским меркам) освоенных территориях, где нагрузки на природу и ранее были велики. Об этом говорит распределение по территории страны промышленных инвестиций, которые являются, по сути, будущими антропогенными нагрузками (таблица 1). По величине промышленных инвестиций выделяются ХМАО и ЯНАО, но «плотность» освоения (величина инвестиций на единицу территории) здесь невелика. По этому показателю такие регионы, как Московская, Самарская области и Татарстан, превосходят тюменские округа в 3-4 раза.

Таблица 1

**Регионы, лидирующие по промышленным инвестициям за 1996–2017 гг.**

Регионы	Среднегодовая доля, % от России	«Плотность» инвестиций
ХМАО	11,49	3,7
ЯНАО	10,68	2,4
Красноярский край	3,87	0,3
Республика Татарстан	3,55	9,0
г. Москва	3,29	216,4
Сахалинская область	2,65	5,2
Самарская область	2,47	7,9
Московская область	2,47	9,6

Составлена по данным [4].

*Примечание.* «Плотность» инвестиций рассчитана относительно средней по территории России плотности, принятой за единицу.



Инвентаризация новых инвестиционных проектов показывает исключительно высокую территориальную дифференциацию промышленного строительства, которая выражается в его концентрации в небольшом числе промышленных ареалов и его сверхконцентрации в Московском столичном регионе. Другой вектор преимущественной ориентации новой обрабатывающей индустрии – приморский, прежде всего к балтийскому и азово-черноморскому побережьям с их экспортными портами и терминалами. При анализе структуры нового промышленного строительства не выявлено признаков его экологизации: 2/3 новых объектов относятся к экологически «агрессивным» отраслям.

Добывающая промышленность все более концентрируется в ограниченном числе регионов. В 1990 г. в Кемеровской области добывалось 38% российского угля, а в 2018 г. – 58%. Если в 1990 г. на комплекс КМА приходилось 40% добычи железных руд страны, то в 2018 г. – 55%. По объему лесозаготовок усилила лидирующие позиции Иркутская область – ее доля в стране возросла с 12% в 1990 г. до 19% в 2018 г. Этот процесс концентрации природопользования, обусловленный экономическими соображениями, с экологической точки зрения оценивается негативно.

В добывающей промышленности прослеживается закономерность: вовлекаются в эксплуатацию минеральные ресурсы, ориентированные на экспорт, и сворачивается разработка ресурсов, обеспечивающих внутренний рынок. Минерально-ресурсное пространство страны отнюдь не сужается, оно переформируется. Добывающая индустрия расширяет свое поле деятельности, продвигается во все более удаленные районы со все более суровыми природными условиями и экологически уязвимыми ландшафтами: на шельфы арктических морей, на Ямал, Гыданский полуостров, Таймыр, в глубинные районы Эвенкии, Якутии, Тывы. В противовес этому использование возобновимых ресурсов (биологических, лесных, почвенных, агроклиматических, водных), а также нерудных стройматериалов всё более стягивается в компактные ареалы вблизи крупных городов и главных транспортных магистралей.

*Сельское хозяйство*, базирующееся на возобновляемых ресурсах (при их рациональном использовании), развивается в России очень своеобразно и, к сожалению, неэкологично.

За постсоветское время посевные площади сельскохозяйственных культур сократились на треть от всех посевных площадей 1990 г. В результате изменился характер и масштаб аграрных воздействий на природные компоненты и комплексы, весь облик современных сельских ландшафтов. Так, традиционный для Нечерноземья лесо-лугово-полевой ландшафт в некоторых районах трансформировался в лугово-лесной.

Новая агро-географическая реальность – это изменение сельскохозяйственного профиля российских регионов. В конце 1980-х гг. растениеводство преобладало лишь в нескольких юго-западных районах, ныне оно доминирует уже почти в половине регионов России [3]. Малое количество сельскохозяйственных животных нарушает гармонию между животноводством, производящим отходы, и земледелием, потребляющим их. Многократное снижение применения органических удобрений на российских полях – это, в частности, следствие падения поголовья скота: удобрения просто некому производить. К началу 1990-х гг. на российских пахотных почвах был создан запас питательных веществ, но ныне баланс безнадежно отрицательный. Прогрессирующей несбалансированностью отличаются фермерские хозяйства. В структуре их продукции доля животноводства составляла в 1995 г. 32,3%, а в 2018 г. – 20,8%. В отдельных регионах эта доля намного меньше, например, в Курской области – только 4%.

В пореформенном сельском хозяйстве наблюдается, на первый взгляд, парадоксальный эффект расхождения индексов производства сельскохозяйственной продукции, с одной стороны, и индексов используемых ресурсов (посевных площадей, поголовья скота, применения органических и минеральных удобрений, техники, электроэнергии и т. п.) – с другой. В целом по стране прирост производства во многом достигается за счет усиления эксплуатации земельных ресурсов, чреватой «проеданием» почвенного плодородия, деградацией почв.

Выделяются две группы регионов, различающиеся диаметрально противоположными экологическими траекториями.

1. Регионы, где наблюдается сильный спад производства (Тверская, Нижегородская области, Пермский край и др.), – это районы ускоренной «примитивизации» сельского хозяйства. В них усиливается зависимость аграрной сферы от природных режимов и тенденций. В районах сильного сокращения сельскохозяйственной активности можно ожидать определенных подвижек и в изменениях регионального климата (которые здесь накладываются на изменения климата глобального).

2. В регионах, где большая разность индексов (индекса производства и индекса используемых ресурсов) сопровождается ростом производства (Белгородская, Тамбовская, Липецкая, Курская области и др.), наблюдается усиление воздействия на ландшафты. Чрезмерная эксплуатация агроландшафтов Центрального Черноземья и смежных областей угрожает их ускоренной экологической деградацией.

Рост урожайности сельскохозяйственных культур достигается, в частности, за счет концентрации земледелия на лучших землях, менее продуктивные земли выводятся из хозяйственного оборота. В условиях некомпенсируемого (внесением удобрений) земледелия это чревато быстрым превращением лучших земель в бедленды, в дальнейшем неизбежно перемещение сельского хозяйства на менее плодородные земли, их последующая деградация и т. д. А повторное вовлечение заброшенных земель в оборот потребует затрат, сопоставимых с первоначальным их освоением, поскольку не только, скажем, агро-дерново-подзолистые, но и более плодородные агросерые почвы после забрасывания деградируют по гумидному типу. В лесной зоне в дичающих ландшафтах активно идёт утрата плодородия почв – процессы оподзолевания, осолодевания, элювиально-глеевые и др.

Основные зернопроизводящие районы наращивают экспорт зерновых культур и семян подсолнечника, увеличив посевные площади этих культур, что приводит к экологически нежелательным последствиям. В черноземных регионах растёт доля пропашных культур и чистых паров, провоцирующих эрозию, и сокращается доля почвоулучшающих многолетних трав и бобовых культур. Так, в Тамбовской области за постсоветские годы доля пропашных выросла до 36,5%, а доля многолетних трав сократилась в 8 раз – до 2,3% (в 10 раз ниже нормы биологического земледелия) [1]. В Самарской, Саратовской, Тамбовской областях в 3–4 раза выросли посевные площади «почворазрушающего» подсолнечника, его доля в посевах заметно превышает фитосанитарные нормы.

**Заключение.** Растущая концентрация промышленности в немногочисленных ареалах экономической активности, ориентированных главным образом вовне, – главный вектор территориального развития России. За постсоветские годы отнюдь не наблюдается сдвига хозяйства на восток, который необходим для обеспечения геополитической устойчивости страны и выравнивания по территории антропогенной нагрузки на природную среду. Такой вектор развития не оправдан, по меньшей мере, с экологических, а также с геополитических позиций.

**Благодарности.** Работа выполнена в ИГ РАН по теме ГЗ № 0148-2019-0008.

## Список литературы

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Агрolandшафты Центрального Черноземья. М.: Наука, 2015. 198 с.
2. Ключев Н. Н. Качество атмосферного воздуха российских городов в 1991–2016 гг. // Известия РАН. Сер. геогр. 2019. №1. С. 14–23.
3. Ключев Н. Н. Природно-ресурсный комплекс России: траектория “неустойчивого” развития // Известия РАН. Сер. геогр. 2014. № 5. С.7-22.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2002 – 2018 // [http://www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_14p/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b18_14p/Main.htm) (дата обращения 30.09.2020).
5. Российский статистический ежегодник. 1994 / Госкомстат России. М.: 1994. 799 с.
6. Российский статистический ежегодник. 2003 – 2018 // [http://www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b18_13/Main.htm) (дата обращения 30.09.2020).

**ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЧЕМАЛЬСКОЙ ГЭС (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ) И  
МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Кожухарь Т. А.

Томский государственный архитектурно-строительный университет

г. Томск

e.mail: tat.kozhuhar@yandex.ru

**ASSESSMENT OF TECHNOGENIC IMPACTS ON THE ENVIRONMENT DURING THE  
RECONSTRUCTION OF THE CHEMALSKAYA HPP (ALTAI REPUBLIC) AND  
MEASURES FOR THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT**

Kozhukhar, T. A.

Tomsk state University of architecture and civil engineering

Tomsk

**Аннотация:** В статье приводятся результаты геоэкологической оценки техногенных воздействий на компоненты окружающей среды при реконструкции Чемальской гидроэлектростанции Республики Алтай. Рассматриваются конструктивные особенности Чемальской гидроэлектростанции и этапы проведения ремонтных работ. А также мероприятия по защите окружающей среды призванные снизить негативное воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** геоэкологические условия; окружающая среда; компоненты окружающей среды; техногенные воздействия; гидроэлектростанция; реконструкция.

**Abstract:** the article provides a geoecological assessment of technogenic impacts that will be exerted on environmental components during the reconstruction of the chemalskaya hydroelectric power station in the Altai Republic. The design features of the Chemal hydroelectric power station and the stages of repair work are considered. As well as environmental protection measures designed to reduce the negative impact on the environment.

**Keywords:** geoecological conditions; environment; environmental components; technogenic impacts; hydroelectric power station; reconstruction.

Чемальская гидроэлектростанция располагается в селе Чемал, в Чемальском районе Республики Алтай в районе слияния рек Чемал и Катунь. Обе реки являются естественными границами на западе и юге. В орографическом плане это правобережная часть реки Катунь на естественных ступенях горы Бешпек между отрогами Семинского хребта на западе и Куминскими белками на востоке. Абсолютные отметки в районе станции 522,9 м над уровнем моря (г. Бешпек). Район с. Чемала – низкогорная лесная местность, окруженная горами. Чемал известен как курортная зона Горного Алтая уникальная по природно-климатическим условиям.

В геоморфологическом отношении участок исследования расположен в пределах останцево-грядовой эрозионной области Горного Алтая, в долине реки Чемал. Рельеф участка сравнительно ровный, абсолютные отметки поверхности 407,6-413,5 м. Относительное превышение составляет 5,5 м. Общее понижение поверхности наблюдается на запад, по течению р. Чемал.

Геологическое строение исследуемой территории сложное, характеризуется частой сменяемостью литологических разностей горных пород, их различным возрастом и генезисом. Залегание осложнено многочисленными нарушениями, в том числе и глубинными разломами, хорошо выраженными в рельефе.

Чемальский район находится в центральной части Алтайской горной системы, что определенным образом сказывается на климатических условиях территории водосборного бассейна р. Чемал. Климат рассматриваемого района характеризуется холодной и продолжительной зимой с редкими снегопадами, сильными ветрами и метелями, довольно сухим жарким летом, с ливневыми грозами.

Ветровой режим над территорией Чемальского района определяется взаимодействием общей атмосферной циркуляции и подстилающей поверхности. Долина р. Чемал представляет собой вытянутую вдоль русла с северо-запада на юго-восток котловину, образованную отрогами, Куминского и Чемало-Кубинского хребтов. Поэтому под воздействием направленности хребтов и долин рек движение воздушных масс приобретает здесь преимущественно юго-восточное или северо-западное направления.

Грунтовые воды на период изысканий встречены на глубине 1,8-5,5 м. По химическому составу грунтовые воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые, с минерализацией до 0,3 г/дм<sup>3</sup>. Поверхностные воды р. Чемал гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией 0,2 г/дм<sup>3</sup>.

В нижнем бьефе плотины имеются выходы родников, образующих ручей. Родники являются результатом разгрузки грунтовых вод в левом борту долины реки Чемал. В этом месте мощность рыхлых отложений минимальная и грунтовые воды, стекая по скальным грунтам, выходят на поверхность.

Гидротехнические сооружения Чемальской ГЭС построены в 1935 году силами заключенных предназначались для выработки электроэнергии и предотвращения негативного воздействия зажорно-наледных процессов на территорию села Чемал. Расчетная мощность от двух генераторов составляла 500 кВт, что для 30-х годов было весьма прилично, хватало мощности на все близлежащие села [1].

В состав гидроузла входят следующие здания и сооружения: водосбросная плотина (с подпорными стенками, кран-балкой и служебным пешеходным мостом); водоприёмник; левобережная земляная плотина.

В настоящее время, после аварии в машинном зале в 2011 году, станция законсервирована и не используется по назначению. Техническая документация на Чемальскую ГЭС отсутствует, сооружение с момента строительства не ремонтировалось. При проведении инженерно-геологических исследований выявлено, что износ сооружений гидроузла составляет 69%.

При визуальном обследовании водоприемника, бычков и водосливов обнаружены следующие дефекты и повреждения: профиль водосливов разрушен полностью, образовались уступы высотой до 1,0 м с оголением арматуры; разрушен бетон бычков на глубину до 100 мм; произошло вымывание бетона монолитных бетонных бычков до 300 мм в уровне воды; наличие растительности в теле бетона бычков; образовалась трещина шириной раскрытия до 5 мм в стенке водоприемника; обнаружена сетка трещин в стенах водоприемника; защитный слой бетона внутренней поверхности водоприемника разрушен на 40%; деформация сородерживающих решеток, вследствие механических повреждений бревнами деревьев; коррозия металлических элементов сородерживающих решеток и кран-балок; трещины и разру-

шения бетона под стойки кран-балок; прогиб, деформация, разрушение настила пешеходного моста; ширина гребня плотины от 4,0 до 27,0 м и заложение откосов не выдержаны, произошел размыв левобережной дамбы.

На момент изысканий водохранилище сброшено, пропуск воды происходит через открытые пролеты водосбросной плотины.

В 2014 году в период катастрофического паводка сооружение подверглось еще более значительным разрушениям. В результате скопления деревьев на водосбросных сооружениях, уровень воды в водохранилище повысился, что привело к разрушению правобережной земляной плотины.

Для восстановления работоспособности гидротехнического сооружения Чемальской ГЭС и пропуска зажорно-ледовых масс с целью снижения негативного воздействия реки Чемал на прилегающую территорию необходимо проведение капитального ремонта.

Проектные решения разработаны для восстановления работоспособности гидроузла и предусматривают работы по выполнению капитального ремонта железобетонной водосбросной плотины: восстановление разрушенных участков железобетона наружных поверхностей береговых устоев и бычков; ремонт существующих железобетонных подпорных стенок; восстановление разрушенного железобетонного водослива практического профиля; монтаж металлоконструкций подъемного оборудования затворов с восстановлением рабочих и ремонтных затворов, площадок ремонта и хранения затворов; восстановление служебного мостика, сетей электроснабжения для управления подъемным оборудованием и освещения гидроузла; работы по капитальному ремонту водоприемника: восстановление разрушенных участков водоприемника; ремонт существующих пазовых конструкций затворов и решеток, восстановление механизма подъема затворов и сороудерживающих решеток.

Работы по капитальному ремонту левобережной земляной плотины: досыпка верхового откоса плотины; восстановление каменного крепления гребня и верхового откоса плотины; досыпка низового откоса; восстановление присклонного дренажа.

Отремонтированная водосбросная плотина позволит поддерживать постоянный уровень воды в водохранилище, поэтому зажорно-наледное тело, попадая в чашу водохранилища, не будет скапливаться перед гидроузлом.

Выполненная расчистка ложа водохранилища и предусмотренный проектом ремонт тела плотины и водосбросных сооружений могут вызвать снижение скоростей течения в зоне выклинивания подпора; всплывание внутриводного льда, его смерзание на поверхности и образование сплошного ледового покрова на участке застройки с. Чемал; в результате этого установится более спокойный режим течения и возможность поднятия более теплых (донных) масс к поверхности и таянию внутриводного льда и уменьшению тела зажора в верхнем бьефе.

Воздействие объекта на окружающую среду (атмосферный воздух, водную среду и почву) ожидается в период строительства, в период эксплуатации выбросы в атмосферный воздух отсутствуют. Отходы образуются при строительстве данного объекта.

В период проведения строительных работ по капитальному ремонту основное воздействие на атмосферный воздух будут оказывать выхлопные газы строительной техники и автомашин, пылевыведение в результате земляных работ и передвижения дорожно-строительной и транспортной техники [2].

Выброс продуктов сгорания топлива двигателями транспортных машин при движении для завоза строительных материалов; вывозе строительного мусора и т. п. сопровождается выделением в атмосферу: окиси углерода, двуокиси азота, сернистого ангидрида, сажи, углеводородов, пыли. Эти воздействия носят активный характер, линейны по форме, в пространстве занимают наземное положение.

В связи с тем, что расстояние до ближайшей жилой застройки составляет более 900 м (930 м) (санаторий «Чемал», ближайшие жилые дома с. Чемал), превышение на границе жилой зоны ПДК загрязняющих веществ маловероятно.

Значительное воздействие на людей и окружающую среду оказывает шум работающих строительных машин, механизмов и автотранспорта. Оценка уровня воздействия шума от работающей строительной техники и автотранспорта на окружающую среду производится для рабочей зоны.

В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.5 62-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» установлены предельно допустимые уровни шума на рабочих местах водителей и обслуживающего персонала строительной техники – 80 дБА. Расчет показал, что при одновременной работе экскаватора и автосамосвала с уровнем шума 77-83 дБА, шумовое воздействие превысит допустимый в рабочей зоне норматив [3].

Реконструкция ГЭС так же окажет воздействие на земельные ресурсы. Основное воздействие будет проявляться в виде: механического нарушения земляного покрова; загрязнения почв химическими веществами. Источниками загрязнения почвенного покрова будут являться строительная техника и автотранспорт, строительные отходы [4].

Возможным видом воздействия в период строительства будет являться химическое загрязнение. Продукты загрязнения могут быть газообразными (продукты сгорания топлива в двигателях строительной техники), жидкими (нефтепродукты, бытовые и производственные сточные воды), твердые (производственные и бытовые отходы).

Влияние выбросов строительных и транспортных машин будет заключаться в загрязнении почв тяжелыми металлами и химическими соединениями от работающих двигателей внутреннего сгорания.

Воздействие на водные ресурсы, может быть оказано при организации и функционировании строительной площадки в период строительства [5]. Поэтому, производственная площадка площадью 2,5 га должна располагаться на незатопляемых отметках на досыпанной территории, обваловываться и оконтуриваться по периметру водосборными канавками, предотвращающими попадание поверхностного стока в водоохранную зону реки и непосредственно в реку Чемал.

Одним из вероятных источников загрязнения поверхностных и подземных вод является оставленный в пределах полосы отвода земель как бытовой, так и строительный мусор. На период капитального ремонта сооружений предусмотрена установка контейнеров для организованного сбора отходов с последующим их вывозом и утилизацией специализированной организацией.

Проведение работ по капитальному ремонту сооружений Чемальской ГЭС окажет определенное трансформирующее воздействие на растительный покров. Основными факторами воздействия объекта на растительный и животный мир являются вырубка древесной растительности, а также эффект присутствия большого числа людей и загрязнение территории строительными и бытовыми отходами.

Воздействие на компоненты окружающей среды будет осуществляться только в период выполнения строительно-монтажных работ. При проведении работ по реконструкции Чемальской гидроэлектростанции необходимо внедрять мероприятия по защите компонентов окружающей среды.

С целью сведения к минимуму уровня загрязнения атмосферного воздуха рекомендовано ограничение одновременной работы строительной техники, разграничение работы ее во времени, регулировка правильной подачи топлива, которая обеспечит полное сжигание топлива и сокращение выбросов на 10 % [6, 7].

С целью минимизации воздействия на атмосферный воздух рекомендуется: использование строительной техники только на протяжении периода производства соответствующих работ; правильная эксплуатация двигателя, своевременная регулировка подачи и ввода топлива; топливо, используемое при работе строительной техники должно соответствовать требованиям ГОСТ 305-82\* «Дизельное топливо. Технические условия»; своевременный сбор и утилизация отходов; увлажнение поверхности складированного грунта.

При выполнении мероприятий по сокращению выбросов при производстве сварочных работ рекомендуется: усилить контроль за точным соблюдением технологического регламента производства; минимизировать работу оборудования на форсированном режиме; рассредоточить работу технологического оборудования, при работе которого выбросы вредных веществ в атмосферу достигают максимальных значений; уменьшить, по возможности, движение транспорта на территории; соблюдать нормы и правила противопожарной безопасности.

В период проведения капитального ремонта сооружений все работы должны производиться в соответствии с принятой технологической схемой организации работ.

В целях охраны растительного мира необходимо обеспечить контроль за: строгим соблюдением экологических норм и правил на всех этапах проведения работ по капитальному ремонту; соблюдением границ землеотвода; соблюдением требований и ограничений по рубке леса; производством работ по восстановлению нарушенных земель; соблюдением правил противопожарной безопасности.

При соблюдении природоохранных мероприятий воздействия на окружающую среду будут минимальными, а реконструкция Чемальской гидроэлектростанции позволит обеспечить электроэнергией население и предотвратить неблагоприятные и катастрофические геологические и инженерно-геологические процессы и явления на прилегающей территории, возникающие в весенне-осенний период на реке Чемал.

#### Список литературы

1. Закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ;
2. СНиП 11-12-77 «Защита от шума»;
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
4. Водный Кодекс РФ от 3.06.2006 г. №74-ФЗ;
5. Земельный Кодекс РФ от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ;
6. Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия. – Л., Госкомприрода, 1989 г.;



7. «Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом)», М.:1998г.;
8. *Бродская Н. А., Воробьев О. Г.* «Экология», М.: Дрофа, 2006 г.

## СЕЛЬСКИЕ АГЛОМЕРАЦИИ КАК ФОРМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Коломина К. Н., Устинов Н. И.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

г. Москва

kirakolomina@yandex.ru nikolus62@yandex.ru

## RURAL AGGLOMERATIONS SUCH A FOMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Kolomina K., Ustinov N.

National research university «Higher School of Economics»

Moscow

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность применения концепций устойчивого развития к сельским территориям в России, а также описываются существующие агломерационные процессы. В результате исследования нами было получено, что в России уже формируются сельские агломерации, но для сохранения их устойчивости необходимо усилить агломерационные связи, повысить доступность территорий, а также усилить ядро агломерации.

**Ключевые слова:** сельские агломерации, устойчивое развитие сельских территорий.

**Abstract:** The article discusses the possibility of applying the concepts of sustainable development to rural areas in Russia, as well as describes the existing agglomeration processes. As a result of our research, we found that rural agglomerations are already being formed in Russia, but in order to maintain their stability, it is necessary to strengthen agglomeration links, increase the accessibility of territories, and strengthen the core of the agglomeration.

**Keywords:** rural agglomeration, sustainable development of rural agglomerations.

Одним из приоритетных направлений Министерства сельского хозяйства является развитие сельских населённых пунктов <sup>[2]</sup>. Это отражено в государственной программе «Комплексное развитие сельских территорий», в которой также вводится термин «сельских агломераций» и понимается *«сельские территории, а также поселки городского типа и малые города с численностью населения, постоянно проживающего на их территориях, не превышающей 30 тыс. человек»*<sup>[3]</sup>. В данной статье под термином «сельская агломерация» мы понимаем *организацию сельских населённых пунктов, имеющих общие административные, экономические, социальные и культурно-бытовые связи*. Мы рассматриваем сельские агломерации, как самостоятельные единицы расселения, при этом не исключая городского влияния на данные территории. Важно заметить, что центральным местом в агломерации может выступать негородское образование – село или посёлок городского типа.

---

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 (ред. от 10.07.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

<sup>3</sup> Там же, стр. 158.

В региональных исследованиях А. А. Хамавова рассматривала применение концепций устойчивого развития к сельские населённым пункты в составе городской агломерации [Хамавова, 2016], а в работах А. Г. Фаркова описывалась система горизонтального взаимодействия институтов для управления сельскими территориями [Фраков, 2019]. В дополнение к существующим материалам на данную тему, наша статья рассматривает возможность применения концепций устойчивого развития к существующим процессам в сельской местности.

Формирование сельских агломераций – это естественный процесс, поскольку в структуре расселения есть центральные места и населённые пункты более низкого ранга. [Кристаллер, 1933]. На сегодняшний день в России происходит укрупнение сети расселения, сжимание населённых пунктов и вымирание сёл и деревень [Гулько, 2014]. Сокращение количества населённых пунктов происходит за счёт миграций в более крупные населённые пункты и города и состояния «ловушки среднего дохода» во многих регионах России [Трейвиш, 2016].

Здесь мы выделили два пути образования сельских агломераций:

1. Сохранение структуры расселения с периода СССР, что наиболее характерно для регионов южной части России;

2. Изменение в структуре сельских районов за счёт изменения статуса отдельных территориальных единиц и подчинения сельских поселений более крупным, чаще всего районным центрам.

Таким образом, возникновение зависимости и снижение ранга территорий происходит, как и естественным путём, так и искусственно.

Важно отметить, что ведущий сельский населённый пункт – это условный центр агломерации, обладающий административным статусом районного центра, т. е. непосредственно возможностями для развития управленческого, социального или культурного капитала жителей. В данном случае происходит формирование сельской агломерации, основанной на административных, социальных и культурно-бытовых связях. В большинстве подобных образованиях расположены больницы, МФЦ, банки, дома культуры и сетевые магазины. Кроме этого, центром сельской агломерации может быть село или ПГТ, в котором расположен крупное производственное предприятие или агропромышленный комплекс, на котором работают большинство населения района и жителей сельской агломерации. Таким образом, мы выделяем второй тип сельских агломераций, в которых ядром предприятие и в которых преобладающим типом связей будут именно миграционные и трудовые связи.

Говоря непосредственно о концепции устойчивого развития, то важно отметить, что существующей структуре в городах России не хватает именно усиления связей между частями сельских агломераций, способных улучшить качество жизни населения агломерации – развитие центра и улучшение его связанности с отдалёнными районами. Например, увеличение транспортной доступности для жителей отдалённых частей сельской агломерации, а также повышение социальной доступности в форме дополнительных рейсов.

Почему именно стратегия поддержания центра способна обеспечить качественное развитие? Во-первых, поддержка непосредственно отдалённых районов приводит к размыванию финансовых потоков и выражается в реализации неполноценных объектов, которые не способны удовлетворить потребности всего населения, при этом их обслуживание требует значимых затрат. Аналогичным образом в регионах России происходит сокращение административных центров сельских образований – закрытие так называемых «райкомов», поскольку

ку их содержание и излишняя бюрократизация также требует бюджетных вложений.

Укрепление базы ядра сельской агломерации за счёт строительства жилого фонда, а также создание новых инфраструктурных объектов способствует развитию агломерационного ядра и дополнительному привлечению капиталов. Важность данного процесса заключается в том, что при недостаточном финансировании центрального места вероятен упадок всего района и вымирание территории, имеющей потенциал для развития.

Таким образом, использование концепций устойчивого развития для развития сельских агломераций способно предотвратить упадок ядра, а также улучшить качество жизни и доступность услуг в населённых пунктах агломерации.

#### Список литературы:

1. Гунько М. С. Малые города центральной полосы Европейской России: социально-экономическое состояние и роль в организации пространства // Известия Российской академии наук. Серия географическая (Российская Федерация). 2014. № 2. С. 42-52.
2. Трейвиш А. И. Сельско-городской континуум: судьба представления и его связь с пространственной мобильностью населения // Демографическое обозрение. 2016. №1.
3. Фарков А. Г. Организационная схема построения агломерационных структур в регионах аграрной специализации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №10-2.
4. Хамавова А. А. Агломерация как инструмент обеспечения устойчивого развития сельских территорий // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2016. №30.
5. *Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland.* - Jena: Gustav Fischer, 1933

**ДИНАМИКА СТОКА РЕК ЛАБА И БЕЛАЯ (ПРИТОКИ РЕКИ КУБАНЬ)**

Комаров Р. С.

Южный федеральный университет, ФГБУ «Гидрохимический институт»

Ростов-на-Дону

KomarovRoman128@yandex.ru

**DYNAMICS OF RUNOFF OF THE LABA AND BELAYA RIVERS (TRIBUTARIES OF THE KUBAN RIVER)**

Komarov R.S.

Southern Federal University, FSBI «Hydrochemical institute»

Rostov-on-Don

KomarovRoman128@yandex.ru

**Аннотация:** В работе рассматриваются гидрологические особенности рек Лаба и Белая. Приведены расчетные показатели по годовому стоку рек и доли стока в разные сезоны года в период с 2008 по 2018 гг. Изучена динамика этих показателей.

**Ключевые слова:** река Лаба, Река Белая, гидрологические особенности, сток, расход, доля стока

**Abstract:** The paper considers the hydrological features of the Laba and Belaya rivers. Calculated indicators for the annual flow of rivers and the share of runoff in different seasons of the year in the period from 2008 to 2018 are given. The dynamics of these indicators is studied.

**Keywords:** the Laba river, the Belaya river, hydrological characteristics, runoff, flow, proportion of runoff

Объектом исследования выступают реки Лаба и Белая, которые являются крупными притоками реки Кубань. Учет особенностей водного режима этих притоков важны при изучении формирования стока реки Кубань, ее химического состава и качества воды. Исследования гидрологических характеристик водных объектов позволяют определить основные закономерности их функционирования, что играет большую роль при планировании хозяйственной деятельности на водосборе.

Материалами для исследования послужили данные Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов за период с 2008 по 2018 гг. [1].

**Река Лаба**

Свое начало река Лаба берет от места слияния рек Большая Лаба и Малая Лаба. В свою очередь, Большая Лаба начинается от ледника горы Пшиш, Мала Лаба от северных склонов перевала Аишха. Если считать длину реки от места слияния этих двух рек, то длина Лабы составит 214 км. Если же за длину принять расстояние от истока Большой Лабы до устья Лабы, то ее длина составит приблизительно 347 км. Площадь водосборного бассейна реки Лаба составляет 12500 км<sup>2</sup> [2].

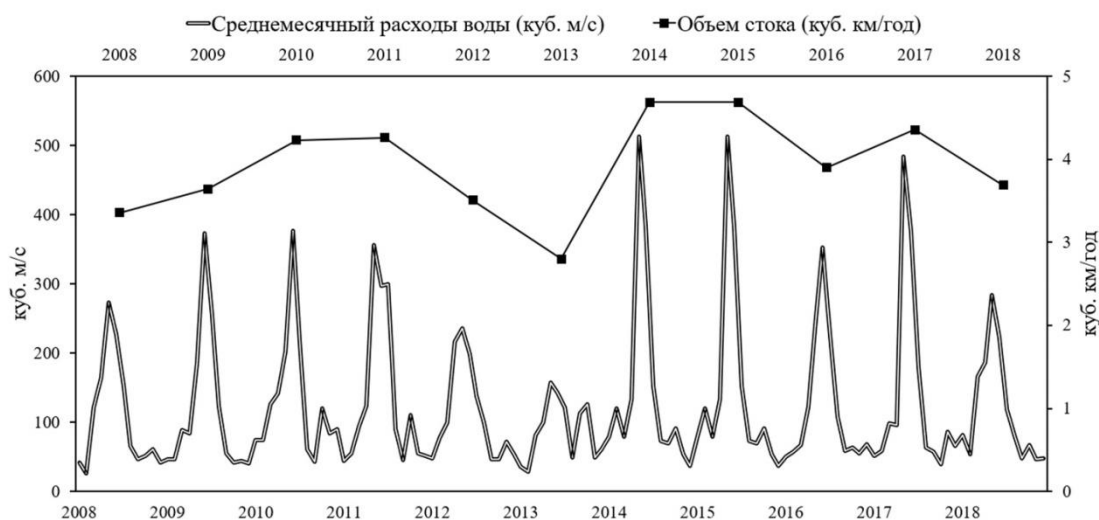
По водному режиму реки бассейна реки Кубань разделяют на несколько типов. Так, реки Малая Лаба и Большая Лаба относятся к типу рек с преимущественно снежно-ледниковым питанием и основным стоком в весенне-летний период. В свою очередь, р. Лаба

относится к рекам со смешанным питанием, преимущественно дождевым, с преобладанием весенне-летнего стока [4].

Река Лаба с марта по август получает большую часть своего годового стока. Значения среднего расхода за год изменяются от 44,0 до 559,0 м<sup>3</sup>/с. Максимальные значения расхода приходятся на весенний и летний период, а минимальные – на осенний и зимний.

Стоит отметить, что по длине р. Лаба расположено довольно большое количество населенных пунктов, самые крупные из которых – гг. Лабинск, Курганинск и Усть-Лабинск, а также множество небольших населенных пунктов. Вполне очевидно, что из-за этого на водоток оказываться антропогенное влияние, которое может сказаться на ее естественном гидрологическом режиме и на экологическом состоянии реки.

На рисунке 1 рассмотрена динамика изменения годового стока и расходов воды для р. Лаба – х. Догужиев за 2008-2018 гг.



**Рис. 1.** Динамика объема стока и среднего месячного расхода воды р. Лаба в 2008-2018 гг. (составлено автором по [1])

Среднее значение годового стока р. Лаба – 3,9 км<sup>3</sup>/год. В течение периода с 2008-2018 гг. к числу маловодных можно отнести 6 из 11 изучаемых лет, когда сток был ниже среднего значения. Наименьшее значение наблюдается в 2013 году, когда объем стока составлял 2,8 км<sup>3</sup>/год. Среднемесячные расходы воды в реке в данный год колебались в пределах от 29,1 до 157,0 м<sup>3</sup>/с, отчетливого пика расхода в период половодья, как в предыдущие и последующие годы, не наблюдалось. Это может быть объяснено тем, что в 2013 г. снеготпасы в горной части бассейна р. Кубань и ее основных притоков, в том числе р. Лаба, были ниже среднемноголетних [3]. В общем же, объем годового стока р. Лаба изменяется от 2,8 до 4,7 км<sup>3</sup>/год. Тенденция к увеличению или снижению показателя годового стока не выявлена.

Многолетняя динамика стока в разные сезоны года для реки Лаба представлена на рисунке 2.

Для реки Лаба характерна высокая доля стока в весенний и летний периоды. Так, на весенний период в среднем приходится 37% годового стока, на летний – 38%, осенний – 13%, зимний – 12%. В период с 2008 по 2018 гг. доля годового стока весной имеет незначительную тенденцию к увеличению, а в летние месяцы к снижению. При этом стоит отметить, что тенденции не являются отчетливыми, поэтому чтобы судить о подлинных изменениях в гидрологическом режиме реки следует проводить более обширные исследования, опирающиеся на большой массив данных об объеме годового стока реки.

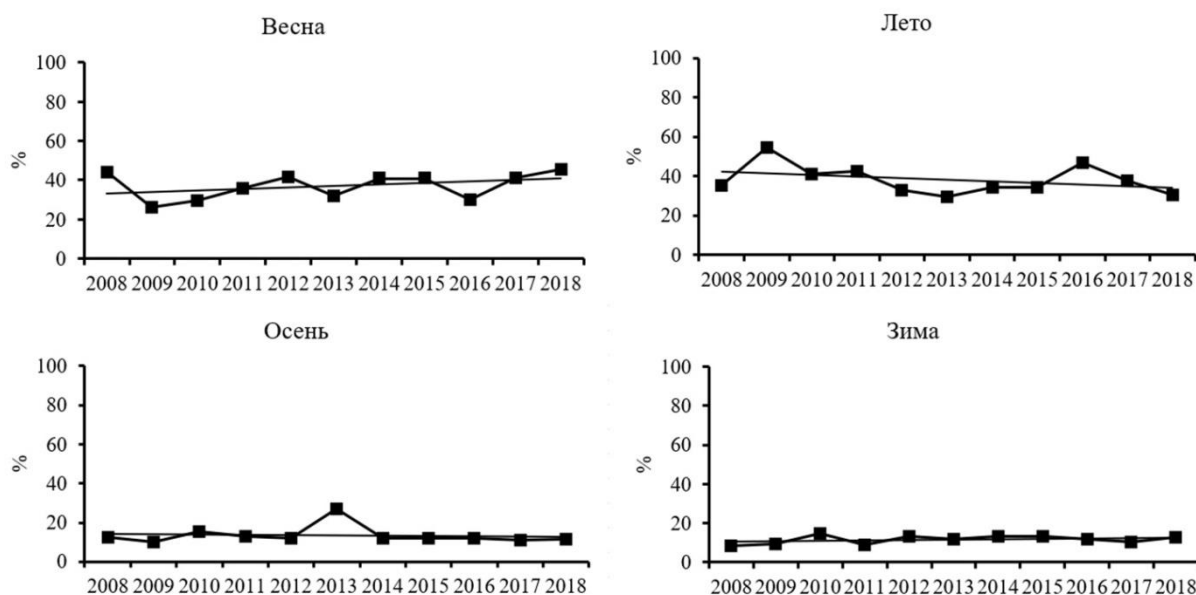


Рис. 2. Динамика доли стока в разные гидрологические сезоны для р. Лаба в 2008-2018 гг. (составлено автором по [1])

### Река Белая

Протяженность р. Белая составляет более 260 км, площадь бассейна – 5900 км<sup>2</sup>. Своё начало она берет от гор Фишт и Оштен. Белая пересекает ряд различных ландшафтов из-за чего характер реки меняется от истока к устью [2].

В верхнем течении река имеет черты типичной горной реки с рядом каньонных участков, в нижнем течении приобретает равнинный характер. В долине Белой расположены города Майкоп, Белореченск и небольшие населенные пункты – села и станицы. Энергетический потенциал реки используется Белореченским каскадом ГЭС, состоящим из Белореченской и Майкопской ГЭС.

Белая также как и Лаба получает основную часть своего стока весной и летом. Средние значения расхода варьируют от 38,7 до 182,8 м<sup>3</sup>/с.

На рисунке 3 рассмотрена динамика изменения годового стока и расходов воды для р. Белая – х. Грозный за 2008-2018 гг.

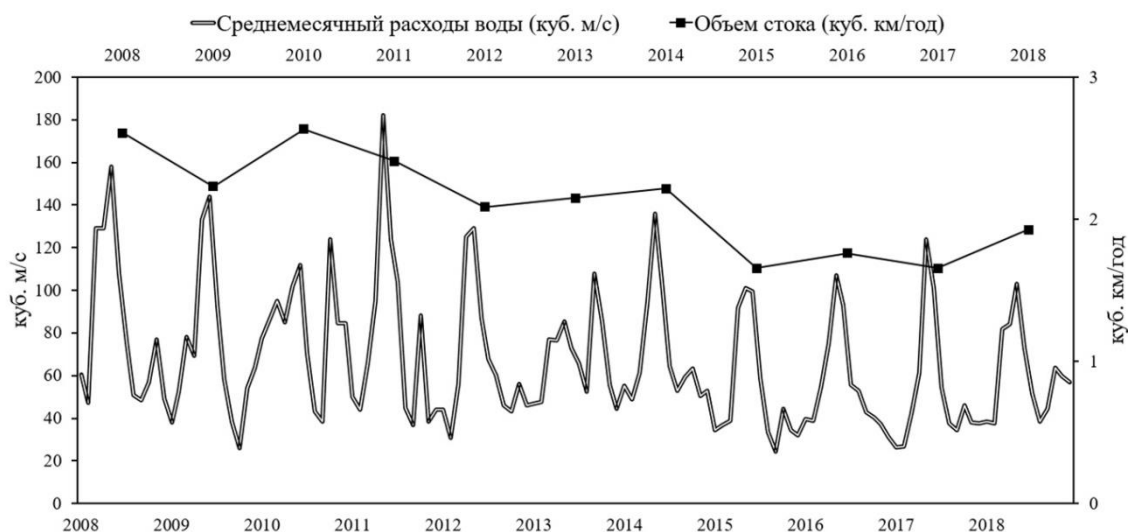
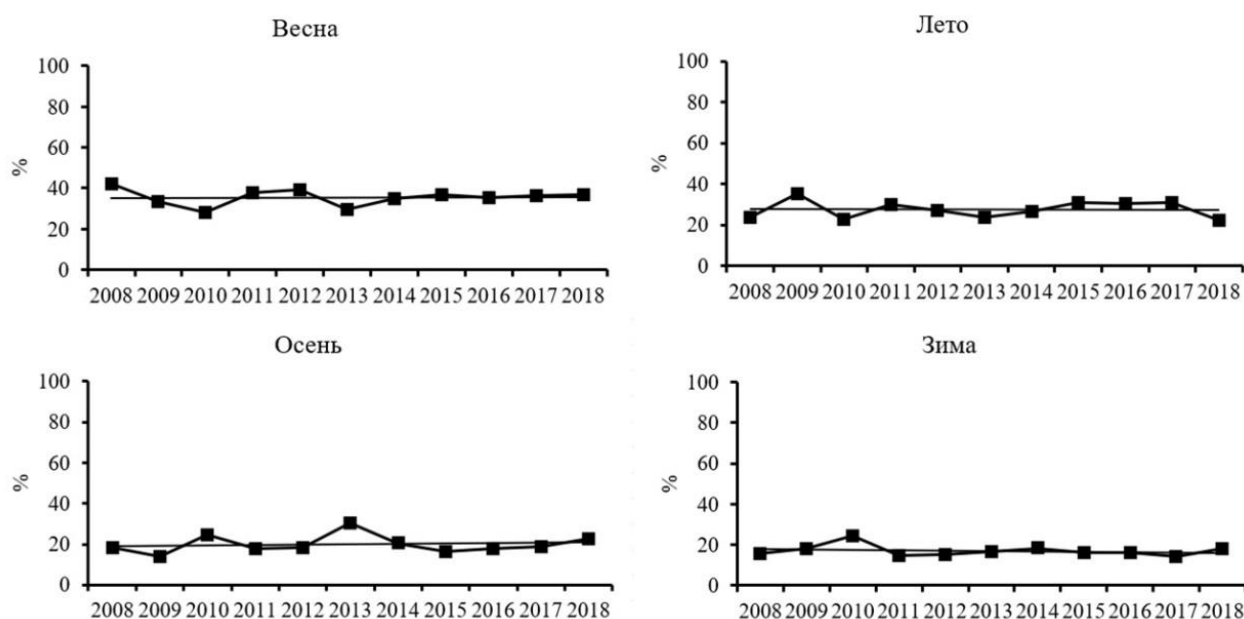


Рис. 3. Динамика объема стока и среднемесячного расхода воды р. Белая в 2008-2018 гг. (составлено автором по [1])

Анализ представленных данных для р. Белая показал, отчетливую тенденцию к снижению показателя годового стока. С 2008 по 2018 гг. данный показатель постепенно снижался с 2,6 до 1,9 км<sup>3</sup>/год. Среднее значение годового стока за 11 лет – 2,1 км<sup>3</sup>/год. Показатель расхода воды в реке так же снижался. Подобное снижение объема годового стока может быть вызвано непосредственно антропогенным воздействием на бассейн реки в целом. Так, в исследованиях прошлых лет отмечается, что воды речных систем Республики Адыгеи используются многочисленными водопотребителями, а наибольший вклад в снижение стока вносят забор воды на орошение, аккумуляция речных вод в водохранилищах и потери в них, и использование воды в различных видах водоснабжения. Также большой вклад в уменьшение стока вносит вырубка лесов, которая приводит к пересыханию почвы и понижению уровня грунтовых вод [5]. Но ежегодное снижение стока может быть связано и с естественными причинами, например, с уменьшением количества выпадающих осадков.

На рисунке 4 представлена многолетняя динамика стока в разные сезоны года для реки Белая.



**Рис. 4.** Динамика доли стока в разные гидрологические сезоны для р. Белая в 2008-2018 гг. (составлено автором по [1])

Доля стока для реки Белая распределена более равномерно, чем в реке Лаба. Основная доля стока для реки приходится на весенний сезон – 36%, на летний – 28%, осенний – 20%, зимний – 17%. Тенденции к увеличению или снижению годового и сезонного стока за приведенный период не выявлено.

Проанализировав полученные результаты о годовом стоке и его сезонном распределении, можно заключить следующее.

1. Режим годового стока реки Лаба является менее нарушенным, чем режим реки Белая. Годовой сток р. Белая имеет отчетливую тенденцию к снижению, что подтверждается и ранее опубликованными данными.

2. Сезонное распределение годового стока реки Лаба имеет некоторую склонность к увеличению в весенний период и уменьшению в летний, что может быть связано с климатическими изменениями. Сезонное распределение годового стока р. Белая напротив остается неизменным в период исследования. Такое различие может быть объяснено некоторым от-



личием в питании этих двух рек, например, в случае р. Лаба большее влияние на формирование режима может оказывать ледниковый тип питания над остальными.

Таким образом, сходные на первый взгляд по физико-географическим условиям и виду питания реки имеют свои характерные особенности. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем изучении гидрологических особенностей этих рек, геоэкологической оценке, при планировании хозяйственной деятельности и изучении формирования гидрологического режима реки Кубань.

#### Список литературы

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (Дата обращения 17.09.2020)
2. Борисов В. И. Реки Кубани / В. И. Борисов. –Краснодар: Кн. изд-во, 1978. – 79 с.
3. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2018 г.» [электронный ресурс]. – URL: <http://www.dprgek.ru/content/section/470/detail/1177> (Дата обращения 17.09.2020)
4. Мельникова Т. Н. Мониторинг водного режима и комплексное географо-гидрологическое районирование бассейна реки Лабы //Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2017. – №. 4 (211).
5. Мельникова Т. Н. Мониторинг влияния антропогенных факторов на сток малых рек Республики Адыгея // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Издательство: ООО "Научно-издательский центр "Академия Естествознания" (Саратов), 2012. С. 8-9.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЗЕЛеноЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДОВ УМЕРЕННОГО И СУБАРКТИЧЕСКОГО ПОЯСОВ

Комарчев Д. А., Красовская Т. М.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва

dimkom96@mail.ru

krasovsktex@yandex.ru

## COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE ECOSYSTEM SERVICES IN TEMPERATE AND SUBARCTIC ZONES

Komarchev D.A., Krasovskaya T.M.

Lomonosov Moscow State University, Moscow

**Аннотация.** Зеленая инфраструктура городов представляет широкий спектр разнообразных экосистемных услуг- регулирующих, поддерживающих, информационных, обеспечивающих, формирующих благоприятную среду проживания для горожан. Однако географическое положение городов (климат, рельеф и др.), а также их социально-экономические характеристики оказывают существенное влияние на спектр наиболее востребованных из них. Проведено сравнение приоритетных экосистемных услуг городов, Санкт-Петербурга, Мурманска и Тромсо.

**Ключевые слова:** зеленая инфраструктура, город, экосистемные услуги.

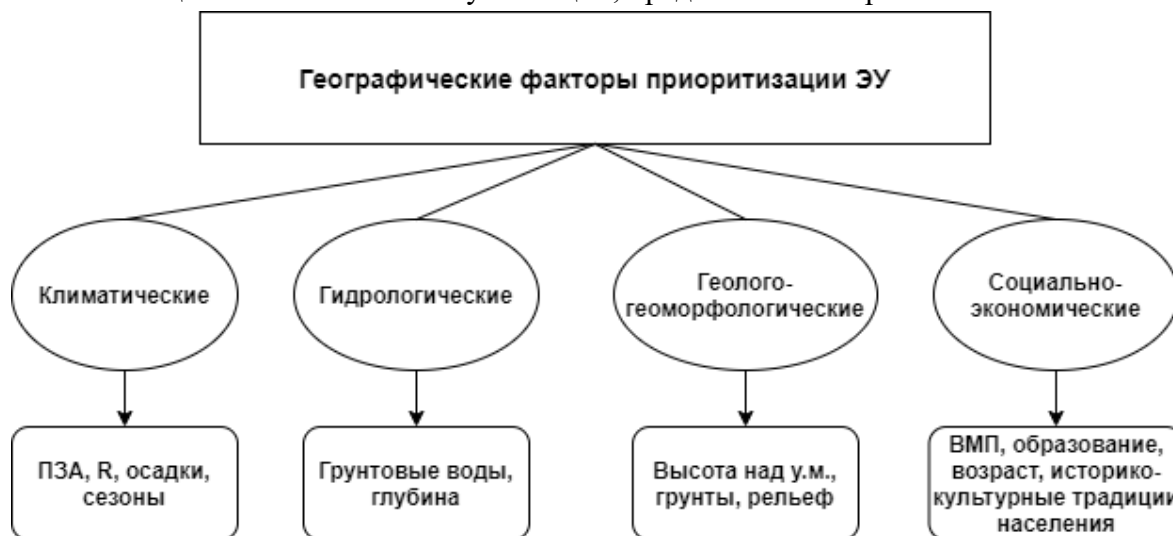
**Abstract.** Urban green infrastructure presents a large spectrum of ecosystem services- regulating, supporting, information, provisioning. They form favorable living conditions for citizens. But geographical position of cities (climate, relief, etc.) as well as their socioeconomic characteristics have a significant impact to the most demanded of them. Priority ecosystem services were compared for St. Peterburg, Murmansk and Troms.

**Keywords:** green infrastructure, city, ecosystem services.

В 21 в. процессы урбанизации развиваются быстрыми темпами во всем мире, включая и северные районы. В процессе интенсивного роста городов одной из основных проблем становится создание условий, благоприятных для здоровья и жизнедеятельности горожан, чему в значительной мере способствует создание зеленой инфраструктуры (ЗИ), исследования которой активно ведутся во многих странах (ЕС, США, Индия и др.). В российском научном дискурсе практически отсутствует опыт проведения оценки стоимости экосистемных услуг (ЭУ) как элементов экологического каркаса городов и их приоритезации в различных эколого-географических условиях, несмотря на их многообразие на территории нашей страны. В то же время это не позволяет определить реальную ценность территорий экологического каркаса, что делает его «не конкурентноспособным» при планировании использования городских территорий, а также направить средства на финансирование мероприятий по поддержанию наиболее значимых для того или иного города экосистемных услуг.

Формирование пулов экосистемных услуг ЗИ зависит от географического положения городов. Недостаток информации об особенностях функционирования ЗИ в городских условиях и неконтролируемое использование пулов их экосистемных услуг может привести к экономическим потерям и ухудшению качества жизни горожан. Приоритезация экосистем-

ных услуг ЗИ городов может быть проведена по природным и социально-экономическим характеристикам, основные из которых, выявленные нами в ходе сравнительного анализа городов Мурманска, Тромсо, Санкт-Петербурга, проведенного в ходе натуральных наблюдений и анализа и обобщения тематических публикаций, представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Географические факторы, влияющие на наиболее востребованные ЭУ зеленой инфраструктуры модельных городов.

Кратко охарактеризуем различия ЭУ зеленой инфраструктуры городов разного географического положения и уровня социально-экономического развития.

*Микроклиматическое регулирование*, выполняемое ЗИ в городах Субарктики и Умеренного пояса проявляется различно. Эффект городского острова тепла в северных городах менее значим, а особое значение приобретает снижение эффекта ветрового выхолаживания [4]. Большое количество деревьев во дворах и вдоль дорог позволяет не только сдерживать ветровое выхолаживание и метелевый перенос, но и экономить средства на отоплении и расчистке дорог. Фильтрация загрязняющих веществ и пыли растениями ЗИ различается вследствие различий их видового состава в модельных городах вследствие различных условий теплообеспеченности. Ведущее место в озеленении Санкт-Петербурга занимают лиственные породы, а хвойные встречаются реже. Широко представлены – липа мелколистная, клён остролистный, ясень Пенсильванский, вяз гладкий и др., а из мелколиственных – береза повислая, используемая и в северных городах, но значительно реже. Видовой состав ЗИ северных модельных городов существенно беднее при большом проценте участия хвойных. Из-за большей общей площади иголок хвойные деревья, обладают большей фильтрующей способностью, чем лиственные деревья [5]. Однако хвойные деревья чувствительны к высокому уровню загрязнения воздуха. Хвойные имеют значительное преимущество благодаря длительному периоду активного действия фитонцидов. Различия в теплообеспеченности, определяющие видовой состав растений ЗИ, проявляется и в выполнении шумозащитной и продукционной (дикоросы) экосистемных функций. Наши исследования в Мурманской области показали, что залуженные посадки рябины Городкова вдоль дорог шириной от 5 до 10 м снижали уровень шума в летний период на 15-20 Дб. Лиственные кустарниковые виды придорожной полосы (сирень венгерская) снижает уровень шума – на 6 дБ, посадки ели – на 7 дБ и сосны – на 9 дБ [3]. По-

тенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) в обследованных нами городах Субарктики был более низким в сравнении с Санкт-Петербургом, что снижает нагрузку на регулирующие (фильтрационные) услуги их ЗИ. Продолжительный период залегания снежного покрова, а в Заполярье и полярной ночи оказывает неблагоприятное воздействие на психическое здоровье человека. Большую часть года жителей окружает монохромный ландшафт. ЗИ, привнося разнообразие цветовой гаммы, помогает людям справиться с цветовым голоданием, особенно выраженном в городах Субарктики.

*Геолого-геоморфологические условия* оказывают существенное влияние на востребованность регулирующих ЭУ. Скальный характер грунтов и значительные перепады высот северных модельных городов определяет высокую значимость *противоэрозионных* регулирующих ЭУ. Растения улучшают водопроницаемость почвы, тем самым *сокращая поверхностный сток*. Регулирование поверхностного стока ЗИ оказалось более важным для Тромсё по причине большого общего уклона поверхности. Кроме того, в Тромсё доля запечатанных территорий выше, чем в Мурманске.

*Гидрологические условия* Санкт-Петербурга характеризуются близким залеганием грунтовых вод, что повышает значимость регулирующей ЭС функции ЗИ в результате перераспределения поверхностного стока и транспирации влаги. Заметим, что процесс транспирации, который в условиях сильных ветров, типичных для северных городов, возрастает на 30-50%, делает эту ЭУ значимой для их пониженных участков, препятствуя заболачиванию.

*Социально-экономические условия* для модельных городов влияют на инвестирование в развитие ЗИ и её организацию, её рекреационного использование. Это особенно выражено в различиях Мурманска и Тромсё. ЗИ Мурманска составляет 61% от площади города, а в Тромсё – около 54%, однако экономические факторы способствуют более экологически обоснованному и разнообразному развитию ЗИ в Тромсё, тогда, как в Мурманске значительную долю ЗИ составляют просто лесные участки, вошедшие в черту города. Рекреационные ЭУ этих городов во многом совпадают, однако только в Мурманске востребованы обеспечивающие экосистемные услуги ЗИ. Традиционно в России существует культура сбора ягод и грибов, это занятие в большинстве случаев является одним из видов рекреации, при этом позволяющее по результатам прогулки ещё и иметь бонус в виде дикорастущей продукции (такое поведение более характерно для старшего поколения) Регулирующая фильтрационная (для воздуха) ЭУ более значима для Мурманска и Санкт-Петербурга, где недостаточно хорошо регулируются автотранспортные потоки, формирующие загрязнение воздуха. В Тромсё существует городская система туннелей, убирающая транзитный трафик с улиц города, более строгие экологические меры ограничений использования устаревших автомобилей, существенная доля электромобилей на дорогах общего пользования, снижающих значимость этой ЭУ.

Историко-культурные различия модельных городов отражаются на формах развития ЗИ: например- регулярные и английские парки в ЗИ Санкт-Петербурга, исторически сложившееся слабое озеленение придорожных пространств в Тромсё и предусмотренное генеральным планом в Мурманске и т. д. Удивительными кажутся и некоторые предпочтения растений ЗИ в Тромсё. Так, борщевик настолько распространён в Тромсё, что местные жители называют его «Тромсёйской пальмой». Несмотря на очевидные минусы его распространения, по результатам опросов, жители выделили именно борщевик как символ города и даже назвали его значимым элементом традиционного пейзажа, формирующим чувство местной идентичности.

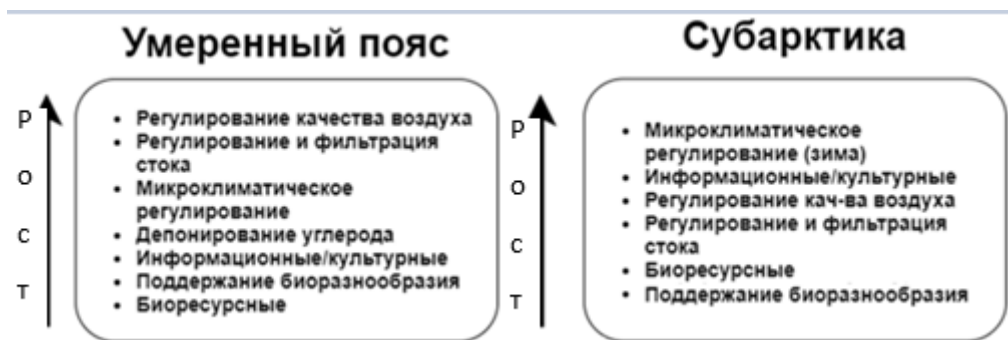
Пулы рассмотренных экосистемных услуг формируются за счет притока в основном солнечной энергии, что предопределяет их широтные географические различия. Дальнейшая их дифференциация зависит от секторальных особенностей территории, её рельефа., геологического строения и т. д. Для каждой категории экосистемных услуг формируются пулы, первичная (дополевая) оценка которых возможна с использованием различных характеристик, отражающих скорости накопления и разложения органического вещества, эксергией геосистемных процессов: фильтрационной способностью растительного покрова и почв, альбедо и др., хроматическими характеристиками и рекреационной привлекательностью геосистем (информационные экосистемные услуги) и т. д. Не ставя перед собой задачу количественной оценки пулов экосистемных услуг, мы приняли попытку сопоставления ряда из них в субарктических (в пределах рассматриваемой модельной территории) и умеренных (в пределах южной тайги ЕТР) зональных геосистемах (табл.1). Заметим, что, хотя проведенное сопоставление может рассматриваться как первичное, оно дает представление о макрогеографических различиях в пулах экосистемных услуг. Для такой оценки использованы литературные данные [1,2].

Таблица 1

**Сравнение пулов экосистемных услуг природных геосистем субарктики (лесотундра) и умеренного пояса (южная тайга)**

	Субарктика	Умеренный	Соотношение
<i>Поддерживающие:</i>			
Пул углерода (фитомасса в млн. тонн С)			
Наземная часть	2176	5081	0,43
Зеленая часть	334	379	0,88
Подземная часть	865	1272	0,68
Всего	3375	6832	0,49
<i>Биоразнообразие:</i>			
Гнездящиеся виды птиц	204 (тундра) 263 (сев. Тайга)	241	0,91
Виды сосудистых растений	276	535	0,52
<i>Регулирующие:</i>			
Эксергия			
Испарение, мм/год	100	350	0,35
Транспирация, макс. на 1 г сырого веса	0,438	0,502	0,87
Альбедо, %	25	12	2,08
Фильтрационные (мощность почвенного профиля, м)	0,4	1,0	0,40
<i>Продукционные:</i>			
Ягодные дикоросы кг/га	90	420	0,21
<i>Информационные:</i>			
Хроматические характеристики (лето)	4	5	0,80
Рекреационные	5	3	1,67

Сравнение пулов экосистемных услуг, показывающее их существенную ограниченность в Субарктике, нацеливает на проведение их приоритезации в ЗИ для обеспечения поддержания наиболее востребованных и дефицитных из них в дополнение к приоритезации по социальным критериям. Рейтинг экосистемных услуг на основе полученных данных мы оцениваем экспертно (рис.2).



**Рис. 2.** Экспертная приоритезация ЭУ городов Умеренного и Субарктического поясов.

Практическое значение проведенного исследования заключается в том, что усилия муниципалитетов по поддержанию ЗИ должны быть направлены в первую очередь на обеспечение приоритетных экосистемных услуг, имеющих определяющее значение для формирования комфортной среды проживания жителей.

#### Список литературы

1. Заварзин Г. А. (ред.) Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах., /М.: Наука, 2007, 315с
2. Сандлерский Р. Б., Пузаченко Ю. Г. Термодинамика биоценозов: взгляд из космоса. Научно-популярный синопсис к статье: Термодинамика биогеоценозов на основе дистанционной информации, Журнал общей биологии, Выпуск 2, Том 70, 2009 г.
3. Муканов Б. М., Майсупова Б. Ж., Шабалина М. В. Дендрология. – 2010.
4. Konstantinov P. I., Grishchenko M. Y., Varentsov M. I. Mapping urban heat islands of arctic cities using combined data on field measurements and satellite images based on the example of the city of Apatity (Murmansk Oblast) //Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2015. – Т. 51. – №. 9. – С. 992-998.
5. Stolt E. Vegetationens förmåga att minska expositionen för bilavgaser (The ability of vegetation in decreasing exposure to car fumes) //Göteborgs Universitet på uppdrag av Göteborgs Hälsovårdsavdelning (quoted from Svensson and Eliasson 1997, in Swedish). – 1982.

## ТИПОЛОГИЯ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО СТЕПЕНИ МИЛИТАРИЗАЦИИ

Конюхова М. А.

Курский Государственный Университет. Город Курск.

mary.konyhova1998@yandex.ru

Научный руководитель:

к. г.н., доцент Казаков Станислав Геннадьевич

## TYPOLOGY OF ENTITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION BY DEGREE OF MILITARIZATION

Konyukhova M.A.

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности территориального размещения Вооружённых сил Российской Федерации, также разработана типология субъектов Российской Федерации по степени милитаризации с преобладанием частей одного из видов или отдельных родов войск.

**Ключевые слова:** Российская Федерация, вооружённые силы, типология, милитаризм.

**Abstract.** The article deals with features of the Russian Armed Forces' spatial distribution. The typology of the Russian federation subjects according to the militarization with an emphasis on parts of one type of forces or on a separate branch of the military was/is also developed.

**Keywords:** Russian Federation, armed forces, typology, militarism.

Мир изменяется буквально на глазах. С политической карты исчезают одни государства и возникают новые. Совсем недавно бурно развивавшиеся и лидировавшие в экономическом отношении страны переходят в состояние стагнации, а затем и депрессии. На ведущие позиции в общественной жизни выходят новые общественные группы и политические партии. Кризис, беспокойная ситуация, конфликты по всему миру, война – армия надёжный гарант суверенитета.

Наши войны, наша защита, оборона страны от различных внутренних и внешних врагов связаны в основном с географическим фактором, который ни раз спасал нашу страну от агрессии извне. Сегодня, в условиях глобализации мирового развития, ускорения темпов этого развития, пространственно-временного фактора, мы видим, что географический фактор снова является определяющим для нашей страны [2].

Географическое положение нашей страны обязывает нас иметь особые вооружённые силы со всеми ее видами и родами войск.

Вооружённые силы Российской Федерации – это государственная военная организация Российской Федерации, предназначенная для отражения агрессии, направленной против неё, для вооружённой защиты территориальной целостности и неприкосновенности её территории, а также для выполнения задач в соответствии с международными договорами [1].

Территориально Вооружённые силы Российской Федерации разделены между четырьмя военными округами и одним объединённым стратегическим командованием (рис.1):

- Западный военный округ
- Южный военный округ
- Центральный военный округ
- Восточный военный округ
- Объединенное стратегическое командование «Север»



**Рис. 1.** Вооружённые силы Российской Федерации\*

\*Составлено автором

Структура Вооруженных Сил Российской Федерации разработана в соответствии с политической ситуацией, сложившейся в мире после распада СССР и в связи с вновь возникшими вызовами и угрозами. Она призвана обеспечить эффективность боевого применения вооруженных сил при существенном упрощении взаимодействия различных видов вооружённых сил и совершенствовании системы управления войсками.

В армии РФ в зависимости от среды проведения военных действий установлено следующее разделение на виды войск:

- сухопутные войска;
- военно-морской флот;
- воздушно-космические силы.

Каждый из них может проводить ведение боевых действий, как по отдельности, так и взаимодействуя друг с другом.

В составе Вооружённых сил РФ имеются отдельные рода войск:

- ракетные войска стратегического назначения;
- воздушно-десантные войска.

Наблюдается неравномерное размещение все видов и отдельных родов Вооруженных сил РФ. Самое большое концентрирование Вооружённых сил Российской Федерации сосре-



доточено по границам нашей страны (рис.2). Это обусловлено тем, что одной из главных задач вооруженных сил является охрана российской границы.

На основании всего собранного и изученного материала мы создадим типологию субъектов Российской Федерации по степени милитаризации с преобладанием частей одного из видов или отдельных родов войск.

Милитаризм – это политика усиления военной мощи, наращивания вооружений и активизации военных приготовлений страны [3].



**Рис. 2.** Количество военнослужащих на 1000 жителей\*

\*Составлено автором

Субъекты Российской Федерации разделены на 10 типов территории (рис.10):

1. Высокомилитаризованная территория с преобладанием частей Военно-морского флота;
2. Высокомилитаризованная территория с преобладанием частей Сухопутных войск;
3. Среднемилитаризованная территория с преобладанием частей ВМФ;
4. Среднемилитаризованная территория с преобладанием частей СВ;
5. Среднемилитаризованная территория с преобладанием частей Воздушно-космических сил;
6. Низкомилитаризованная территория с преобладанием частей СВ;
7. Низкомилитаризованная территория с преобладанием Воздушно-космических сил;
8. Низкомилитаризованная территория с преобладанием Ракетных войск стратегического назначения;
9. Низкомилитаризованная территория с преобладанием Воздушно-десантных войск;
10. Тыловая территория с отсутствием воинских частей.



Рис. 3. Типология субъектов Российской Федерации по степени милитаризации\*

\*Составлено автором

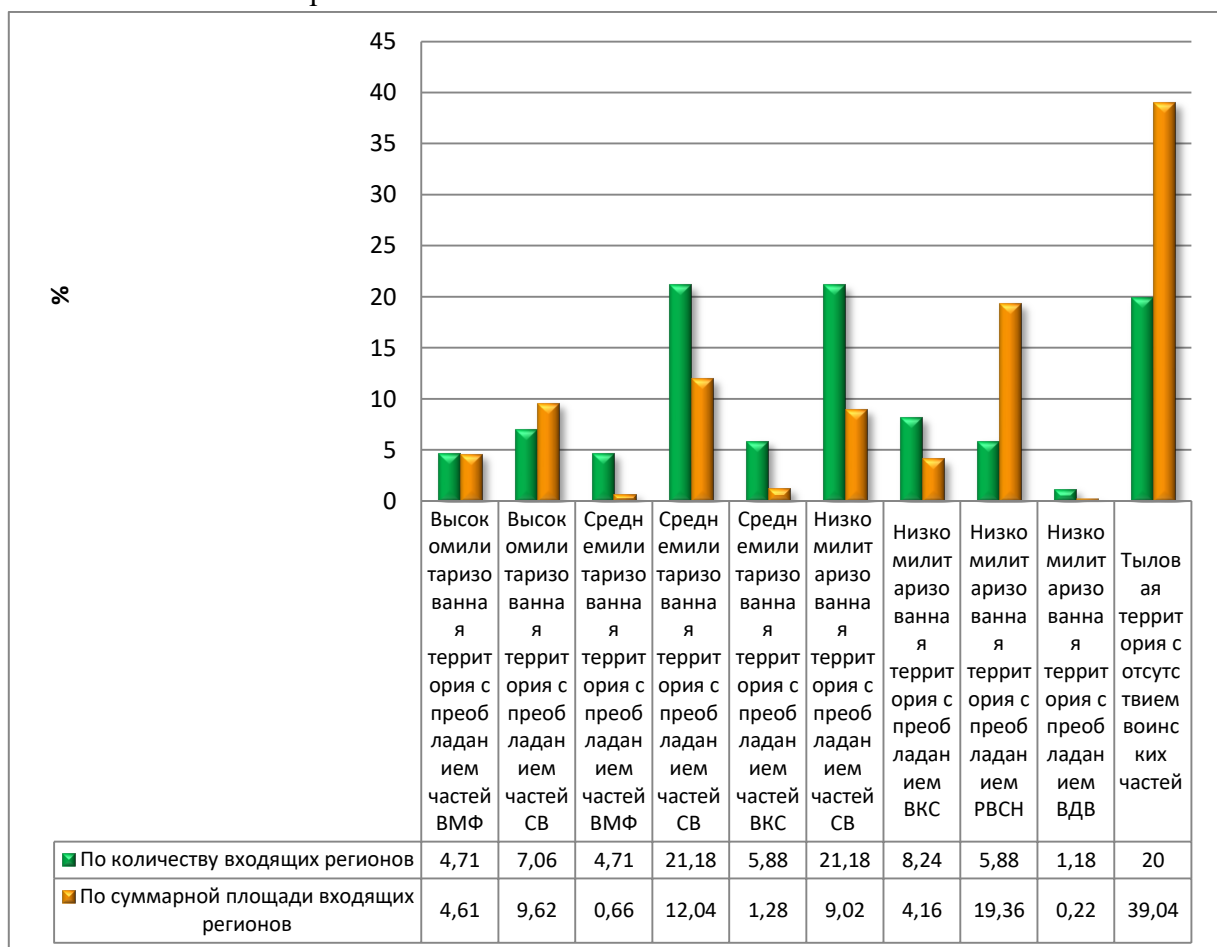


Рис. 4. Схема соотношения типов субъектов РФ по степени милитаризации\*

\*Составлено автором

Среди всех типов территории, по количеству входящих регионов(в процентном соотношении), преобладают среднемилитаризованная и низкомилитаризованная территория с преобладанием частей Сухопутных войск. На них приходится по 21,18 % всех регионов страны. По суммарной площади (в процентном соотношении) входящих регионов на наибольшую площадь имеет тыловая территория с отсутствием воинских частей, на нее приходится 39,04% всей территории страны. 19,36% территории занимает низкомилитаризованная территории с преобладанием Ракетных войск стратегического назначения, за счёт Красноярского края, входящего в этот тип. Самый маленький процент и по количеству входящих регионов и по площади имеет низкомилитаризованная территория с преобладанием Воздушно-десантных войск, в которую входит одна область (Ульяновская) (рис.4).

#### Список литературы

1. Вооружённые силы Российской Федерации. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вооружённые\\_силы\\_Российской\\_Федерации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вооружённые_силы_Российской_Федерации)
2. Захарченко, И. А. Военная география прошлое и настоящее// Военная мысль № 3. 2001. с. 29-33 – Текст : непосредственный.
3. Милитаризм. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BC>
4. Численность населения. URL: <https://russia.duck.consulting/maps/31/2019>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ  
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛОГО МОРЯ ИНСТИТУТОМ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ.**

**П. П. ШИРШОВА РАН**

Коробов В. Б., Шевченко В. П.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Москва

szoioran@mail.ru

**STUDY OF THE GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF THE COASTAL ZONE OF THE  
EASTERN PART OF THE WHITE SEA BY THE SHIRSHOV INSTITUTE OF  
OCEANOLOGY OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

Korobov V.B., Shevchenko V.P.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences. Moscow

szoioran@mail.ru

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследования геоэкологических условий, проводимых Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН в прибрежной зоне восточной части Белого моря в течение последних десятилетий. Приведены основные итоги исследований факторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование экосистем этого региона: сток Северной Двины, процессы в устьевых областях малых рек, состав снежного покрова, аэрозоли в приземном слое атмосферы и вклад дальнего атмосферного переноса в загрязнение. Определены основные направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** Белое море, прибрежная зона, геоэкология, устьевая область, снежный покров, аэрозоли, дальний перенос.

**Abstract.** The article presents the results of the study of geoeological conditions, carried out by the Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences in the coastal zone of the eastern part of the White Sea over the past decades. The main results of studies of the factors that have the greatest influence on the formation of ecosystems in this region are presented: the runoff of the Severnaya Dvina River, processes in the mouth areas of small rivers, the composition of the snow cover, aerosols in the near-surface layer of the atmosphere and the contribution of long-range atmospheric transport to pollution. The main directions of further research are determined.

**Keywords:** the White Sea, coastal zone, geoeology, river mouth zone, snow cover, aerosols, long-range transport.

**Введение.** Прибрежные части морей и океанов отличаются особыми природными условиями, обусловленными функционированием этих зон на стыке гидросферы, атмосферы и литосферы [1]. Основными факторами, влияющими на её состояние, являются: строение берегов, мелководность прибрежной зоны, речной сток, циркуляция атмосферы. При этом проявление их зависит от масштабов самих природных явлений и процессов, различное сочетание которых даёт такое богатство экосистем.

Белое море представляет собой уникальный природный объект, в котором многие из явлений очень чётко выражены [5, 12, 24], что делает его естественной лабораторией для исследований, позволяющих нам лучше понять процессы, протекающие в арктических экоси-

стемах. Поэтому Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН, начиная с конца XX века и по настоящее время здесь проводятся интенсивные исследования. Акцент был сделан на восточную часть, в которой действуют все упомянутые факторы, и их легче исследовать ещё и по причине относительной транспортной доступности.

За более чем двадцатилетнюю историю институтом было проведено несколько десятков экспедиций и выездов, в ходе которых проведено множество измерений и отобрано большое количество проб [Лисицын, 2012; Лисицын и др., 2003], обобщение и анализ которых дали возможность получить заслуживающие внимания результаты, выходящие в ряде случаев за рамки данного региона, наиболее важные из которых и будут изложены в настоящей публикации.

**Сток Северной Двины и площадь её водосбора.** Северная Двина – одна из наиболее крупных рек севера европейской части России, и её сток составляет 4% в водном балансе Белого моря. В её устьевой области хорошо выражены процессы смешения речных и морских вод. Это позволило провести исследования в рамках фундаментальной теории маргинального фильтра, разработанной академиком А. П. Лисицыным [11]. В маргинальном фильтре Северной Двины проводились исследования водной взвеси, взвешенного органического углерода, растворённых веществ и коллоидов [4, 10, 25], донных осадков (распространения в них нефтяных углеводородов и тяжелых металлов [17, 22]. Для лучшего понимания такого важного параметра как твёрдый сток, проводились широкомасштабные исследования на площади водосбора Северной Двины, охватившие огромную территорию, вплоть до южной границы Архангельской области [12, 13, 14]. Такие интегральные параметры геохимического поведения растворённых и взвешенных веществ как их потери в зоне маргинального фильтра Северной Двины показывают, что некоторые особенности бассейна Северной Двины и всего Белого моря (высокая увлажнённость, низкая мутность речных вод, высокое содержание в них органического вещества, не столь высокая биологическая активность, как в эстуариях других климатических зон и т. д.) являются, по видимому, причинами менее активного воздействия седиментационных и биогеохимических процессов на осадочном веществе. По материалам экспедиционных работ, данным государственного мониторинга и литературным источникам выполнена комплексная оценка экологической ситуации в устьевой области [9]. Несмотря на локальную загрязнённость, ситуацию в устьевой области нельзя назвать острой. Показано, что имеется ряд нерешённых проблем, что не даёт возможности оценить характер распространения и накопления поллютантов на её акватории, такие как перераспределение стока через протоки дельты, влияние стратификации атмосферы на состав аэрозолей, пространственная и временная неоднородность загрязнения, поведение экосистемы при аварийных ситуациях, появление новых видов поллютантов.

**Устьевые области малых рек.** В Белое море, как и во все арктические моря, впадает большое количество малых рек (площадь водосбора которых менее 2000 км<sup>2</sup>). С конца прошлого века до 2013 г. проводились рекогносцировочные исследования устьевых областей нескольких малых рек, в ходе которых было установлено, что каждая из них обладает индивидуальными особенностями [6]. На основании полученных данных было принято сосредоточить основные исследования на устьевой области р. Кянда, впадающую в Онежский залив, что позволило получить ряд новых результатов о физических, химических и биологических процессах [15]. В то же время продолжают исследования в других устьевых областях, причём каждый год экспедициями охватываются новые объекты: Мудьюга, Кулой и другие, что позволило уже перейти от индивидуальных особенностей малых рек к некоторым закономерностям их режима и влиянию их на экосистемы прибрежной зоны Белого моря [16]. Параллельно сотрудниками МГУ им. М. В.

Ломоносова было отмечено парадоксальное – с точки зрения классической гидродинамики, такое явление как отрицательная турбулентная вязкость, природа которого ими исследована в связи с механизмом диссипации энергии в турбулентных потоках на фоне циклических колебаний уровня воды и реверсивных течений в приливных устьях [2]. Это ещё раз подтверждает уникальность системы Белого моря как природного объекта.

**Химический состав снежного покрова.** Белое море и большая часть его площади водосбора находится в зоне избыточного увлажнения. Это значит, что в его водном балансе существенную роль играют атмосферные осадки. Поэтому изучение их состава стало одним из направлений исследования прибрежных экосистем. В прибрежной зоне на формирование химического состава осадков оказывают влияние как процессы над морем, так и на суше. Было установлено, что вследствие такого сочетания: 1. В прибрежных и морских районах происходит обогащение снежного покрова натрием и хлоридами. Повышенные концентрации сульфатов, обусловленные влиянием моря, фиксируются в прибрежных зонах Баренцева и Белого морей. Вклад антропогенных источников в загрязнение снежного покрова сульфатами является преобладающим в центре Кольского п-ова. 2. За счет роста концентраций гидрокарбонатов в большинстве случаев происходит увеличение уровня рН, в то время как пониженные значения уровня рН в основном связано со снижением в снеге концентраций катионов Na, K, Mg, Ca, нейтрализующих кислоты. 3. В общем случае корреляция между концентрацией вещества в снежном покрове и в атмосферных осадках незначительная. Это говорит о различии в процессах формирования ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова, а также о значительном вкладе поступления химических веществ в снежный покров в результате осаднения. 4. Формирование ионного состава снежного покрова происходит под влиянием естественных и антропогенных факторов, их соотношение зависит от расстояния от крупных промышленных центров [8]. Дальнейшие исследования подтвердили эти выводы [21].

**Аэрозоли в приземном слое атмосферы.** В конце прошлого века окончательно стало понятно, какую роль играют атмосферные аэрозоли в процессах осадконакопления в океанах и морях и экологических процессах, в том числе и в Арктике [23]. Для углубления понимания этих процессов в Белом море были проведены масштабные натурные наблюдения, позволившие получить важную информацию о составе аэрозолей и влиянии на них атмосферных условий [18, 19]. В целом, концентрации изученных химических элементов в аэрозолях Белого моря находятся на уровне, близком для других районов Арктики, повышаясь в окрестностях крупного промышленного центра Архангельска.

**Дальний перенос.** Во время исследований распространения атмосферных аэрозолей было установлена важная роль дальнего переноса в формировании их состава над Белым морем и прилегающих территориях [7]. Были проведены модельные расчёты, позволившие оценить поступление ряда веществ в этот регион, например, вклад европейских источников в загрязнение некоторыми тяжёлыми металлами северных районов [3].

**Заключение.** Выполненные и продолжающиеся исследования восточной части прибрежной зоны Белого моря позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, дифференция природных условий оказалась существенно выше, чем предполагалось. Во-вторых, основной вклад в это вносят приливные движения морских вод и малые реки. В-третьих, на состав атмосферных аэрозолей и, как следствие, загрязнение природной среды, оказывают влияние не только местные источники, но и дальний перенос.

Также стало понятным, какие исследования и работы следует продолжать и выполнить. Во-первых, необходимо расширить число исследуемых устьевых областей малых рек.

Во-вторых, необходимо разработать гидродинамическую модель, поскольку самая современная на сегодняшний день модель не отражает всех процессов в прибрежной зоне [20]. В-третьих, получить более точные оценки накопления различных веществ в природных архивах, какими являются донные осадки моря, рек и озёр, почвенный и растительный покров.

#### Список литературы

1. Айбулатов Н. А., Артюхин Ю. В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 304 с.
2. Алабян А. М., Панченко Е. Д., Алексеева А. А. Особенности динамики вод в приливных устьях малых рек бассейна Белого моря. – Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 4. С. 39-48.
3. Виноградова А. А., Котова Е. И. Вклад источников Европы в загрязнение свинцом и кадмием северных районов европейской России. – Живые и биокосные системы. 2018. № 23. С. 2.
4. Гордеев В. В., Дара О. М., Алексеева Т. Н., Коченкова А. И., Боев А. Г., Лохов А. С., Белоруков С. К. Сезонные вариации гранулометрического и минерального состава взвеси в маргинальном фильтре Северной Двины (Белое море). – Океанология. 2020. Т. 60. № 3. С. 442–451.
5. Залогин Б. С., Косарев А. Н. Моря. М.: Мысль, 1999, 400 с.
6. Коробов В. Б. Исследования режима устьевых областей рек Белого моря. // Геология морей и океанов. Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 3. Москва, 16-20 ноября 2015 г. – М.: ГЕОС, 2015, с. 199-202.
7. Котова Е. И. Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики. – Диссертация кандидата географических наук. Ростов-на-Дону. 2013.
8. Котова Е. И., Коробов В. Б., Шевченко В. П. Особенности формирования ионного состава снежного покрова в прибрежной зоне западного сектора арктических морей России. – Современные проблемы науки и образования, 2012, № 6; URL: [www.science-education.ru/106-7843](http://www.science-education.ru/106-7843) (дата обращения: 11.08.2020).
9. Котова Е. И., Коробов В. Б., Шевченко В. П., Иглин С. М. Экологическая ситуация в устьевой области реки Северной Двины (Белое море). – Успехи современного естествознания, 2020, № 5, с. 121-129.
10. Коченкова А. И., Новигатский А. Н., Гордеев В. В., Коробов В. Б., Белоруков С. К., Лохов А. С., Яковлев А. Е. Особенности сезонного распределения взвеси и органического углерода по данным обсерватории “Маргинальный фильтр реки Северная Двина”. – Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 2. С. 96–111.
11. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов. – Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
12. Лисицын А. П. Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого водосбора». – Система Белого моря. Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. Отв. ред. А. П. Лисицын, ред. И. А. Немировская, В. П. Шевченко. М.: Научный мир, 2010. С. 353–445.

13. Лисицын А. П. Рассеянное осадочное вещество в геосферах Земли и в системе Белого моря. – Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. Отв. ред. А. П. Лисицын, ред. И. А. Немировская. М.: Научный мир, 2012. С. 19–47.
14. Лисицын А. П., Шевченко В. П., Буренков В. И., Копелевич О. В., Васильев Л. Ю. Взвесь и гидрооптика Белого моря – новые закономерности количественного распределения и гранулометрии. – Актуальные проблемы океанологии. – Гл. ред. Н. П. Лавёров. М.: Наука, 2003. С. 556–607.
15. Мискевич И. В., Алабян А. М., Коробов В. Б., Демиденко Н. А., Попрядухин А. А. Исследования короткопериодной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устья реки Кянда в Онежском заливе Белого моря (28 июля – 15 августа 2016 г.). – Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 369–373.
16. Мискевич И. В., Чульцова А. Л., Мосеев Д. С. Марши мезо-макроприливных эстуариев рек арктической зоны как источник растворённого органического азота для водных экосистем. – Естественные и технические науки. 2018. № 4 (118). С. 75-81.
17. Немировская И. А., Шевченко В. П., Богунов А. Ю. Содержание и состав углеводородов в донных осадках на геохимическом барьере Северная Двина-Белое море. – Доклады Академии наук. 2007. Т. 414. № 2. С. 243-248.
18. Польшкин В. В., Голобокова Л. П., Козлов В. С., Коробов В. Б., Лисицын А. П., Панченко М. В., Пескова М. А., Ходжер Т. В., Шевченко В. П. Оценка связи микрофизического и химического состава для приводного аэрозоля Белого моря. – Оптика атмосферы и океана, том 17, 2004, № 5-6, с. 377-385.
19. Польшкин В. В., Панченко М. В., Грищенко И. В., Коробов В. Б., Лисицын А. П., Шевченко В. П. Исследования дисперсного состава приводного аэрозоля Белого моря в конце летнего сезона 2007 года. – Оптика атмосферы и океана. 2008, том 21, № 10, с. 836-840.
20. Семёнов Е. В., Бреховских А. Л., Галёркина Н. Л. Элементы циркуляции вод Белого моря по результатам численного моделирования. – Новые идеи в океанологии. М.: Наука. Т. 1: Физика. Химия. Биология. 2004. С. 143-158.
21. Стародымова Д. П., Шевченко В. П., Белоруков С. К., Булохов А. В., Коробов В. Б., Яковлев А. Е. Геохимия рассеянного осадочного вещества снега в Приморском районе Архангельской области. – Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 140-145.
22. Федоров Ю. А., Овсян А. Э., Лисицын А. П., Доценко И. В., Новигатский А. Н., Шевченко В. П. Закономерности распределения ртути в донных отложениях по разрезу река Северная Двина – Белое море // Доклады Академии наук. 2011. Т. 436. № 1. С. 99–102.
23. Шевченко В. П. Аэрозоли – влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва. 2000. 213 с.
24. Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Naumov A., Rat'kova T., Savinov V., Savinova T. White Sea: Ecology and Environment. St. Petersburg, Tromsø: Derzavets, 2001. 157 p.
25. Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Viers J., Gordeev V.V., Shevchenko V.P., Chupakov A.V. Dissolved organic carbon and organo-mineral colloids in the mixing zone of the largest European arctic river. – Dissolved Organic Matter (DOM): Properties, Applications and Behaviour. – Pokrovsky O.S., Shirokova L. (eds.). New York: Nova Science Publishers, 2017. P. 273–291.



## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СЕВЕРНОЙ СВАЛКИ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Костенко С. С.

Институт наук о Земле, Южный федеральный университет. г. Ростов-на-Дону  
kostencko.sweta1998@yandex.ru

## SOCIO-ECONOMIC BENEFITS OF RECLAMATION OF THE NORTHERN LANDFILL IN ROSTOV-ON-DON

Kostenko S.S.

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov on Don  
kostencko.sweta1998@yandex.ru

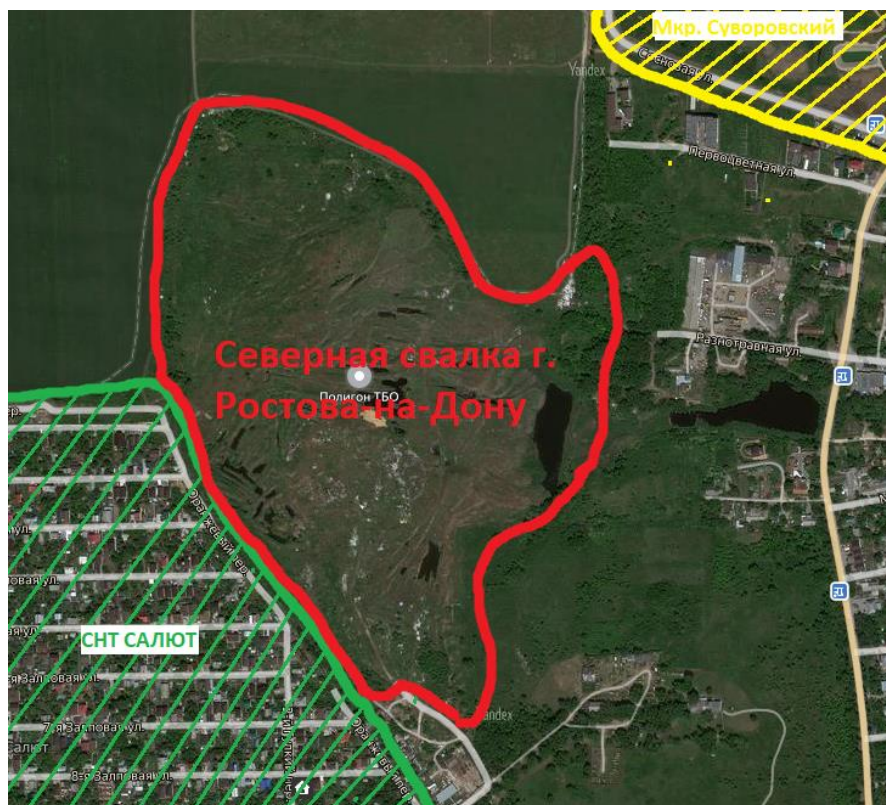
**Аннотация.** Более 7 млрд т различных видов отходов образуется на территории Российской Федерации. В настоящее время только твердых бытовых отходов (ТБО) свыше 80 млрд. т. Самым распространённым, самым выгодным (по стоимости утилизации) и самым простым методом утилизации и обезвреживания твердых коммунальных и части промышленных отходов является депонирование (складирование) отходов на полигонах, а менее добросовестные транспортные фирмы вывозят мусор на несанкционированные полигоны, иначе говоря – свалки. Так, например, в молодом микрорайоне Суворовский находится масштабная свалка получившая имя «Северная». Данная территории площадью более 20 Га имеет отличные перспективы в коммерческом и природоохранном направлениях.

**Ключевые слова:** рекультивация, свалка, экономика, инфраструктура

**Abstract.** More than 7 billion tons of various types of waste are generated on the territory of the Russian Federation. Currently, only solid household waste (MSW) is more than 80 billion tons. The most common, most profitable (in terms of cost of disposal) and the simplest method of disposal and neutralization of solid municipal and industrial waste is the Deposit (storage) of waste at landfills, and less conscientious transport companies take garbage to unauthorized landfills, in other words – landfills. So, for example, in the young neighborhood of Suvorovsky there is a large-scale dump named "Severnaya". This area of more than 20 Hectares has excellent prospects in commercial and environmental areas.

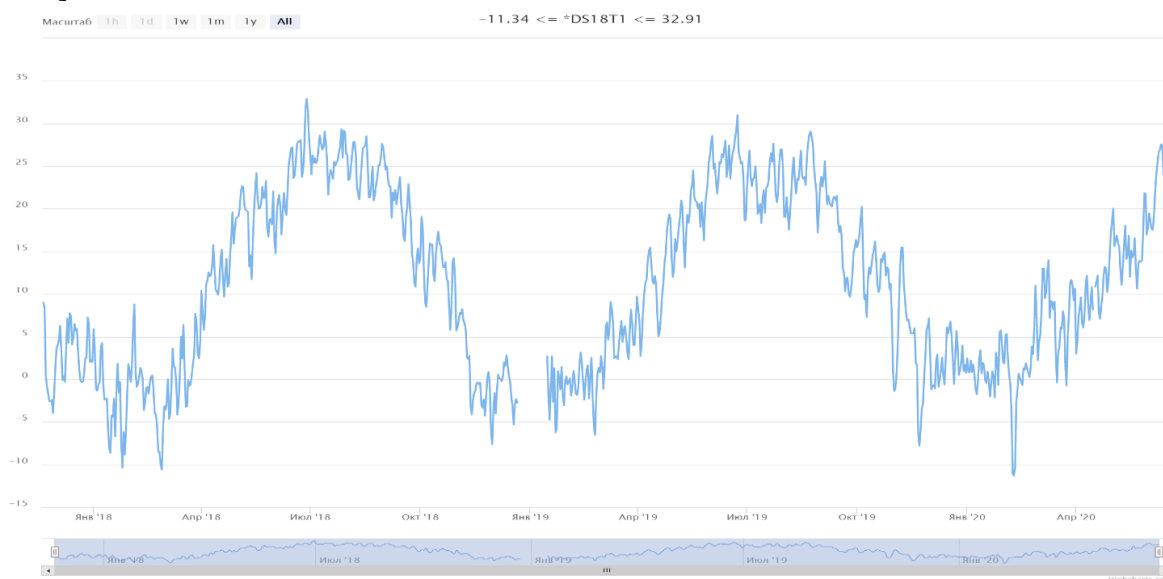
**Keywords:** reclamation, landfill, economy, infrastructure

Примером неудачного размещения полигона ТБО является городская свалка в Октябрьском районе г. Ростова-на-Дону, на границе с новым микрорайоном "Суворовский", известная как Северная свалка. Она была официально закрыта в 1993 г., но воплотила в себе все пороки несанкционированных свалок: крайне неудачное размещение свалки в долине Безымянного ручья (Западного притока реки Темерник), на неподготовленном участке, где возникали частые пожары, и, в тоже время, происходила раздача земли под садовые участки в санитарно-защитной зоне свалки и т. д. Грубые нарушения природоохранного законодательства при эксплуатации и консервации свалки привели к тому, что беспорядочно сбрасываемые твердые бытовые, строительные и, возможно, промышленные отходы теперь являются опасным источником загрязнения окружающей среды [1-5].



**Рис. 1.** Расположение Северной свалки по отношению к жилым и сельскохозяйственным территориям

Территория данной свалки является достаточно увлажненной (многочисленные водоёмы на ее территории не пересыхающие даже в летний период) и хорошо проветриваемой (см. рис. 2,3.). В исследованиях 2006-2009 гг. нагрузка в виде твёрдых пылевых неорганических и органических нагрузок росла. В последние года из-за постройки нового мкр. «Суворовский» движение воздушных потоков заметно изменилось, следовательно, произошло значительное увеличение пылевой нагрузки. Желательно было бы продумать проект ветрозащиты, что позволит снизить выветривание обнаженного и неоднородного по рельефу тела свалки [7-10].



**Рис. 2.** Изменение влажности воздуха в мкр. Суворовском [9]



**Рис. 3.** Изменение влажности воздуха в центре города Ростова-на-Дону [10]

Важным фактом размещения и физических особенностей можно назвать близкое расположение пахотной территории, которая отделена от свалки фактически исключительно автомобильной колеёй, тем самым значительно нарушая требования СЗЗ. Поверхностный слой почвы в большинстве – чернозём, который был полностью преобразован в результате создания свалки и в настоящее время представляет собой «слоёный пирог» из мусора и глины. На территориях садовых и частных жилых участков имеется очень разнообразный состав почв: от привозного чернозема до строительных, местами выходы коренных пород (известняк, песчаник).

На свалке с разной периодичностью происходят возгорания, что приводит к прогоранию слоев мусора, в то же время слои глины не затрагиваются пожарами, т. к. утрамбованы осадками и плотно связаны корнями разнотравной растительности. Как следствие – под воздействием силы тяжести слои глины могут обвалиться, образуя котлован.

На территории Северной свалки представлен достаточно разнообразный животный мир. Из-за отсутствия людей на данной территории животные чувствуют себя в определенной безопасности. На территории были замечены лисы, утки на водоёме, множество фазанов и зайцев, также большое количество лягушек. Обладая прекрасной кормовой базой здесь можно легко встретить много водяных и обыкновенных ужей.

Таким образом, обширная территория в настоящий момент является непригодной для планирования и сооружения необходимой инфраструктуры для молодого удаленного микрорайона. Проведение проекта рекультивации данной территории могло бы помочь улучшить ситуацию в районе, однако для этого необходимы инвесторы, которые будут видеть выгоду в данном проекте.

Социальный опрос населения охватил около 200 человек разного возраста и пола, 96,4 % опрошенных проживают в г. Ростове-на-Дону, ещё около 2% в Ростовской области. На вопрос «Испытывали ли вы неудобства от близкого расположения свалок? Какие?» более половины опрошенных ответили о неприятном запахе, особенно в летнее время года, а так же о

возгорания, очагом которого зачастую являются как раз места размещения отходов, благодаря накапливающемуся в процессе гниения органических отходов газа метана.

На вопрос «Становились ли вы случайным свидетелем того, как мусоровоз вместо полигона выгружает собранный мусор в случайном месте?» – 19,2% опрошенных ответили положительно, но положительным результатом это, к сожалению, назвать сложно. Я вижу необходимость в контроле организаций транспортирующих отходы, в частности регионального оператора, а так же ужесточения природоохранного законодательства, так как это с уверенностью можно назвать главной причиной возникновения крупных несанкционированных свалок.

Предложения по дальнейшему использованию территории отражены на рис. 4.



Рис. 4. Результаты опроса по использованию территории свалки после проекта рекультивации

Данная территория обладает перспективным географическим расположением, в связи с чем, необходимо создать качественный проект сотрудничества инвесторов и государственных органов, что позволит воплотить в жизнь на данной территории несколько проектов: парковая зона с сохранением природных условий, а также торговый комплекс, который будет источником для финансирования данной территории (оправдание затрат на рекультивацию и дальнейшее содержание)

Вся обширная территория нашей страны, занятая сейчас исключительно отходами, может стать экономически и экологически выгодными проектами. В мире уже имеется опыт преобразования бывших свалок в парковые зоны (например, парк Freshkills на острове Статен-Айленд в Нью-Йорке, где когда-то располагалась самая крупная в мире свалка), поэтому при должном заимствовании опыта и технологий возможно повышение привлекательности наших проектов в глазах инвесторов, в том числе иностранных.

## Список литературы

1. Фомина Е. Ю., Григоренко К. С. Европейский опыт проектов по санации старых полигонов ТБО // Вестник ИрГТУ, 2012. №6 (65). 123 с.
2. Казакова Л. Г. Рекультивация территорий несанкционированных свалок урбанизированных зон // Вестник Сибирский государственного индустриального университета, 2018. №2 (24). 30 с.
3. Публичная кадастровая карта, 2010-2016. URL: <https://pkk5.rosreestr.ru/> (дата обращения: 09.03.2020)
4. Приваленко В. В., Кузнецов И. Н., Демченко С. Г. Эколого-геохимический мониторинг на полигонах ТОПП г. Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону: Российская академия наук, Южный научный центр, 2009.
5. Приваленко В. В., Безуглова О. С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Ростов-на-Дону. СКНЦВШ, 2003. 290 с.
6. Средство массовой информации: РИА Новости, 16.12.2011. URL: <https://ria.ru/20111216/518296937.html> (дата обращения: 08.03.2020)
7. Назаренко О. В. Оценка региональных изменений метеорологических показателей и их влияния на уровень грунтовых вод (на примере г. Ростова-на-Дону). Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 549.
8. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи // Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Естеств. науки. 2019. № 4 (204). С. 84-90.
9. Сайт: «Народный мониторинг», станция «D6320» 12.05.2020. URL: <https://narodmon.ru> (дата обращения: 12.05.2020)
10. Сайт: «Народный мониторинг», станция «D66472» 12.05.2020. URL: <https://narodmon.ru> (дата обращения: 12.05.2020)

**ВЛИЯНИЕ МОРСКОГО АЭРОЗОЛЯ НА СОСТАВ СНЕГА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ  
ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

Котова Е. И., Коробов В. Б.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва

e-mail: ecopp@yandex.ru

**INFLUENCE OF SEA AEROSOL ON THE SNOW COMPOSITION IN THE COASTAL  
ZONE OF THE ARCTIC SEAS (WESTERN SECTOR)**

Kotova E.I., Korobov V.B.

Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

e-mail: ecopp@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы – оценить влияние морского аэрозоля на состав снежного покрова прибрежных территорий западной части российской Арктики. Установлено, что значимое влияние на состав снежного покрова прибрежных станций в сравнении с континентальными оказывают морские аэрозоли, по большей части поступающие в результате дальнего переноса с незамерзающих акваторий Баренцева моря и севера Атлантики. В среднем по территории солёность морских вод не влияет на концентрации ионов в снежном покрове.

**Ключевые слова:** морской аэрозоль, снежный покров, Арктика.

**Abstract.** The aim of work is to assess the effect of sea aerosol on the snow cover composition in the coastal territories of the Russian Arctic Western part. It was found that a significant impact on the snow cover composition of coastal stations in comparison with continental ones is caused by marine aerosols, coming from long-range transport from non-freezing waters of the Barents sea and the North Atlantic mostly. The salinity of sea waters does not affect the concentration of ions in the snow cover.

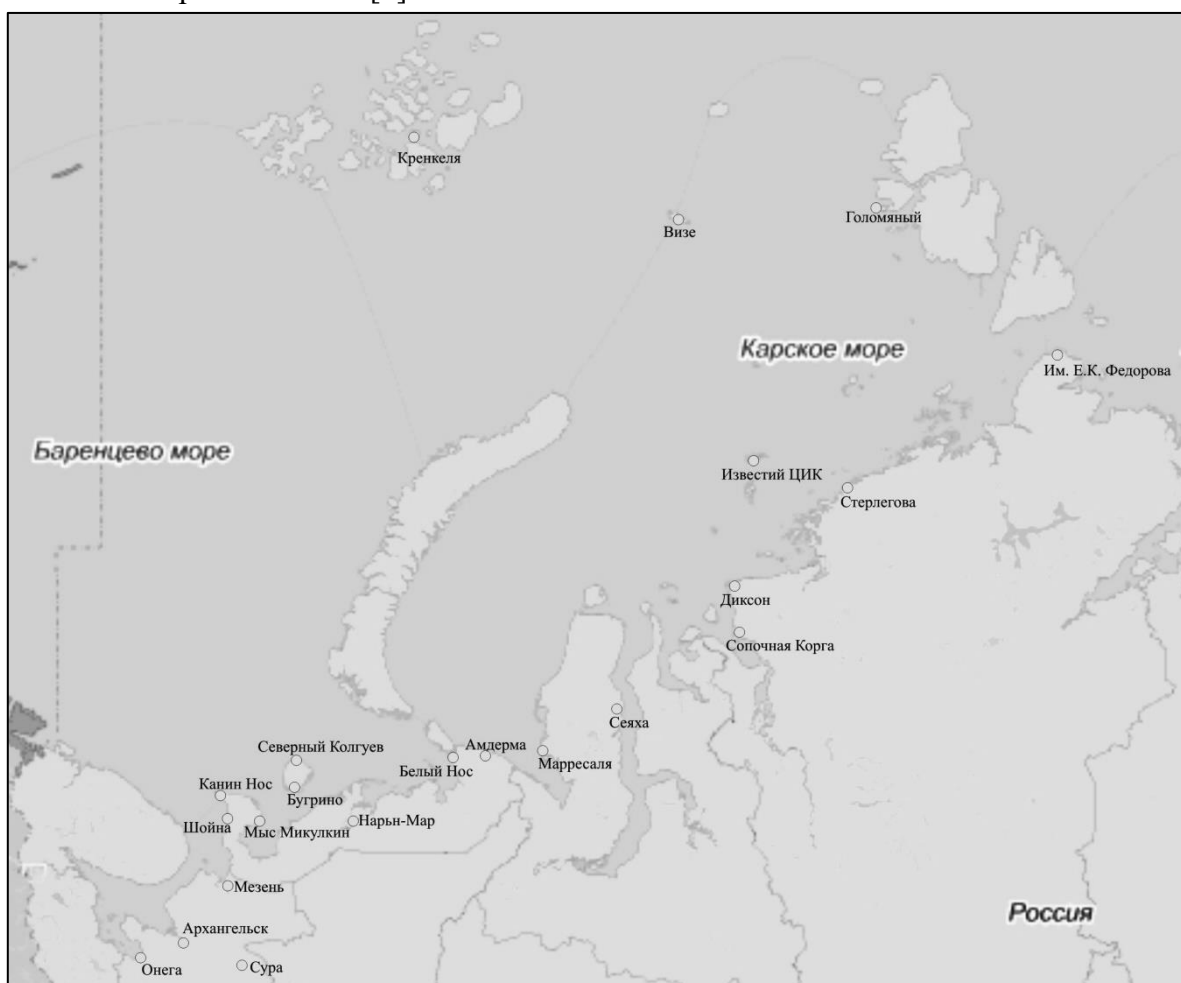
**Keywords:** marine aerosol, snow cover, Arctic.

**Введение.** В прибрежной зоне западной части российской Арктики морские аэрозоли играют значимую роль в процессе формирования состава компонентов окружающей среды [6, 7, 11]. Несмотря на то, что в зимний период большая часть акваторий покрыта льдом, морской аэрозоль поступает от незамерзающих акваторий Баренцева моря, через трещины и полыньи.

Цель данной работы – оценить влияние морского аэрозоля на состав снежного покрова прибрежных территорий. При этом принимался во внимание тот факт, что солёность морских вод заметно различается, особенно на участках, находящихся под влиянием пресного речного стока, где она может быть ниже в несколько раз [5]. Для этого были изучены особенности состава снежного покрова в прибрежной зоне по данным наблюдений Росгидромета, рассчитаны коэффициент обогащения снежного покрова, интегральный показатель загрязнения относительно удаленной от акватории и основных антропогенных источников станции, коэффициенты корреляции между содержанием ионов в снеге и солёностью морских вод.

**Методика.** Использовались данные наблюдений на сети Росгидромета за 1988-2017 гг. (рис.). Отбор и анализ проб снежного покрова в системе Росгидромета осуществляется в соответствии с [9].

Данные о солености вод получены в Единой государственной системе информации об обстановке в мировом океане [4].



**Рис. 1.** Схема расположения станций отбора проб снежного покрова (составлена автором).

Сульфаты в снежном покрове имеют и морское, и антропогенное происхождение. Для разграничения источников поступления по формуле (1) были рассчитаны коэффициенты обогащения талой фазы снежного покрова относительно атмосферных осадков над океаном, которые позволяют определить именно антропогенный вклад в загрязнение сульфатами:

$$КО_A = \frac{c_{SO_4^{2-}} / c_{Cl^-}}{M_{SO_4^{2-}} / M_{Cl^-}} \quad (1),$$

где  $КО_A$  – коэффициент обогащения,

$c_{SO_4^{2-}}$ ,  $c_{Cl^-}$  – концентрация сульфат-иона и хлорид-иона в талой фазе снежного покрова на станции,

$M_{SO_4^{2-}}$ ,  $M_{Cl^-}$  – концентрация сульфат-иона и хлорид-иона в атмосферных осадках над океаном [3].

В связи с отдаленностью от прибрежной полосы и отсутствием расположенных в непосредственной близости антропогенных источников загрязнения в качестве фоновой была выбрана станция Сура, удаленная от морского побережья примерно на 300 километров. Суммарный показатель загрязнения снежного покрова относительно фоновой станции Сура был рассчитан по формуле:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{C_{ГМС}}{C_{Сура}} (2),$$

где  $Z$  – суммарный показатель загрязнения;

$C_{ГМС}$  – концентрация  $i$ -го вещества на станции, для которой производился расчет;

$C_{Сура}$  – концентрация  $i$ -го вещества на станции Сура;

$n$  – количество веществ.

Корреляционный анализ данных включал расчет коэффициентов корреляции между содержанием иона в пробе снежного покрова и соленостью вод по данным ближайшей морской станции наблюдений.

### **Результаты и обсуждение.**

Корреляционный анализ данных показал, что в среднем по территории соленость морских вод не влияет на концентрации ионов в снежном покрове. Значения коэффициентов корреляции между средним значением концентраций ионов в снежном покрове и соленостью вод (по данным близлежащей морской станции наблюдений) составили 0,11–0,19.

Значимая связь содержания практически всех ионов (за исключением форм азота) с соленостью морских вод ( $КК = 0,45–0,68$ ) определена на станции острова Визе в Карском море. На станциях Мыс Микуликин (Баренцево море) и Голомянный (Карское море) определены значимые прямые связи солености воды с содержанием сульфат-ионов, хлорид-ионов, ионов калия (для Мыс Микуликин еще и ионов натрия) и обратная связь с содержанием гидрокарбонат-ионов и уровнем рН, модуль коэффициентов корреляции которых находятся в пределах 0,41–0,63. Влияние солености на содержание ионов калия и магния в снежном покрове, а также общую минерализацию снега отмечено на станции Карского моря – Северный Колгуев ( $КК = 0,54–0,87$ ).

Пространственное распределение значений коэффициентов обогащения снежного покрова сульфатами показало, что антропогенная составляющая в загрязнении снега данным веществом выше на территории Архангельской, Мурманской областей, чем на остальной территории. Основным центром загрязнения сульфатами можно назвать район Мончегорска и Ковдорского месторождения. По мере отдаления от побережья антропогенная составляющая в поступлении сульфатов в снежный покров увеличивается. Повышенная доля антропогенного загрязнения отмечена и на станциях Обской губы Карского моря, вероятнее всего вследствие влияния антропогенных источников г. Норильск [1, 8] и разрабатываемых месторождений нефтяных углеводородов в Ненецком и Ямало-Ненецком автономном округе [2, 10]. Таким образом, высокие концентрации сульфатов на северо-западном побережье Кольского полуострова, п-ове Канин, о-ве Колгуев и побережье Карского моря определены влиянием морских аэрозолей, поступающих в результате переноса с незамерзающей акватории западной части Баренцева моря.

Пространственное изменение значений суммарного показателя загрязнения относительно станции Сура согласуется с пространственным распределением значений концентраций ионов, поступающих в результате переноса с незамерзающих акваторий Баренцева моря и севера Атлантики (хлориды, ионы натрия). Кроме того, выделяется станция Ковдор (Коль-



ский полуостров), где значительно повышены концентрации гидрокарбонатов и практически всех ионов, что и привело к высокому значению суммарного показателя загрязнения.

Согласно полученным данным можно сделать вывод, что значимое влияние на процесс формирования снежного покрова прибрежных станций в сравнении с континентальными оказывают морские аэрозоли, по большей части поступающие в результате дальнего переноса с незамерзающих акваторий Баренцева моря и севера Атлантики. При этом изменение солености морских вод играет роль лишь на отдельных станциях.

#### Список литературы:

1. Аршинов М. Ю., Белан Б. Д., Ивлев Г. А., Краснов О. А., Рассказчикова Т. М., Симоненков Д. В., Толмачев Г. Н., Фофонов А. В. Комплексная оценка состояния воздушного бассейна Норильского промышленного района. Ч. 3. Распространение примесей // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 9. С. 798-805.
2. Васильев И. М. Сжигание попутных нефтяных газов // NovaUm.Ru. 2019. № 22. С. 26-29.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2003. 400 с.
4. Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане: сайт. URL: <http://esimo.ru/portal/portal/esimo-user/main> (дата обращения – 13.02.2020).
5. Залогин Б. С., Косарев А. Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
6. Котова Е. И. Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики: автореф. дис. ... канд. географ. наук. Ростов-на-Дону, 2013. 23 с.
7. Котова Е. И., Коробов В. Б., Шевченко В. П. Особенности формирования ионного состава снежного покрова в прибрежной зоне западного сектора Арктических морей России // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7843> (дата обращения – 15.05.2020).
8. Онучин А. А., Буренина Т. А., Зубарева О. Н., Трефилова О. В., Данилова И. В. Загрязнение снежного покрова в зоне воздействия предприятий Норильского промышленного района // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 1025-1037.
9. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991. 693 с.
10. Соловьянов А. А. Сжигание попутного нефтяного газа и окружающая среда // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 6. С. 21-28
11. Шевченко В. П. Аэрозоли – влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике: дис ... канд. геол.-мин. наук. М., 2000. 214 с.

**СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ И ПОДГОТОВКА АЛГОРИТМОВ 3D  
МОДЕЛИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИДНЕСТРОВЬЯ**

Кравченко Е. Н., Лютенко Т. Ю., Маева С. Г.

Приднестровский Государственный университет им. Т. Г. Шевченко г. Тирасполь

E-mail: orbignella@gmail.com tanya-lutenko@mail.ru zhelyapova.sofiya@mail.ru

**CREATION OF OPERATIONAL DATABASES AND PREPARATION OF ALGORITHMS  
OF 3D MODEL OF STRATIGRAPHIC UNITS OF TRANSNISTRIA**

Kravchenko E. N., Lutenko T.Y., Maeva S.G.

Taras Shevchenko Transnistrian State University Tiraspol

E-mail: orbignella@gmail.com tanya-lutenko@mail.ru zhelyapova.sofiya@mail.ru

**Аннотация.** Работы по изучению и геологическому картированию Днестровско-Прутского междуречья проводились в различных масштабах (главным образом 1:200000 и 1:50000) различными организациями, с использованием различных стратиграфических схем. Это не только затрудняло интерпретацию региональной геологической информации, но и делало невозможным проведение корректных прогнозных заключений. Одной из задач НИЛ «Геологические ресурсы» ПГУ им Т. Г. Шевченко стало создание единой стратиграфической схемы, с использованием ГИС, которая позволила бы в рамках подготовки электронной геологической карты Приднестровья систематизировать и перевести в единый формат всю имеющуюся стратиграфическую информацию.

**Ключевые слова:** скважина, K-MINE, ArcGIS, трехмерная модель, геологическое строение Приднестровья.

**Abstract.** The work on the study and geological mapping of the Dniester-Prut interfluvium was carried out on various scales (mainly 1: 200000 and 1: 50,000) by various organizations, using different stratigraphic schemes. This not only made it difficult to interpret the regional geological information, but also made it impossible to draw correct predictive conclusions. One of the tasks of the research laboratory "Geological Resources" of the Pridnestrovian State University T.G. Shevchenko was the creation of a unified stratigraphic scheme, using GIS, which would allow, within the framework of the preparation of an electronic geological map of Transnistria, to systematize and translate all available stratigraphic information into a single format.

**Keywords:** well, K-MINE, ArcGIS, three-dimensional model, geological structure of Transnistria.

Одним из основных результатов реализации и применения геоинформационных систем является представление и визуализация картографических и информационных данных. Объединение на одной итоговой карте или схеме различных информационных слоев позволяет исследователю получить ответы на вопросы о пространственной приуроченности того или иного геологического объекта, сделать выводы о природе и генезисе развивающихся геологических процессов по сочетанию различных информационных слоев. Одним из наиболее наглядных методов представления геоинформационных данных по геологическому строению региона является трехмерное моделирование. Для трехмерного моделирования помимо пары значений географических координат (долгота, широта) необходимо еще иметь и третью

координату – гипсометрическую отметку. Таким образом, каждая точка исследования должна обладать тремя значениями позиционирования ее в пространстве. Следует отметить, что значения координатных привязок точек пространственного моделирования должны обладать единой размерностью. Достаточно сложно проводить пространственное моделирование, когда географические координаты точек представлены в градусах, минутах, секундах, а гипсометрические отметки этих же точек в метрах. В связи с этим на первом этапе подготовки данных для трехмерного моделирования были приведены все данные привязок к единой системе размерностей. Для этого использовали прямоугольные системы координат типа Гаусса-Крюгера или UTM.

Еще одним важным моментом для корректности построения трехмерных схем является *объем исходной информации*. Релевантными данными для объемного геологического моделирования может являться массив, в котором каждый геологический объект или явление подтверждены и локализованы как минимум тремя пересечениями (скважинами, горными выработками, геофизическими профилями), позволяющими определить положение кровли, подошвы и элементов залегания. Таким образом, от полноты исходных данных, собранных и внесенных в геоинформационную систему, зависит детальность создаваемой трехмерной модели. Выполнение трехмерного моделирования геологических объектов в НИЛ «Геологические ресурсы» ПГУ им. Т. Г.Шевченко осуществлялся по определенной схеме действий и включала в себя несколько этапов.

Изначально вся информация была собрана и переведена в электронный вариант на основе программного продукта ГИС K-MINE, в котором использовалась созданная база стратиграфических данных «Mane base».

Была определена четкая последовательность в разрезе стратиграфических подразделений (свит и толщ), их порядок, и условия залегания данные были занесены в поле «Литология»: в колонку скважин была занесена поинтервальная привязка к свитам или толщам (рис 1).

The screenshot shows the 'Mane base' database interface. The top part is a table with columns: № п/п, № разреза, № скважины, X, Y, Z, Глубина, Тип скважины, Год, автор, and Примечание. The bottom part is a stratigraphic column with columns: № п/п, Интервал (1), Интервал (2), Длина, Литология, Штрих породы, and Цвет породы.

№ п/п	№ разреза	№ скважины	X	Y	Z	Глубина	Тип скважины	Год	автор	Примечание	Y2
1	1-3 П	5725700.000	5175450.000	8.000	303.000	Съемочная	Поздняков, 1992			На берегу Качегр. линия впадения	51754
3	1	5 Бл	5710225.000	5185400.000	38.700	73.000	Гидрогеологическ.	Блок, 1975		ю-з с.Слободзья	
5	1	15 П	5682975.000	5197825.000	166.000	250.000	Съемочная	Поздняков, 1992		с. Капея	
6	2	260 Бл	5723875.000	5191400.000	115.000	66.200	Гидрогеологическ.	Блок, 1975		2,6 км западнее с. Старая Андрияши	
7	2	4 Бл	5719150.000	5188850.000	51.700	140.000	Гидрогеологическ.	Блок, 1975		с. Новосавицкое	
9		7 Бл	5700475.000	5180675.000	9.000	119.000	Гидрогеологическ.	Блок, 1975		В 500 м сев. с. Коланка	
10		15P H	5716025.000	5194825.000	93.000	178.000	Гидрогеологическ.	Новикова, 1986		с. Владимировка	
11		14P H	5692600.000	5207075.000	40.000	125.000	Гидрогеологическ.	Новикова, 1986		с. Малеащы	
12		10 Бк	5677575.000	5207500.000	47.000	390.700	Съемочная	Букатчик, 1967		с. Слея	
13		9 Бт	5675725.000	5206775.000	44.500	465.000	Поисковая	Битковский, 1971		джаналанская площадь	

№ п/п	Интервал (1)	Интервал (2)	Длина	Литология	Штрих породы	Цвет породы
1	0,00	0,50	0,50	Почвенно-растительный слой	107	Белый (7)
2	0,50	12,00	11,50	L Сугленок	115	71 (71)
5	12,00	29,00	17,00	A Песок	29	71 (71)
242	29,00	43,00	14,00	N1 ml мершеш Глина слоистая сине-зелено-серая	45	253 (253)
246	45,00	71,50	26,50	N1 k1 катерин Известняк, ракушечный и оолитово-детритовый светло-серый	69	Желтый (2)
252	71,50	108,00	36,50	N1 pl перлом Известняк, слоистый плотный светло-серый	61	61 (61)
275	108,00	110,00	2,00	N1 pl подол Глина комковатая непластичная зеленовато-серая, темно-серая	45	54 (54)
280	110,00	157,50	47,50	P2 bd леманск Глина известковистая	34	30 (30)
287	157,50	260,00	102,50	P2 bd леманск Мергель слабосланцеватый	78	30 (30)
289	260,00	290,00	30,00	K2 ml киджан Мел пясичый и известняк, мелоподобный	62	91 (91)
295	290,00	404,00	114,00	K2 k1 киджан Мел пясичый и известняк, мелоподобный	62	91 (91)
297	404,00	458,00	54,00	K2 l киджан Мел пясичый и известняк, мелоподобный	62	91 (91)
308	458,00	485,00	27,00	K2 s2 бекиров Известняк, глинистый	66	90 (90)
310	485,00	513,00	28,00	K2 s1 бурланеш Алевролит	65	110 (110)
313	513,00	560,00	47,00	K2 s1 бурланеш Песок и песчаник: глауконит-кварцевый	110	110 (110)
323	560,00	596,00	36,00	S2 gl гладан Известняк, плитчатый комковатый	38	241 (241)
329	596,00	620,00	24,00	S2 gl гладан Доломит с прослоями гипса	87	241 (241)
349	620,00	655,00	35,00	S2 ml малан Известняк, плитчатый доломитизированный	99	221 (221)
357	655,00	676,00	21,00	S2 pl плугой Известняк, комковатый, плотный с прослоями аргиллита и песчанка	124	220 (220)
362	676,00	748,00	72,00	S1 pl плугой низ Доломит	87	211 (211)
2656	748,00	760,00	12,00	S1 bl белц Известняк, доломитизированный	99	201 (201)
2657	760,00	784,00	24,00	S1 bl белц Известняк, органогенный	99	201 (201)
2658	784,00	803,00	19,00	S1 c-ч чок-майдан Известняк, доломитистый	99	181 (181)

Рис. 1. Интерфейс базы данных «Mane base»

Программный продукт K-MINE является инструментом хранения и систематизации информации по скважинам, однако, для выполнения полноценного трехмерного моделирования геологического строения Приднестровья возможности этой программы недостаточны. В первую очередь это связано с тем, что во многих случаях необходимо проводить генерализацию геологических данных в пределах одного стратиграфического яруса, объединяя вместе мощности различных пачек одного возраста. Во-вторых, последующие процедуры интерполирования и построения сплошных цифровых моделей требуют более сложных алгоритмов, чем может представить программный продукт ГИС K-MINE.

Для разделения информационного массива данные были разнесены по скважинам на отдельные таблицы, созданные в табличном редакторе Microsoft Excel по основным стратиграфическим системам, соответствующим геологическим периодам. Затем в рамках каждого отдельного геологического периода или комплекса периодов, отвечающих единому этапу в истории геологического развития Приднестровья, было проведено выделение основных пачек, имеющих достаточно широкое распространение по площади, значительную мощность в разрезе, выделенную как самостоятельное стратиграфическое подразделение предыдущими исследователями и имеющую собственное название.

Редактор Microsoft Excel позволил сформировать отдельные файлы, в которые вошли все выделенные свиты и толщи венда, единого комплекса верхнего ордовика, силура, девона, мела, палеогена, неогена. Внутри каждого файла были сформированы отдельные страницы, каждая из которых содержит выборку со всех скважин базы данных по отдельному горизонту или пачке. Было создано 40 листов по отдельным толщам и свитам.

На этом этапе генерализация данных проводилась по такому принципу, что отдельные литологические разности, встреченные в одной скважине в пределах рассматриваемой пачки, объединялись вместе для того чтобы получить обобщенную мощность пачки в скважине. Для каждой записи в сформированных таблицах учитывались следующие поля: Номер скважины; Автор геологического отчета; Координата X скважины; Координата Y скважины, Z – абсолютная отметка устья скважины; Интервал кровли пачки в скважине; Интервал подошвы пачки в скважине; Мощность пачки; Абсолютная отметка кровли пачки; Абсолютная отметка подошвы пачки; Индекс пачки; Возраст пачки; Литологическое описание. На основе данных файлов строилась модель стратиграфического строения в программном комплексе ArcGIS.

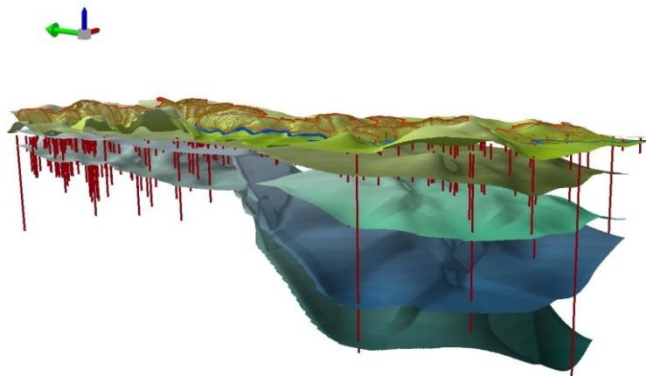
Следующий этап – это интерполяционные процедуры и построение карт отдельных пачек. Работа заключалась в переносе сформированных таблицы в пакеты геоинформационной обработки и картопостроения. Важным при формировании тематических слоев геоинформационной модели является то, что внесение данных по расположению скважин осуществлялось в системе координат Гаусса-Крюгера Пулково 42, зона 5. Хотя большинство электронных топооснов и электронных физико-географических карт Приднестровья составлены в системе координат WGS 84. Данный технический нюанс при внесении табличных данных в ГИС следовало помнить и учитывать. С учетом соответствующих особенностей все данные по каждой свите рассматриваемых стратиграфических разделов были внесены как точечные слои в геоинформационную модель «Геология Приднестровья». В результате вынесения на карту точек вскрытия скважинами отдельных стратиграфических подразделений выяснилось и подтвердилось, что некоторые свиты и толщи имеют локальное пространственное распределение, хотя достаточно часто и обладают значительной мощностью. Подобная ситуация была полностью ожидаема, так как предыдущими исследователями было

установлено, что история геологического развития Приднестровья, начиная с венда и до сегодняшнего дня, включает в себя достаточно большое количество этапов тектонического поднятий и опусканий, вся территория Приднестровья разбита несколькими системами разломов и имеет блоковой строение. Поэтому вполне ожидаемым является то, что некоторые пачки имеют только локальное распространение в пределах какого-то одного геологического блока и представляют собой область компенсационного осадконакопления при активном прогибании такого блока. Так же локальные распространения некоторых пачек связаны с этапами эрозионного разрушения пород в геологической истории и связанными с этими этапами угловыми и стратиграфическими несогласиями в разрезе. В связи с этим для каждой выделенной в разрезе и картируемой пачки пород была определена область ее распространения в пространстве. Последующие интерполяционные процедуры для получения цифровой поверхности кровли исследуемой пачки проводились уже в пределах рассматриваемой области. Определение областей распространности картируемых пачек основывалось на существующих геологических и тектонических картах Приднестровья, а так же на распространности скважин, вскрывших эту пачку. В некоторых случаях, особенно в южной части ПМР, вследствие высокой мощности вышележащих слоев ни одна скважина не вскрыла древние комплексы вендской системы. Хотя, исходя из имеющихся геологических построений и предыдущих геофизических данных, с высокой долей вероятности можно предполагать, что рассматриваемые древние комплексы на юге Республики присутствуют. В таком случае, для получения достоверной картины пространственного распространения рассматриваемых пачек, построение цифровой поверхности кровли пачки выполнялось только в области, где она была вскрыта скважинами. Интерполяция выполнялась с применением метода Кернелла (Ядра) с учетом барьерных значений – Kernel Interpolation with Barriers. Данный метод интерполяции был выбран неслучайно. Этот метод является вариантом более широко используемого метода *интерполяции локальными полиномами*. В основе метода лежит выбор комплекса ближайших соседей к точке интерполирования и подбор для этого локального участка поверхности полиномиальной функции таким образом, чтобы получившаяся поверхность как можно точнее удовлетворяла положению известных точек. В данном случае для построения цифровых поверхностей рассматриваемых пачек использовалась полиномиальная поверхность пятого порядка. Условия барьерных значений подразумевает то, что в случае выбора комплекса ближайших соседей для интерполирования будут учитываться вводимые оператором границы поиска. Тем самым будут учитываться области распространности картируемых толщ, а также возможные резкие переходы, связанные с разрывными нарушениями. Таким образом, для каждой выделенной пачки была построена отдельная цифровая поверхность ее кровли в пределах ее распространения. Реализация такого метода интерполяции возможна в современных программных геоинформационных комплексах таких как ArcGIS или QGIS.

Следующим этапом стало создание трехмерной модели геологического строения Приднестровья. Все созданные цифровые поверхности кровли отдельных пачек были объединены в одно целое. В данном случае в представлении данных в объеме важным является оптимальный подбор вертикального масштаба отображения слоев. Его выбор основан на том, чтобы даже относительно небольшие по мощности прослойки были видны, однако сама модель не была излишне сильно искажена в вертикальном направлении. Еще одной задачей при составлении трехмерной модели геологического строения является дополнение ее топографическими и физико-географическими слоями, позволяющими пользователю ориентиро-

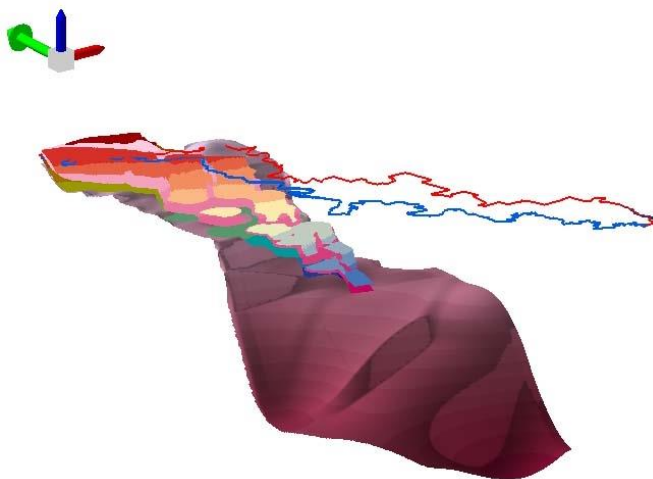
ваться в пространстве и локализовать расположение интересующих горизонтов на местности. Так же модель дополняется сетью установленных разрывных нарушений.

В конечном итоге, построенная трехмерная модель геологического строения Приднестровья (рис. 2) позволяет выявить положение отдельных крупных стратиграфических комплексов, представленных отложениями одного или нескольких периодов и характеризующих этапы геологического развития территории.



**Рис. 2.** 3D Модель геологического строения Приднестровья

Более детальное стратиграфическое расчленение крупных комплексов на отдельные горизонты и пачки позволяет проанализировать особенности геологического развития территории в рамках отдельных этапов, выявить стадийность процессов осадконакопления, установить размеры и амплитуды угловых несогласий между комплексами пород и оценить уровень тектонических смещений отдельных геоблоков. На (рис. 3.) приведен пример модели геологического строения вендской системы.



**Рис. 3.** 3D Модель геологического строения вендской системы

Работа по стратиграфии региона является высокозначимым разделом исследований НИЛ «Геологические ресурсы». Были изучены, сопоставлены и систематизированы данные по стратиграфии геологических отчетов прошлых лет. Переведенная в единый формат вся имеющаяся стратиграфическая информация стала фундаментом в построения геоинформационной системы «Геология Приднестровья».

## СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОГЕНА НИЖНЕГО ПРИДНЕСТРОВЬЯ

Кравченко Е. Н., Маева С. Г.

Приднестровский Государственный университет им. Т. Г. Шевченко г. Тирасполь  
E-mail: orbignella@gmail.com zhelyapova.sofiya@mail.ru

## STRATIGRAPHIC SUBDIVISIONS OF THE PALEOGENE OF THE LOWER TRANSNISTRIA

Kravchenko E. N., Maeva S.G.

Taras Shevchenko Transnistrian State University Tiraspol  
E-mail: orbignella@gmail.com zhelyapova.sofiya@mail.ru

**Аннотация.** В результате обобщения фактического материала глубокого бурения на территории Приднестровья, обосновано выделение двух местных стратиграфических подразделений палеогеновой системы: турунчукской и копанской толщ, которые на основании определения возраста биостратиграфическим методом коррелируются с тремя региональными горизонтами Юго-Западного Крыма – симферопольским, новопавловским, кумским.

**Ключевые слова:** палеоген, стратиграфическая схема, эоцен, региональные подразделения, горизонт, толща, зональная шкала, фораминиферы, *Nummulites*, *Acarinina*, *Globigerina*, трехмерная модель.

**Abstract.** The dedication of the two local stratigraphic subdivisions of paleogen system is proved: turunchuk and kopan series, which correlate with three regional horizons of the southwestern Crimea (simferopol, novopavlovsky, kumsky) based on the definition of the age by biostratigraphic method.

**Keywords:** paleogen, stratigraphic scheme, eocene, regional subdivisions, horizon, series, zonal scale, foraminifera, *Nummulites*, *Acarinina*, *Globigerina*, three-dimensional model.

Первоначально палеоген выделялся как нижний отдел третичной системы, а с 1989 г. официально рассматривается как самостоятельная система. В Международной стратиграфической шкале палеогена выделяются три отдела: *палеоэоцен*, *эоэоцен* и *олигоэоцен*, которые подразделяются на 9 ярусов. Согласно решению 29 МГК в 1989 г. в Вашингтоне, датский, зеландский, танетский ярусы относятся к палеоэоцену, ипрский, лютетский, бартонский и приабонский – к эоэоцену, рюпельский и хаттский – к олигоэоцену. Для биостратиграфического подразделения планетарного распространения палеогеновых отложений используются зоны по планктонным фораминиферам (Berggen et al., 1995), крупные бентосные фораминиферы (в основном – рода *Nummulites*). [1].

За годы изучения и геологического картирования Молдавской ССР были подготовлены ряд геолого-съёмочных отчетов, в которых приводятся данные результатов глубокого бурения. В этих работах палеогеновые отложения описаны Букатчуком П. Д. [2], Сергеевым В. П. [3], Поздняковым И. А [4].

По описаниям скважин в НИЛ «Геологические ресурсы» ПГУ им. Т. Г. Шевченко была создана база данных K-Mine, в которой содержится литологическая и палеонтологическая информация по изучаемой территории.

Характеристика подразделений палеогеновой системы Приднестровья составлена по колонкам 30 скважин. Были выделены две толщи: турунчукская и копанская толщи. Названия даны по нахождению скважин с наиболее полным разрезом: турунчукская – по скважине 24 П, пробуренной на правом берегу реки Турунчук, копанская – по скв. ДМ-11 с. Копанка.

**Турунчукская** толща залегает несогласно на верхнемеловых отложениях. Литологически она разделяется на две пачки, снизу вверх: пачка песков и песчаников зеленовато-серых глауконит-кварцевых мелко- и среднезернистых известковистых мощностью 2-7 м, содержащих глауконит до 75-80%, кварц – 10-15%, в незначительных количествах плагиоклаз и калиевый полевой шпат. Цемент карбонатно-глинистый 10%. Мощность песков и песчаников от 3 до 25 м. Верхняя часть сложена известняками песчанистыми светло-серыми с содержанием кластического материала до 30-35%, в основном кварцем 20-25%, в меньшей степени полевыми шпатами. Цементирующая масса сложена тонкокристаллическим кальцитом. Известняки содержат значительную часть органических остатков, состоящих из раковин нуммулитов и их обломков, мощность известняков нарастает с севера на юг.

Фауна турунчукской толщи в нижней части включает: *Nummulites burdigalensis* de la Harpe, *Nummulites gallensis* Heim., *Nummulites parschi* de la Harpe, *Nummulites ureniensis* Heim. В верхней пачке фауна представлена: *Nummulites gallensis* Heim., *Nummulites laevigatus* (Bruere)., *Nummulites atacicus* Leym., *Nummulites burdigalensis* de la Harpe., *Nummulites distans*, *Nummulites perforatus* (Montfort), *Nummulites inkermanensis* Schaub., *Operculina* cf. *gigantea* Mayel-Eimar. Мелкие фораминиферы: *Alveolina* sp., *Asterigerina* sp., *Acarinina pentakamerata* (Subb.) (зональный вид для верхов нижнего эоцена), *A. crasaformis* (GalletWiss).

**Копанская** толща залегает несогласно на поверхности размыва турунчукской, её кровлей является подольская свита неогеновой системы. Литологически она разделяется на три пачки. *Нижняя* представлена песками и песчаниками глауконит-кварцевыми серыми, зеленовато-серыми, мелко-среднезернистыми, кварцевыми, известковистыми, содержащими глауконит в различных количествах мощностью до 23 м. *Средняя* – мергели кремнеземистые серые, зеленовато-серые, слабо-песчанистые, с примесью глауконита, и известняки пелитоморфные, до 60 м. *Верхняя* представлена в основном глинами песчанистыми с прослоями брекчиевидных известняков светло-серого и буровато-серого цвета до 30 м. Глины в разной степени известковистые, в них прослеживаются небольшие линзы и гнезда мергелей, песка, изредка фосфатных образований. Характерным является присутствие органогенного материала, состоящего из спикул губок, в незначительных количествах присутствуют зерна глауконита, пирита. В скважинах ДМ-11 Копанка и 3 Пугой встречены спонголиты.

Фауна копанской толщи: в нижней пачке: *Acarinina rotundimarginata* (зональный вид для лютетского яруса МСШ), а также: *Nummulites varialarius*, *Acarinina uotula* Kaufm, *A. stelligera* Kraieva, *Anomalina postvulgaris* Nikit.. В мергелях: *Glabigerinoides subconglobutus* Chalil., *Morsonella intendanta* (Cushin. et Zarv) *Glavulina szobi* Hantk., *Spirolectamina pishanovae* Furss., *Verneulina mexicana* Nutt, *Lingulina* ex.gr *cavinata* Orb. В средней пачке пелитоморфных известняков: *Globigerinatheka subconglobuta* Chalil., (зональный тип керестинского горизонта бодракского регионаруса, который в современной региональной схеме Крыма называется новопавловским [6.]) *Anomalina postvulgaris* Nikitinlitt., *Acarinina* ro-

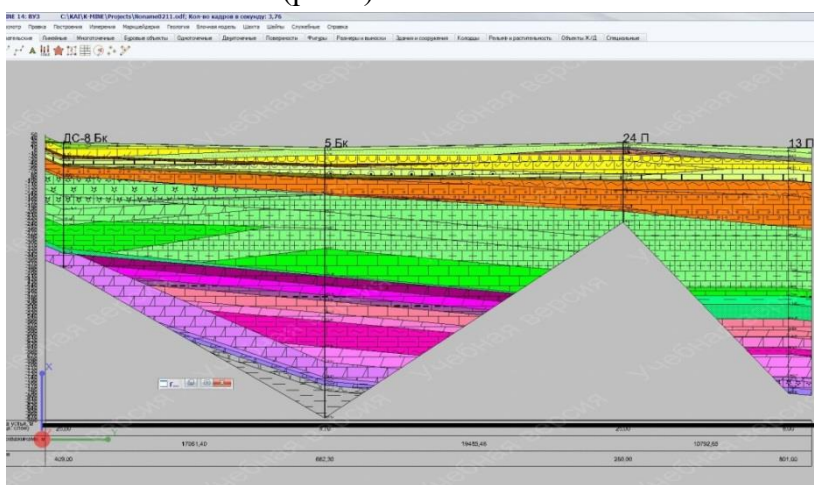


*tundimarginata* Subb., *Spiroplectammina pischvanova* Furss., *Anomalina alasanensis* Nutt., *Cibicides inovazovae* Nikit. зональный вид *Spiroplectammina carinataeformis* Moroz., *Clavulina szaboi* Hantk, *A. acud atavrica* Plumm, *Cibicides montaensis* (Call. Et Marr), *C. perlucides* Nutt., var. *kasahstantnsis* Nikit.. В верхней пачке встречается комплекс фораминифер: *Globigerina turcmenica* Chalil., *Spiroplectammina tenera* Nikit. msc., *Anomalina acuta tavrica* Blumm., *Robulus granulatus* (Hantk), *Anomalina granosa* Hantk., *Cibicides costatus* (Hantk), *C. porlucidus* Nutt., *C. venecianus* Orb., *Clobigerina aperture* Cushman., *G. bulloides* Orb., *Acarinina rogoaoaculeata* Subb., *Lenticulina parvuba* Kraieva.

Мощность копанской толщи: максимальная – 149 м скв. 13 Р с. Кучурганы; минимальная – 6 м скв. ДС -4 БК с. Охринча, средняя – 77 м.

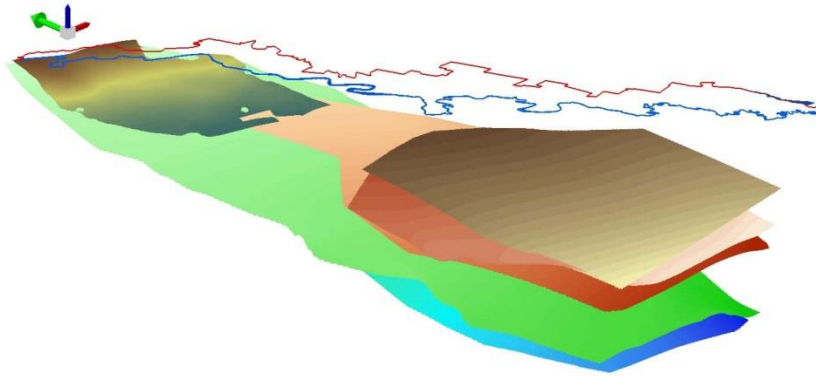
Для определения положения местных подразделений палеогена Приднестровья относительно общей стратиграфической шкалы была проведена корреляция отложений палеогена ПМР с региональной шкалой по Юго-Западному Крыму [7], по зональным видам бентосных и планктонных фораминифер. Согласно полученным данным, турунчукская толща, сложенная песками и песчанистыми известняками, включает в основном крупные нуммулиты. По зональной шкале бентосных фораминифер толща соответствует симферопольскому региональному горизонту Юго-Западного Крыма, который сопоставляется с верхней частью ипрского и нижней части лютетского ярусов международной стратиграфической шкалы. Отложения копанской толщи, имеющей литологически трехчленное строение, охарактеризованы зональными ассоциациями планктонных фораминифер. Нижнюю пачку копанской толщи можно сопоставить с нижней частью новопавловского горизонта, среднюю – с верхней частью новопавловского горизонта (лютетский ярус МСШ), а верхнюю пачку – с кумским горизонтом (бартонский ярус МСШ).

Чтобы проследить пространственное распространение толщ палеогена в пределах территории ПМР были сделаны графические построения в ГИС программе К-MINE. Разрезы показали, что образования палеогеновой системы распространены не по всей площади Приднестровья, их северная граница проходит по широте города Дубоссары, мощность уменьшается с юго-востока на северо-запад. Построенный разрез по линии скв. 21Бт – ДС-8Бк – 5Бк – 11Бк дает представление о распространении толщ палеогена (показаны оранжевым цветом) в направлении с СЗ на ЮВ (рис.1).



**Рис. 1.** Разрез по линии скв. ДС-8 – скв. 5 – скв.24 – скв. 13

С помощью ГИС программ Map-Info и ArcGIS была построена модель стратиграфического строения для представления положения палеогена в пространстве (рис 2).



**Рис. 2.** 3D модель меловой и палеогеновой систем территории Приднестровья (толщи палеогена показаны оранжевым и коричневым цветом)

### Заключение

По фауне нуммулитид и мелких фораминифер и литологическому составу выполнена корреляция и приведены в единый формат стратиграфические схемы палеогена осадочного чехла Приднестровья. Палеоцен и олигоцен на территории Приднестровья не отлагались, в это время данная территория представляла собой сушу. Граница распространения палеоцен-нижнеэоценовых отложений проходит севернее линии хут. Мирное – Одесса (Украина).

На исследованной территории палеоген представлен двумя стратиграфическими подразделениями – копанской и турунчукской толщами. Копанская толща представляет собой полный регрессивно-трансгрессивный цикл среднеэоценового осадконакопления, которое происходило в условиях медленного погружения. В обстановке общего поднятия юго-западного склона Восточно-Европейской платформы в среднем эоцене продолжалось прогибание Причерноморской впадины, в которой отлагались преимущественно карбонатно-глинистые осадки сублиторальной и литоральной зон. В качестве экзотов выступали участки кремнистых отложений, сложенные спонголитами (скв. ДМ-11 Копанка) и алевроспонголитами (скв. 3 Пугой), образование которых возможно связано с волнонагонными явлениями из зон апвеллинга [4]. Этим завершается крупный этап верхнемелового-палеогенового осадконакопления в Днестровско-Прутском междуречье. Полное замыкание Западно-Черноморского бассейна определило длительный перерыв вплоть до раннего бадена. Среднеэоценовые отложения полого погружаются на юго-запад с уклоном 1 м на 1 км.

Образования палеогеновой системы Приднестровья относятся к среднеэоценовым, которые на данной территории встречаются не выше широты г. Дубоссар. Нижний эоцен был сопоставлен с симферопольским региоярусом, средний эоцен с новопавловским и кумским региоярусами.

Таким образом, образования палеогеновой системы на территории Приднестровья были отнесены к нижнему и среднему эоцену. В основании палеогена залегает турунчукская толща, представленная преимущественно песками и песчаниками нижней пачки, и верхней известняково-песчанистой пачкой, которая была закартирована на юге территории. На основании фауны нуммулитид отнесена к нижнему эоцену и сопоставлена с отложениями северного крыла Причерноморской впадины и отложениями стратотипического разреза симферопольского яруса [7]. Завершает разрез палеогена копанская толща, представленная песками и песчаниками нижней пачки, мергелисто-известковистой средней пачкой и преимущественно глинистой верхней. Распространена гораздо шире на всей южной части территории, выкли-

ниваясь в северном направлении. На основании фауны планктонных фораминифер толща отнесится к среднему эоцену.

#### Список литературы

1. Зональная стратиграфия фанерозоя России./Науч. ред.: Т. Н. Корень. СПб.: Изд-во «ВСЕГЕИ», 2006 г.. – 256 стр.,
2. Отчет о комплексной геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической съемках, произведенных в пределах листа L-35-XII (Тирасполь) в 1964-66 гг.: отчет о НИР / Дурлештская геологоразведочная экспедиция; отв. исп. П. Н. Букатчук [и др.] – Кишинев, 1967 г.
3. Составление легенды к государственной геологической карте масштаба 1:50000 Отчет стратиграфического отряда по работам за 1987-1989 гг.: /Центрально-Молдавская экспедиция; отв. исп. В. П. Сергеев – Кишинев, 1989.
4. Отчет о результатах комплексной геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемки, геологического доизучения масштаба 1:200000 листа L-35-XII (Тирасполь): отчет о НИР/ Молдавская гидрогеологическая экспедиция; нач. О. А. Никитин, отв. исполн. И. А. Поздняков – Кишинев: 1992.
5. Составление легенды к государственной геологической карте масштаба 1:50000 Отчет стратиграфического отряда по работам за 1987-1989 гг.: /Центрально-Молдавская экспедиция; отв. исп. В. П. Сергеев – Кишинев, 1989.
6. Бугрова Э. М., Андреев В. А., Закревская Е. Ю., Табачникова И. П. // Актуализация биостратиграфической схемы для корреляции палеогеновых отложений Кавказа, Крыма и Карпат// Биостратиграфічні основи побудови стратиграфічних схем фанерозою України: Зб. наук пр. ІГН НАН України/ П. Ф.Гожик, відпов. Ред. – К., 2008. – 560 с.
7. Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Украины (унифицированная). – К.: Наук. думка, 1987. – 116 с. 2

## МЕХАНИЗМЫ БУФЕРНОЙ ЕМКОСТИ ПОЧВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ КЕРОСИНА

Кречетов П. П., Королева Т. В., Шарапова А. В., Семенов И. Н., Леднев С. А.

МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва

e-mail: korolevat@mail.ru

## MECHANISMS OF THE BUFFER CAPACITY OF SOILS TO THE IMPACT OF KEROSENE

Krechetov P.P., Koroleva T.V., Sharapova A.V., Semenov I.N., Lednev S.A.

Lomonosov Moscow State University, Moscow

e-mail: krechetov@mail.ru, korolevat@mail.ru, avsharapova@mail.ru,

semenkov@geogr.msu.ru, sled1988@mail.ru

**Аннотация.** Широкое использование продуктов глубокой переработки нефти в качестве транспортных топлив и их поступление в окружающую среду как в штатном, так и аварийном режимах эксплуатации техники, а также при хранении топлив вызывают негативные последствия для экосистем. Время восстановления природных ландшафтов во многом определяется буферной емкостью почв. Выполнен комплекс лабораторных экспериментов для определения факторов миграции, накопления и трансформации керосиновых топлив в песчаных пустынных суглинистых, серо-бурых пустынных, дерново-подзолистых среднесуглинистых и торфяных болотных почвах.

**Ключевые слова:** керосин, экспериментальное моделирование, доза-эффект.

**Abstract.** The widespread use of products of deep processing of oil as transport fuels and their release into the environment both in normal and accident situations of vehicle operations, as well as during storage of fuels, can cause negative consequences for ecosystems. The recovery period of natural landscapes is largely determined by the buffer capacity of soils. A set of laboratory experiments was carried out to determine the factors of migration, accumulation and transformation of kerosene fuels in regosols, gypsisols, albic luvisols (loamic) and dystric histosols.

**Keywords:** kerosene, experimental modeling, dose response data

В настоящее время жидкие углеводороды являются основным топливом для двигателей наземного, морского, воздушного и космического транспорта, поэтому наибольшее воздействие на почвенный и растительный покров наблюдается на автозаправочных станциях, аэродромах, космодромах, а также при авариях транспортных средств и хранилищ. Несмотря на широкий спектр углеводородов, входящих в состав топлив и оказывающих влияние на окружающую среду, большинство опубликованных исследований рассматривает влияние сырой и товарной нефти на компоненты экосистем, тогда как воздействие углеводородных топлив изучено значительно в меньшей степени [1-6].

Методологической основой исследования является экспериментальное моделирование воздействия углеводородного загрязнения на почвы по схеме «доза-эффект». Для выявления факторов миграции, накопления и абиотической трансформации керосиновых топлив в почвах различных типов ландшафтов проведено экспериментальное лабораторное моделирование поведения керосина в песчаной пустынной почве, серо-бурой пу-

стынной легкосуглинистой, дерново-подзолистой среднесуглинистой и торфяной болотной почве. Определение максимальной буферной емкости почв проводилось в условиях статической модели с растертыми образцами. Измельчение пробы обеспечило дезагрегацию структурных отдельностей на элементарные почвенные частицы, что привело к росту площади поверхности. Использование максимального соотношения почва:керосин способствовало быстрому достижению равновесия при протекании процессов сорбции-десорбции и тем самым дало возможность определить максимальные величины буферной емкости.

В результате эксперимента установлено, что минимальные значения буферной емкости имеют почвы аридных ландшафтов: для песчаной пустынной почвы – 189 г/кг (здесь и далее приведены средние значения), что связано с преобладанием фракции физического песка, которая определяет невысокую площадь поверхности, а также преобладание в составе твердых фаз каркасных силикатов с минимальными сорбционными свойствами. Увеличение в серо-бурой пустынной легкосуглинистой почве доли физической глины привело к росту буферной емкости в 1,2 раза. Иллювиальный горизонт дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы характеризуется значением буферной емкости 355 г/кг за счет тонкодисперсных частиц физической глины. Высокое содержание органического вещества в составе твердых частиц гумусово-аккумулятивного горизонта привело к росту его сорбционной способности по сравнению с иллювиальным горизонтом на 10%. Спецификой органического вещества дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы является его высокая дисперсность и нахождение преимущественно во фракции ила, что положительно сказывается на поглощении керосина. Максимальная буферная емкость была определена для торфяных горизонтов: для горизонтов Т и очеса (Оч) торфяной почвы верховых болот – 1066 и 1469 г/кг соответственно.

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить количественные параметры изменения содержания керосиновых топлив в почвах, а также выявить факторы их определяющие.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05206.*

#### Список литературы

1. Ловинецкая С. Б. Эколого-биологическая оценка содержания нефтепродуктов в почвах придорожных территорий и возможность их ремедиации: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08а; Тюмень, 2019. 199 с.
2. Маслобоев В. А., Евдокимова Г. А. Биоремедиация почв северных приполярных областей при загрязнении нефтепродуктами // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15, № 2. С. 357-360.
3. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах для земель лесного фонда Республики Татарстан / А. М. Петров, Э. Р. Зайнулгабидинов, Р. Р. Шагидуллин, Д. В. Иванов, Т. В. Кузнецова, Л. К. Каримуллин // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 265-270.
4. Смолова О. С. Биореккультивация загрязненных углеводородами грунтов с использованием психротолерантных микроорганизмов, обладающих микостатической активностью: дисс. ... канд. биол. наук: 03.01.06. М., 2015. 129 с.

5. Татлок Р. К., С. И. Колесников Изменение биологических свойств субальпийских почв Адыгеи при загрязнении нефтью, мазутом, бензином и соляrkой // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4, Естественно-математические и технические науки. 2011. №1(76).- С. 114-118.

6. Экспериментальные исследования эффективности фиторемедиации почв, загрязнённых нефтью, нефтепродуктами и тяжёлыми металлами/ В. В. Заболотских, А. В. Васильев, С. Н. Танких, Е. Е. Карпович// Академический вестник ЕЛПИТ. 2020. Т. 5. № 2 (12). С. 25-47.

**САМООЧИЩЕНИЕ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МАЗУТОМ:  
РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И  
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ**

Кузнецов А. Н.<sup>1</sup>, Федоров Ю. А.<sup>1</sup>, Фатталь П.<sup>2</sup>, Фабри Л.<sup>2</sup>, Рязанцева И. А.<sup>3</sup>, Кузнецова Е. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, ankuznecov@sfnu.ru

<sup>2</sup>Университет Нанта, Нант, Франция, paul.fattal@univ-nantes.fr

<sup>3</sup>Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону, ladamx@mail.ru

**NATURAL ATTENUATION OF SPILLED FUEL OIL ON THE SEACOASTS: RESULTS  
OF LONG-TERM OBSERVATIONS, MODELING AND CARTOGRAPHY**

Kuznetsov A.N.<sup>1</sup>, Fedorov Yu.A.<sup>1</sup>, Fattal P.<sup>2</sup>, Fabri L.<sup>2</sup>, Ryazantseva I.A.<sup>3</sup>, Kuznetsova E.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia, ankuznecov@sfnu.ru

<sup>2</sup>University of Nantes, Nantes, France, paul.fattal@univ-nantes.fr

<sup>3</sup>Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia, ladamx@mail.ru

**Аннотация.** Работа посвящена анализу результатов многолетних наблюдений на атлантических побережьях Франции, Испании, Керченского пролива, Черного моря в районе г. Новороссийска, загрязненных в результате разливов мазута, с целью определить кинетические параметры процесса самоочищения в различных природных условиях. Показано, что скорость естественной трансформации slickов зависит, в основном, от их толщины и положения на профиле береговой зоны, солености воды, температуры и волноприбойной деятельности.

**Ключевые слова:** нефтяной разлив, мазут, морское побережье, самоочищение.

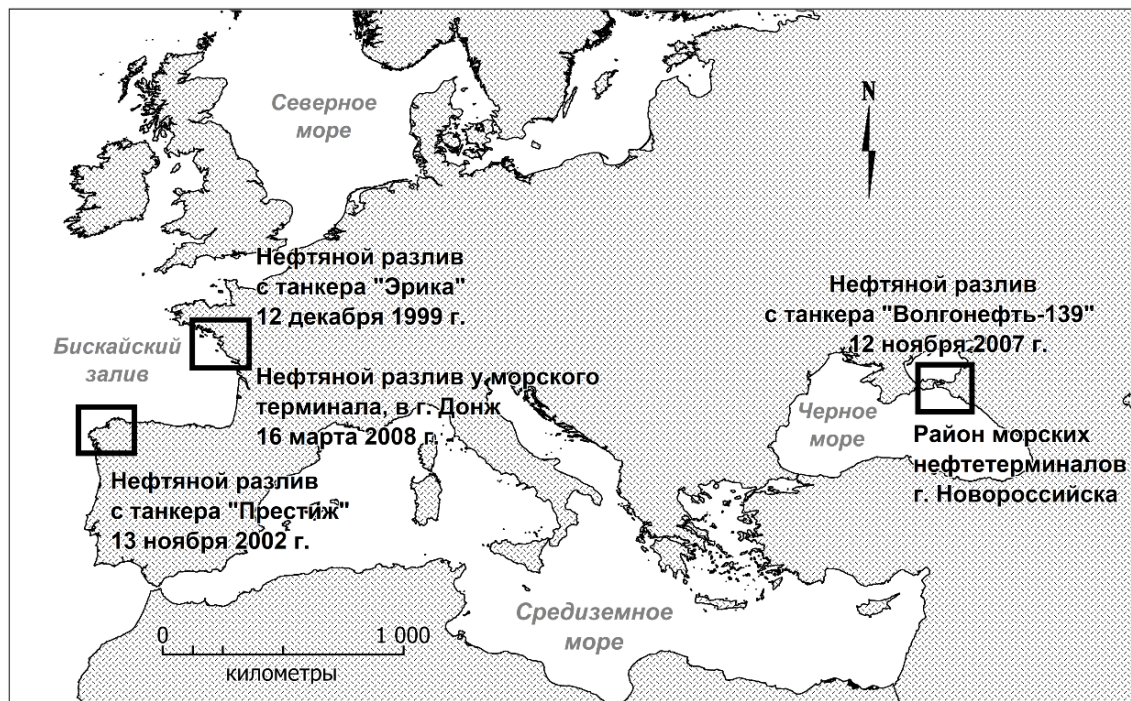
**Abstract.** The paper analyses the results of long-term observations carried out on the Atlantic coasts of France and Spain, and in the Kerch Strait and on the Black Sea coasts in the area of the city of Novorossiysk polluted due to fuel oil spills in order to determine the kinetic parameters of the pollution natural attenuation in different environmental conditions. It is shown that the rate of natural transformation of oil slicks depends mostly on their thickness and location on the coastal zone profile, as well as on the seawater salinity, temperature and surf action.

**Keywords:** oil spill, fuel oil, seacoast, natural attenuation.

В работе представлен анализ результатов многолетних исследований на северо-западных побережьях Франции, и Испании, в устье р. Луары, на побережье Керченского пролива, загрязненных в результате разливов мазута, а также на берегу Черного моря в районе морских нефтяных терминалов г. Новороссийска (рис. 1). Цель исследований – определить кинетические параметры естественной трансформации разлившихся нефтепродуктов в различных природных условиях, в т. ч. с разным влиянием континента и океана, а также в барьерных зонах (эстуарий Луары, Керченский пролив), и выявить их зависимость от факторов окружающей среды.

Побережье Франции было сильно загрязнено в 1999 г. в результате крушения танкера «Эрика» и утечки 20 тыс. т мазута [9, 14]. В 2002 г. у берегов Испании затонул танкер «Престиж», объем разлива составил более 60 тыс. т [9, 10, 13]. В 2008 г. вследствие порыва тру-

бопровода на нефтеперерабатывающем комбинате в г. Донж в эстуарий реки Луары (северо-запад Франции) попало около 500 т мазута [12]. В Керченском проливе в 2007 г. во время шторма разломился надвое танкер «Волгонефть-139», в воду попало около 1,3 тыс. т мазута [2, 3, 6]. Город Новороссийск является крупнейшим морским портом России. Ежегодно через его терминалы отгружается более 100 млн. т нефти и нефтепродуктов. Согласно данным мониторинга, близлежащая акватория испытывает хроническое нефтяное загрязнение [1, 4, 11].



**Рис. 1.** Схема расположения районов наблюдений.

Исследования проводились в период с 2004 по 2019 гг. и включали визуальные наблюдения, отбор, полевое описание и лабораторный анализ образцов нефтяных slickов, колонок береговых и донных отложений. Особое внимание уделялось участкам, на которых после проведения очистных мероприятий сохранились многочисленные следы загрязнения. На побережьях Франции (полуостров Круазик, остров Нуармутье, левый берег эстуария Луары) наблюдения были выполнены в декабре 2004 г., ноябре 2006 г., октябре 2007 г., ноябре 2008, 2009, 2012, 2014 гг., марте 2017 г., за это время была отобрана и проанализирована 71 проба нефтяных slickов. В Испании исследования проводились, главным образом, в районе мыса Финистерре в октябре 2012 г., ноябре 2014 г. и марте 2017 г., было обследовано 32 образца выветрелого мазута. На побережье Керченского пролива (Тузлинская коса и дамба, основание косы Чушка) работы выполнялись в декабре 2007 г., августе – сентябре 2008–2011 гг., июне 2012 и 2013 гг., августе – сентябре 2014 г., июле 2016 и 2019 гг., изучено 119 образцов нефтяных slickов. В районе г. Новороссийска наблюдения осуществлялись в то же время, что и в Керченском проливе, за исключением 2007 г., когда они выполнялись в августе, был отобран и проанализирован 121 образец нефтяных slickов.

Анализ проб производился в Гидрохимическом институте Росгидромета с помощью тонкослойной хроматографии, гравиметрического, инфракрасного фотометрического, люминесцентного и комбинированного оптического методов, позволяющих определять в пробах суммарное содержание нефтяных компонентов, а также разделять их на три хроматографические зоны, соответствующие следующим группам веществ: 1) алифатические, алицикличе-



ские, моно- и диароматические углеводороды ( $УВ$ ); 2) 3–5-ядерные ароматические углеводороды ( $ПАУ$ ); 3) смолистые компоненты – смолы и асфальтены ( $СК$ ) [5].

По итогам выполненных исследований создана база данных, включающая информацию о 343 образцах нефтяных агрегатов и сликов, из которых 253 образца по составу и органолептическим характеристикам были идентифицированы с разлившимися нефтепродуктами известного исходного состава. Кроме того, база данных содержит информацию о месте их обнаружения на профиле побережья и параметрах природной среды.

Результаты наблюдений показали, что со временем на загрязненных побережьях происходит не только уменьшение количества и размеров сликов, но и доли углеводородов в их составе. При этом остаточное процентное содержание устойчивых к трансформации смолистых соединений увеличивается. В этой связи, ранее нами была обоснована возможность использования соотношения между содержанием суммы нефтяных углеводородов ( $УВ$ ) и суммы смолистых компонентов ( $СК$ ) в качестве показателя степени трансформации нефтепродуктов [8]. Близкий к экспоненциальному характер уменьшения соотношения  $УВ/СК$  во времени (рис. 2) позволяет применить для его аппроксимации кинетическое уравнение реакции  $n$ -го порядка (1). Согласно результатам регрессионного анализа данных наблюдений, в этом уравнении  $n = 2,987$ , а константа скорости процесса  $k$  зависит от исходной толщины слика и его положения на профиле литоральной зоны в соответствии с уравнениями (2–4):

$$(УВ/СК)_t^{1-n} = (УВ/СК)_0^{1-n} + (n - 1)f(i)f(h_0)k't, \quad (1)$$

$$f(i) = 0.948 \cdot e^{-63.0(i-0.291)^2} + 0.052, \quad (2)$$

$$f'(i) = 0.948 \cdot e^{-77.4(i-0.188)^2} + 0.052, \quad (3)$$

$$f(h_0) = h_0^{-0.644}, \quad (4)$$

где  $(УВ/СК)_0$  и  $(УВ/СК)_t$  – соотношение между содержанием углеводородов и смолистых компонентов в начальный момент времени и через временной интервал  $t$ ,  $k'$  – константа скорости трансформации слика толщиной 1 мм в верхней части литорали,  $f(i)$  и  $f(h)$  – функции зависимости  $k$  от обеспеченности более высокого уровня моря по отношению к месту обнаружения слика  $i$  (уравнение (2) – для приливного океанического побережья, уравнение (3) – для бесприливных побережий внутренних морей) и его исходной толщины  $h_0$ .

Большое разнообразие природных условий районов исследований позволило установить их влияние на скорость трансформации сликов:

$$k' = (f(S) + f(T) + f(H) + c), \quad (5)$$

$$f(S) = 0.36011 \cdot e^{-0.0130 \cdot S^2}, \quad (6)$$

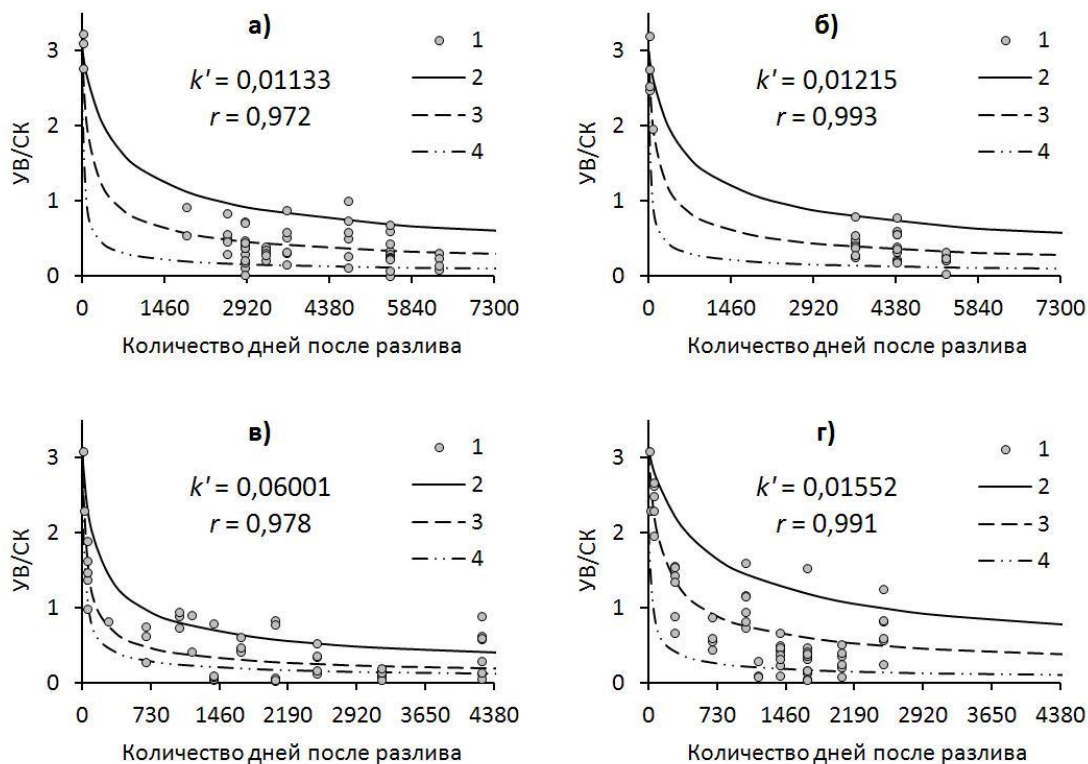
$$f(T) = 0.00301 \cdot T \cdot e^{-0.00151 \cdot T^2}, \quad (7)$$

$$f(H) = 0.06152 \cdot H, \quad (8)$$

где свободный член  $c = 0,0307$ ,  $f(S)$  – функция зависимости  $k'$  от средней многолетней солености воды ( $S$ , ‰);  $f(T)$  – функция зависимости  $k'$  от средней многолетней температуры воды и (или) воздуха пропорционально обеспеченности более высокого уровня моря по отношению к месту обнаружения слика  $i$  ( $T$ , °С);  $f(H)$  – функция зависимости  $k'$  от высоты волны 1% обеспеченности в зоне прибоя при средней многолетней скорости ветра с моря ( $H$ , м), рассчитанной по методике [7]. Все входящие в систему уравнений (1–8) параметры являются статистически значимыми, а коэффициент корреляции между наблюдавшимися и предсказанными с помощью этой модели значениями  $(УВ/СК)_t$  составляет 0,986.

Значения константы  $k'$ , которые могут характеризовать динамику самоочищения побережий, на рассматриваемых нами участках варьируют в диапазоне от  $3,9 \cdot 10^{-3}$  до  $64,0 \cdot 10^{-3}$  и определяются, главным образом, соленостью морской воды, температурой и волноприбой-

ной деятельностью. При этом зависимость  $k'$  от средней многолетней солености воды следует понимать более широко – как роль совокупности факторов и процессов, формирующихся под влиянием континента, таких как обогащенный питательными веществами пресноводный сток, более высокие, по сравнению с океаническим климатом, значения продолжительности солнечного сияния, прямой и суммарной солнечной радиации, годовой амплитуды температуры воды и воздуха, количества циклов заморозания – оттаивания воды, суммы активных температур. Все эти факторы рассматривались по отдельности и были исключены из регрессионной модели ввиду их высокой парной корреляции с соленостью.



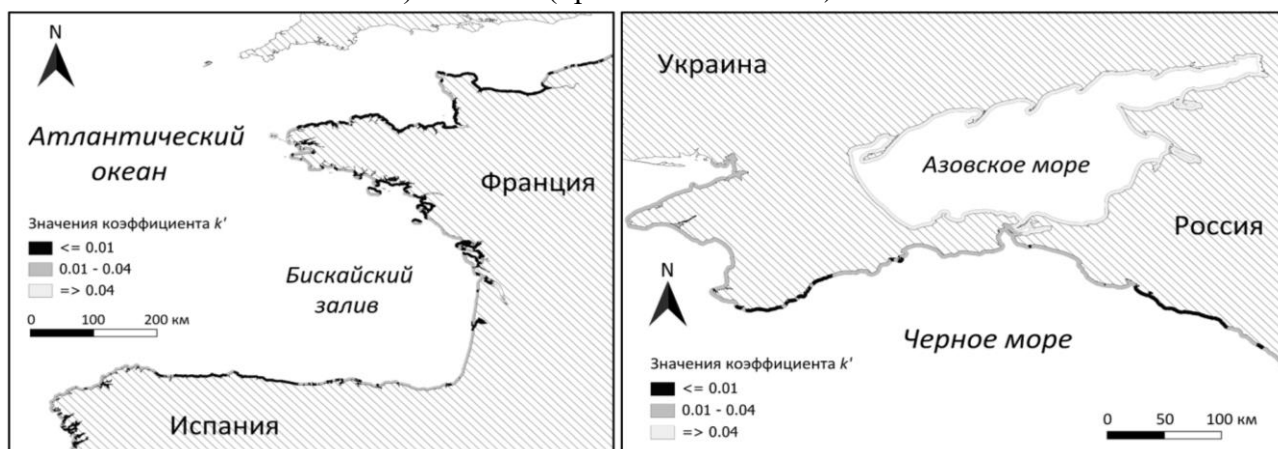
**Рис. 2.** Изменение соотношения УВ/СК в составе нефтяных slickов во времени на атлантических побережьях Франции (а), Испании (б), на азовском (в) и черноморском (г) побережьях Керченского пролива: 2–4 – кривые, аппроксимирующие трансформацию slickов толщиной 20 мм (2) и 2 мм (3, 4) в средней (2, 3) и верхней (4) частях литоральной зоны.

Таким образом, процесс естественной деструкции разлившихся нефтепродуктов протекает значительно быстрее на побережьях распресненных внутриконтинентальных морей, таких как Азовское море, и в устьевых областях рек, чем на океаническом побережье. Наиболее богатые с экологической точки зрения участки побережий, которые необходимо защищать от загрязнения в приоритетном порядке, на практике показали наибольшую способность к самоочищению. Здесь очистка с использованием технических средств может быть неэффективной и даже привести к еще большему вреду, чем само загрязнение.

Уравнения (5–8) были положены в основу прогностических карт динамики естественной трансформации нефтяного загрязнения на морских побережьях (рис. 3). Такие карты могут быть полезны при экологическом обосновании маршрутов транспортировки нефти и нефтепродуктов, мест строительства нефтебаз и морских нефтяных терминалов в условиях продолжающегося роста спроса на продукцию нефтяной промышленности, а также для определения районов повышенного риска и приоритетной защиты, что является

обязательным при разработке планов по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (гранты Президента РФ МК-2574.2008.5, МК-4216.2010.5, государственное задание в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029) и РФФИ (проект 19-05-50097).



**Рис. 3.** Прогностические карты скорости естественной трансформации нефтяного загрязнения (по константе  $k'$  в уравнении (5)) на морских побережьях.

#### Список литературы

1. Бедрицкий А. И., Асмус В. В., Кровотынцев В. А. и др. Спутниковый мониторинг загрязнения российского сектора Черного и Азовского морей в 2003–2007 гг. // Метеорология и гидрология. 2007. № 11. С. 5–13.
2. Керченская авария: последствия для водных экосистем / Под ред. И. Г. Корпаковой, С. А. Агапова. Ростов-на-Дону: ФГУП АзНИИРХ, 2008. 229 с.
3. Кузнецов А. Н., Федоров Ю. А. Закономерности распределения и трансформации нефтяного загрязнения в районе техногенной катастрофы в Керченском проливе // Известия РГО. 2010. Т. 142. Вып. 2. С. 53–59.
4. Немировская И. А., Лисицын А. П. Углеводороды в водах и донных осадках прибрежных районов северо-восточной части Черного моря // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464. № 3. С. 334–340.
5. Никаноров А. М., Страдомская А. Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 222 с.
6. Оценка загрязнения морской среды Керченского пролива и прилегающих акваторий морей в результате аварийного разлива нефтепродуктов 11 ноября 2007 г. по данным математического моделирования, регулярного мониторинга и эпизодических наблюдений. М.: ГОИН, 2009. 71 с.
7. Руководство по расчету режимных характеристик морского ветрового волнения. РД 52.10.865-2017. М.: Росгидромет, 2018. 60 с.
8. Федоров Ю. А., Страдомская А. Г., Кузнецов А. Н. Закономерности трансформации нефтяного загрязнения в водотоках по данным многолетних наблюдений // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 3. С. 327–337.
9. Fattal P. Pollution des côtes par les hydrocarbures. Rennes, 2008. 395 p.
10. Garcia R. The Prestige: one year on, a continuing disaster, WWF-Spain, 2003 <http://assets.panda.org/downloads/finalprestige.pdf>

11. Kuznetsov A., Fedorov Y. Oil Pollution of the Coastal Zone of the Black Sea in an Area of Intensive Navigation (Novorossiysk Bay, Kerch Strait) and the Dynamics of Natural Attenuation Process. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2020. [https://doi.org/10.1007/698\\_2020\\_503](https://doi.org/10.1007/698_2020_503)
12. Poncet F. Raffinerie de Donges: fuite sur une canalisation, *Bulletin d'information du CEDRE*, 2009, no. 25, pp. 4–11.
13. Rousseau C., Girin M. Accident du Prestige: le volet français, *Bulletin information CEDRE, France*, 2004, vol. 19, pp. 4–16.
14. Tiercelin C., Marchand M., Rousseau C. Accident de l'Erika, Golfe de Gascogne (Sud-Bretagne), *Bulletin d'information du CEDRE, France*, 1999–2000, iss. 13, pp. 10–19.

**О РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВАХ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ГРАНИЦАХ БАСЕЙНОВЫХ ОКРУГОВ С УЧЕТОМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИЙ**

Кузьмич В. Н.<sup>1</sup>, Янин Е. П.<sup>2</sup>, Иваницкий О. М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АНО Национальное информационное агентство «Природные ресурсы», Москва,  
kvnpriroda@mail.ru

<sup>2</sup> Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва  
yanin@geokhi.ru

**ON REGIONAL QUALITY STANDARDS FOR SURFACE FRESH WATER ESTABLISHED FOR CHEMICAL INDICATORS IN THE BOUNDARIES OF BASIN DISTRICTS TAKING INTO ACCOUNT THE GEOCHEMICAL FEATURES OF TERRITORIES**

Kuzmich V.N.<sup>1</sup>, Yanin E.P.<sup>2</sup>, Ivanitsky O.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ELN National Natural Resources News Agency, Moscow,  
kvnpriroda@mail.ru

<sup>2</sup> Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow,  
yanin@geokhi.ru

**Аннотация.** Обосновывается необходимость учета региональных природных особенностей химического состава поверхностных вод при разработке нормативов их качества, оценке состояния и степени техногенного загрязнения водных объектов.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, региональные геохимические особенности, качество вод, нормативы качества, оценка состояния, региональные нормативы.

**Abstract.** The necessity of taking into account regional natural features of the chemical composition of surface waters in the development of standards for their quality, assessment of the state and degree of technogenic pollution of water bodies is substantiated.

**Keywords:** surface waters, regional geochemical features, water quality, quality standards, condition assessment, regional standards.

В настоящее время в России для оценки состояния водных объектов устанавливаются нормативы качества поверхностных вод в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем. К ним относятся гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации веществ (ПДКгиг.) и общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования; и «рыбохозяйственные» нормативы ПДК<sub>рх</sub> воды и нормируемые показатели качества воды (взвешенные вещества, рН, растворенный O<sub>2</sub>, БПК, АСПАВ, токсичность, температура) водных объектов рыбохозяйственного значения. Как известно, большинство поверхностных водных объектов на территории страны отнесено к водным объектам рыбохозяйственного значения, для оценки качества воды которых, согласно

Приказу Минсельхоза России от 13.12.2016 №552, установлено более чем 1070 нормативов, разработанных на основании результатов лабораторных испытаний методами биотестирования на изолированных популяциях культивируемых тест-объектов. Такой подход неприемлем для веществ природного происхождения, величина норматива которых определяется их природными концентрациями. Для более, чем 45 веществ природного происхождения нормативы ПДК<sub>рх</sub> необоснованно установлены как единые для всех водных объектов страны, что противоречит требованиям современного природоохранного законодательства [6]. Результаты применения ПДК<sub>рх</sub>, природные фоновые концентрации которых заметно отличаются от установленных нормативов, априори обуславливают получение информации, не отражающей реального состояния водных объектов, и свидетельствуют о необходимости разработки региональных нормативов качества, учитывающих природную неоднородность химического состава поверхностных вод.

Реально существующая региональная неоднородность химического состава природных вод является следствием важнейшей особенности строения биосферы – ее геохимической гетерогенности (мозаичности) [1]. Например, на территории России выделяются 18 геохимических провинций и 78 геохимических зон, неоднородных в геохимическом отношении. С геохимической точки зрения любые естественные образования – природный компонент, геологическое тело, ландшафт, экосистема – определяются, прежде всего, своим элементарным химическим составом, т. е. характерным только для них количественным распределением химических элементов. В полной мере это относится и к природным водам. В. И. Вернадский в своей фундаментальной «Истории природных вод» приводит классификацию природных вод, насчитывающую 485 минералов группы воды, распределяющихся в 139 семейств, в свою очередь собирающихся в 39 подцарств, которые объединяются в 19 царств вод [2]. В подцарстве наземных (поверхностных) вод ученый выделил 16 семейств и 64 вида вод, различающихся химическим составом. Общее же число видов вод, по его мнению, должно быть увеличено до 1500. Показательны также следующие факты. Установленные к настоящему времени (на большом фактическом материале) средние (глобальные и региональные) содержания многих химических элементов и их соединений в природных водах свидетельствуют о том, что они, с одной стороны, превышают действующие ныне ПДК<sub>рх</sub>. Так, значения глобальных параметров распределения в природных водах Al, Mn, Zn, Cu, Mo, V, Hg превышают (нередко существенно) ПДК<sub>рх</sub>, что явно свидетельствует об условности последних (табл.1). С другой стороны, глобальные и региональные параметры распределения ряда элементов существенно ниже их ПДК<sub>рх</sub>, что также вызывает большие сомнения относительно адекватности последних. Это, в частности, относится к некоторым главным ионам (макрокомпонентам), а также к Sr, B, Li, J, Cr, Rb, Zr, Sn, Cs. Так, например, ПДК<sub>рх</sub> Cs установлена в 1000 мкг/л, тогда как его среднее содержание в речных водах оценивается примерно в 0,02–0,03 мкг/л, в морской воде ~ 0,5 мкг/л, и только в редких типах термальных вод и рассолов его концентрации могут достигать 200–500 мкг/л и совсем редко – порядка 2000 мкг/л. Содержание Cs в попутных нефтяных водах достигает 360 мкг/л [3]. Считается, что при таких содержаниях Cs и при наличии соответствующей технологии добыча его из нефтяных вод может быть рентабельной, т. е. ПДК<sub>рх</sub> Cs практически в три раза выше уровня его промышленной кондиции. Формально можно сбрасывать в любой водный объект (где природные концентрации цезия составляют около 0,03 мкг/л) сточные воды с концентрацией этого элемента в 999 мкг/л, с чем вряд ли можно согласиться.

Авторами в рамках НИР «Разработка системы природоохранного нормирования качества поверхностных вод» по базовому проекту ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2008–2020 годах» был выполнен анализ доступных ретроспективных материалов «дохозяйственного периода» и фактических данных по фоновым участкам гидрографической сети, не испытывающих прямого хозяйственного воздействия [6, 8, 9], информация о составе воды которых приведена в Таблице 1.

Таблица 1

**Средний химический состав природных вод (обобщение литературных данных [9])**

Показатель	Подземные воды зоны выщелачивания			Воды зоны гипергенеза, среднее	Среднее в воде рек мира	Реки Московской области	ПДК <sub>рх</sub>
	многолетней мерзлоты	умеренного климата	среднее				
pH	6,53	6,82	6,75	6,90	–	7,86	6,5–8,5
	мг/л						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,05	18,2	12,4	70,7	11,2	15	100
Cl <sup>-</sup>	4,67	15,9	10,1	59,7	7,8	10	300
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,31	2,13	1,56	2,40	1,0	2	40
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,03	0,10	0,10	0,19	–	0,079	0,08
Na <sup>+</sup>	6,64	23,8	13,8	67,6	6,3	12,5	120
Ca <sup>2+</sup>	16,8	38,3	27,4	39,2	15	68,2	180
Mg <sup>2+</sup>	5,56	16,5	11,2	18,2	4,1	17,3	40
K <sup>+</sup> *	0,83	2,74	1,84	5,15	2,3	1	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,09	0,52	0,52	0,59	–	0,5	0,5
	мкг/л						
Fe	328	689	424	481	670	206	100
Al	216	165	190	226	400	–	40
Sr	20,8	185	88,7	183	50	–	400
B	20,2	55,9	35,4	77,9	10	20	500
Mn	12,7	59,2	34,3	54,5	7,0	27,8	10
Zn	22,4	42,8	30,3	41,4	20	28,5	10
Ba	9,09	25,3	14,4	18,3	10	24,1	740
Ti	4,09	8,82	6,96	17,4	3,0	6,4	60
Li	4,08	10,7	6,20	13,0	3,0	2	80
J	2,19	5,59	6,00	8,02	7,0	–	400
Cu	2,44	4,85	4,00	5,58	7,0	7,6	1
Ni	1,84	3,45	3,11	3,58	0,3	5,5	10
Cr	2,34	2,83	2,78	3,03	1,0	1,25	70+20 **
Pb	1,52	3,10	2,18	2,97	3,0	2,17	6
Rb	1,42	2,55	1,81	1,86	1,0	–	100
Mo	0,78	0,89	1,16	1,75	1,0	0,5	1
As	0,86	1,64	1,34	1,46	2,0	0,43	50
V	0,64	1,28	1,01	1,34	0,9	1,38	1
Zr	1,13	1,51	1,16	1,20	–	0,8	70
Se	–	0,64	0,45	0,72	0,2	0,13	2
Co	0,29	0,34	0,33	0,39	0,2	0,3	10
Sn	0,29	0,44	0,35	0,39	0,5	–	112
Cs	–	–	0,18	0,26	0,02	–	1000
Cd	–	0,15	0,20	0,24	–	0,13	5
Be	0,05	0,24	0,16	0,19	–	0,13	0,3
Hg	–	0,044	0,0411	0,0411	0,07	0,049	0,01
W	–	–	–	–	–	0,1	0,8

\* При минерализации менее 100 мг/л ПДК калия = 10 мг/л. \*\* Cr<sup>3+</sup> + Cr<sup>6+</sup>.

Для каждого из 20 бассейновых округов, как основной единицы управления в области использования и охраны водных объектов, установленных Водным кодексом РФ, получены характеристики химического состава речных вод и приведен перечень веществ с рекомендацией разработки или пересмотра нормативов ПДКрх с позиции требований природоохранного законодательства. Показано, что химический состав поверхностных вод в пределах конкретного бассейнового округа (БО) характеризуется специфическими особенностями, обусловленные естественными факторами его формирования, с учетом которых разрабатываются нормативы качества вод. Для каждого БО составлен перечень природных веществ и соединений, нормируемые показатели и ПДКрх которых подлежат пересмотру: минерализация (сухой остаток), главные ионы,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общее}}$ , F, Al, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo, Sb, W, Hg, Pb, фенолы, хлор, нефтяные углеводороды, значения показателей перманганатной окисляемости, БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>полн</sub>, ХПК, цветность. Например, в пределах Донского БО состав природных вод изменяется от гидрокарбонатных на северо-западе территории до хлоридных и сульфатных на юго-востоке. Природная минерализация вод изменяется от 100 до 7000 мг/л, в верхнем и среднем течении Дона (незарегулированный участок) находится в диапазоне 410–590 мг/л, что может считаться «нормальным» значением. Характерны высокие (выше ПДКрх) природные концентрации Fe, органического вещества (по ХПК и БПК<sub>5</sub>),  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  (верховье бассейна),  $\text{SO}_4^{2-}$  (особенно в низовье), Cu,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Mn и ряда других ингредиентов.

Следует отметить, что использование единых для территории страны ПДКрх без учета региональных особенностей состава природных вод искажает реальную ситуацию, в результате которого системы мониторинга и контроля априори и вынужденно выдают заведомо неточную информацию [4, 9]. Например, для оценки загрязненности воды водных объектов (результаты которой приводятся в официальных документах) в России используется удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [7]. При расчете индекса применяется показатель кратности превышения «наиболее жестких» нормативов из списков ПДКрх и ПДКгиг, которыми, как правило, являются ПДКрх. Так, в расчетах УКИЗВ приоритетными загрязняющими веществами чаще всего являются Cu, Zn, Fe, легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>), фенолы, соединения азота. При использовании индекса вода многих водных объектов по уровню загрязненности оказывается неадекватно отнесенной к классам «грязная»/«очень грязная», в то время как природные фоновые концентрации этих веществ могут либо на порядок превышать, либо быть многократно ниже нормативов ПДКрх, и при этом естественная водная экосистема функционирует в нормальном режиме.

Авторами предложены методические подходы по разработке региональных нормативов качества поверхностных вод для химических показателей с учетом природных особенностей водных объектов, находящихся вне прямого антропогенного воздействия и при отсутствии признаков деградации естественной водной экосистемы (изменение видового состава и трофической структуры экосистем, их естественной биопродуктивности, исчезновение местных видов водных организмов, нарушение их биологических циклов и др.). Показано, что нормативы разрабатываются по результатам специальных комплексных исследований, которые направлены на получение статистически обоснованных параметров природного фонового распределения ингредиентов в летнюю и зимнюю межень, и устанавливаются в интервале допустимого отклонения от значений показателей природного фона.

Рекомендовано использование информации о химическом составе вод в «дохозяйственный» период и по рекам-аналогам, сходным по условиям природного формирования состава вод. Для решения задач выделения территорий, в границах которых состав поверх-



ностных вод определяется природными условиями и факторами его формирования, предложено использование ГИС-технологий, в том числе, впервые разработанного прототипа гидрохимической карты водного объекта, которая была применена на конкретном примере отдельного водного объекта с использованием программного обеспечения. Создание ГИС технологий позволяет выходить за рамки стандартных методов работы и внедрить интегрированный подход к решению рассматриваемой задачи.

Таким образом, установление региональных нормативов качества вод позволяет повысить информативность результатов наблюдений, достоверность контроля за состоянием водного объекта, и определяет необходимость в ускоренном принятии нормативного акта по разработке нормативов качества поверхностных вод для химических показателей с учетом геохимических особенностей конкретных водных объектов и территорий бассейнов рек или их частей.

#### Список литературы

1. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. 376 с.
2. Вернадский В. И. История природных вод. М.: Наука, 2003. 750 с.
3. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР. М.: Недра, 1989. 382 с.
4. Кузьмич В. Н., Пономарева Л. С., Скурлатов Ю. И. Проблемы химической безопасности водных экосистем и новые подходы к оценке качества воды // Химическая и биологическая безопасность. 2015. № 1–2. С. 95–102
5. Кузьмич В. Н., Янин Е. П., Иваницкий О. М. Качество природных вод и геохимические особенности территорий // Водоочистка. 2019. № 5. С. 41–45.
6. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (утв. Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 № 695).
7. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2002. 49 с.
8. Янин Е. П., Кузьмич В. Н., Иваницкий О. М. Определение природной региональной неоднородности химического состава поверхностных вод при установлении нормируемых показателей качества воды // Труды Четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», г. Москва, 15–18 сентября 2015 г. М.: ИВП РАН, 2015. С. 222–224.
9. Янин Е. П., Кузьмич В. Н., Иваницкий О. М. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. № 6. С. 3–72.

**К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ ЛИПОВОЙ АЛЛЕИ В Г. ПЕРМИ)**

С. А. Кулакова, А. А. Зайцев

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: kulakovasa@mail.ru, rabbitzay@yandex.ru

**ON THE ISSUE OF RECONSTRUCTION OF PUBLIC FACILITIES  
(ON THE EXAMPLE OF THE LINDEN ALLEY IN PERM)**

S.A. Kulakova, A.A. Zaitsev

**Аннотация:** Растительность в городской среде, как живой компонент природы, постоянно трансформируется в пространстве и во времени. В процессе роста и развития древесные растения постепенно стареют, теряют свои полезные качества, гибнут.

**Ключевые слова:** Зеленые насаждения, реконструкция, восстановление, произрастание, размещение, объект озеленения.

**Abstract.** Vegetation in the urban environment, as a living component of nature, is constantly transformed in space and time. In the process of growth and development of woody plants gradually grow old, lose their useful qualities, they are dying.

**Keywords:** Green spaces, reconstruction, restoration, growth, placement, landscaping object.

Зеленые насаждения играют огромную роль при целостности восприятия того или иного города. Они определяют не только внешний облик города, его эстетические достоинства, но и улучшают санитарно-гигиенические условия проживания людей. Развитие, совершенствование и площадное увеличение зеленого фонда непрерывно связано с ростом самого города, расширением его границ, улучшением его экономической и социальной составляющих.

Основу зеленых насаждений города Перми составляют посадки советского времени, нуждающиеся в реконструкции. Реконструкция зеленых насаждений – это комплекс мероприятий, предусматривающий полную или частичную замену деревьев, кустарников, цветников, газонов, садово-парковых дорожек и площадок, оборудовании и малых архитектурных форм. Очень остро стоит вопрос по «старейшим» объектам общего пользования, нуждающимся в реконструкции. К таким относится бульвар по Комсомольскому проспекту, заложенный в начале XX века.

Комсомольский проспект – одна из центральных улиц г. Перми. Проспект расположен на территории левобережной части Перми, находится в двух административных районах – Ленинском и Свердловском. Расположен перпендикулярно берегу реки Камы, является основной градообразующей осью города. Часть, закрепленная за Ленинским районом, протянулась от ул. Монастырской до ул. Пушкина. В Свердловском районе территория протянулась от ул. Пушкина до ул. Чкалова.

Первоначально, здесь были высажены деревья рода Тополь (лат. *Rópus*). В последствии, благодаря усилиям Валентина Леонидовича Миндовского, их заменили на Липу серд-

цевидную (*Tilia cordata* Mill.). Сегодня липовая аллея на Комсомольском проспекте – знаковое место, визитная карточка города, которую часто сравнивают с бульваром в Берлине «Унтерден-Линден» (нем. **Unter den Linden** - «Под липами»)- один из главных и наиболее известный из бульваров **Берлина**, получивший своё название благодаря украшающим его липам).

Липа сердцевидная (лат. *Tilia cordata*) – высокое (до 20-30 м) дерево, принадлежащее к семейству Мальвовые (*Malvaceae*). Липа имеет шатровидную крону. Годовой прирост в высоту около 30 см, в ширину 25 см. Морозостойка, теплолюбива, плохо переносит сухость воздуха и почвы, создает тень, чувствительна к загрязнению воздуха и засолению. Требовательна к площади незапечатанного пространства вокруг ствола, в идеале эта площадь должна превышать площадь кроны взрослого дерева в 2 раза. Липа характеризуется мягкой древесиной, что приводит к снижению способности древесины сопротивляться разрушению (растяжению, сжатию, изгибу, сдвигу и др.) под действием внешних сил. Порода среднеловечная, в лесу отдельные деревья доживают до 150-200 (иногда до 400 и более) лет, но в городских условиях жизнеспособность резко падает и деревья уже с 80 лет начинают отмирать [3]. Для деревьев Лип 80-летний возраст можно считать «критическим», после которого увеличивается число деревьев с морозными трещинами, ядровой гнилью и дуплами [2]. Липа мелколистная в условиях антропогенной нагрузки характеризуется низкой устойчивостью к буреломам и ветровалам в среднем возрасте (50-60 лет), и для них характерны поражения стволовыми и корневыми гнилями [4].

В 2016 и в 2018 гг. проведена инвентаризация зеленых насаждений на территории Ленинского и Свердловского районов г. Перми. Учету подлежали все зеленые насаждения. Инвентаризация проводилась индивидуальным способом [1]. В ходе работ у деревьев определяли: видовую принадлежность, диаметр ствола на высоте 1,3 м, высоту, возраст, категории санитарного состояния, наличие повреждений.

Древесный фонд зеленых насаждений Бульвара по Комсомольскому проспекту от ул. Монастырской до ул. Белинского насчитывает 636 деревьев. Преобладающей породой является Липа сердцевидная (лат. *Tilia cordata*) (98 %), а также единично присутствуют: Клен ясенелистный (лат. *Acer negundo*), Ясень обыкновенный (лат. *Fraxinus excelsior*).

Таблица

#### Санитарное состояние насаждений

Санитарное состояние, %		
Хорошее	Удовлетворительное	Неудовлетворительное
72	225	339

Санитарное состояние обследованного древостоя представлено в таблице, из которой видно, что значительная часть деревьев находится в неудовлетворительном состоянии – 53,3%.

Таким образом, инвентаризация зеленых насаждений показала, что современное состояние зеленых насаждений обуславливает необходимость проведения реконструкции зеленых насаждений бульвара на Комсомольском проспекте.

Учитывая, что возраст основных посадок не превышает 70 лет, то следует признать неудовлетворительное состояние древостоя связано с преждевременным старением, которое определено рядом неблагоприятных факторов:

1) высокая плотность существующих посадок обуславливает межвидовую и внутривидовую конкуренцию древесных растений (изначально саженцы высаживали с высокой плотностью, чтобы в последующем их проредить и оставить только самые перспективные.

2) недостаточная площадь газонной части аллеи для выращивания таких крупных древесных растений как Липа, обуславливает дефицит влаги и питательных веществ.

3) загрязнение компонентов окружающей среды (прежде всего, атмосферного воздуха почвы), а также нарушение воздушно-водного баланса, в связи с переуплотнением и обеднением почвенного покрова.

Существует 3 метода реконструкции зеленых насаждений: полная, частичная и выборочная реконструкция. При полной реконструкции изменению подлежат все насаждения и основные элементы благоустройства. Полная реконструкция рекомендуется, когда нет возможности дальнейшего сохранения зеленых насаждений.

При частичной реконструкции восстанавливают от 20 до 50% общей площади зеленых насаждений и дорожно-тропиночной сети.

При выборочной реконструкции ремонтируются отдельные участки дорог, площадок. Отдельные деревья, кустарники подлежат вырубке или пересадке (15–20% от площади или количества растений).

Когда речь идет о таких центральных городских объектах озеленения большое влияние оказывает общественное мнение. В данном случае основная идея общественности сводится к воспроизведению существующей липовой аллеи без учета существующей экологической ситуации. Поскольку преждевременное старение древесных растений (прежде всего, Лип) свидетельствует о критических условиях произрастания, существует большая вероятность не приживания молодых деревьев Липы. При существующем санитарном состоянии древостоя на бульваре по Комсомольскому проспекту следует предусматривать частичную реконструкцию, с заменой 50 % древесных насаждений.

Для создания насаждений, устойчивых к воздействию факторов антропогенной среды, необходимо использовать местные или хорошо акклиматизированные виды деревьев и кустарников, выращиваемых в пригородных или городских питомниках.

#### **Рекомендации по реконструкции липовой аллеи:**

1. При реконструкции зеленых насаждений необходимо сохранить все деревья, находящиеся в хорошем и удовлетворительном состоянии, не представляющие угрозу слома, не мешающие опорным столбам, проводам и т. д.

2. Сохранение старых деревьев важно для поддержания экологического баланса города. Старые деревья являются важным элементом городской экосистемы, обеспечивают жизнедеятельность городских насекомых, птиц и других животных.

3. Если мы хотим воспроизвести липовую аллею нужно уменьшить плотность посадок саженцев Липы (расстояние между саженцами не менее 5 м). Для сохранения зеленого объема между деревьями Липы можно ввести дополнительно второстепенное деревце или кустарник. Со временем, когда кустарник (деревце) достигнет предельного возраста, липовые деревья войдут в активную фазу роста, нарастят большой объем зеленой массы, второстепенный можно убрать без компенсации.

4. Учитывая вероятность не приживания молодых саженцев Липы, следует подумать о замене деревьев Лип на менее крупные быстрорастущие виды, менее требовательные к условиям произрастания. В качестве эксперимента можно рассмотреть нижнюю часть ул. Комсомольский проспект. Данная мера актуальна в связи с тем, что удачного воспроизведения липовых посадок вдоль дорог с высоким трафиком в г. Перми пока нет.

5. Обеспечить систематический уход: полив, удобрения, обрезка, независимо от выбранного сценария.

При проведении реконструкции и восстановления насаждений по категориям основным должен быть принцип максимального сохранения жизнеспособной растительности и увеличение сроков жизни отдельных деревьев.

Зеленые насаждения города Перми – это стареющие посадки советского времени. В условиях урбоэкосистемы деревья подвергаются преждевременному старению из-за наличия экстремальных условий: загрязнение атмосферного воздуха, грунтовых вод, накопление почвами тяжелых металлов, солей и аккумуляция других веществ. Проведение реконструкции, а также озеленения в городе, это необходимая мера для стареющего зелеными деревьями города. Кроме того, старые деревья представляют прямую угрозу: при порывистых ветрах стволы ломаются, вырываются с корнем.

#### Список литературы

1. Кулакова С. А. Учет зеленых насаждений города Перми // Известия Самарского научного центра Российской академии наук Том 16 №1(3) г. Самара, 2014г. С: 769-771. (Статья в изданиях по списку ВАК Россия)
2. Лисицына А.А. Санитарное состояние липы мелколистной в садах СанктПетербурга. Леса России в XXI веке. Материалы 6 междунар. н.-техн. интернет-конференции. СПб, 2011. С.109.
3. Пчелин В. И. Дендрология. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2007. 520 с.
4. Сунцова Н. Ю., Бухарина И. Л., Соколов Р. А., Бердинских С. Ю. Биоэкологическое состояние мемориальных лип садово-парковой зоны музея-усадьбы П. И. Чайковского (г. Воткинск) // Актуальные вопросы сохранения культурно-исторического наследия парков. Материалы Всеросс. науч.-практ. конференции. Воткинск, 2018. С.41-43.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В КАРСТОВОМ ОЗЕРЕ ЧВАНИХА КИРОВСКОЙ  
ОБЛАСТИ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Кутявина Т. И.<sup>1</sup>, Ашихмина Т. Я.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Вятский государственный университет

<sup>2</sup>Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Киров

kutyavinati@gmail.com

**ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE KARSTIC LAKE CHVANIKHA IN  
KIROV REGION BY CHEMICAL INDICATORS**

Kutyavina T.I.<sup>1</sup>, Ashikhmina T.Ya.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Vyatka State University

<sup>2</sup>Institute of Biology of Komi Scientific Centre  
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Kirov

kutyavinati@gmail.com

**Аннотация.** Представлены результаты химического анализа проб воды из карстового озера Чваниха, расположенного на территории ландшафтного памятника природы Медведский бор в Кировской области. Отмечено увеличение содержания аммонийного азота, фосфатов и органических веществ с глубиной. Экологическое состояние озера оценивается как относительно удовлетворительное.

**Ключевые слова:** качество воды, карстовое озеро, Медведский бор, Кировская область.

**Abstract.** The paper presents the results of chemical analysis of water samples from the karstic lake Chvanikha located on the territory of the Medvedsky Bor landscape monument in the Kirov region. An increase in the content of ammonium nitrogen, phosphates and organic substances in water with depth was noted. The ecological state of the lake Chvanikha is assessed as relatively satisfactory.

**Keywords:** water quality, karstic lake, Medvedsky bor, Kirov region.

Кировская область обладает значительными водными ресурсами. На территории региона находится 4,5 тысячи озер, одно из них – озеро Чваниха. Данное озеро находится в Медведском бору, в пяти километрах от поселка Медведок Нолинского района Кировской области. Медведский бор – это ландшафтный памятник природы. Он представляет собой сосновый лес площадью 6921,05 га с цепью озер карстового происхождения, расположен на 2 и 3-ей надпойменных террасах левого берега р. Вятки [1]; является реликтовым сообществом ксеротермической эпохи послеледникового времени [5]. Анализ литературных источников показал, что растительность и почвы Медведского бора являются более изученными по сравнению с озером Чваниха, данных о котором в научной литературе крайне мало. В связи с этим, целью данной работы стало изучение гидрохимического состава и оценка качества воды в данном озере.

Озеро Чваниха (второе название Провальное) состоит из 20-ти слившихся в дугообразную цепочку карстовых воронок длиной более километра и максимальной глубиной до 14,5 м. [2]. Общая длина водоема составляет 1,5 км. Вода в озере постоянно циркулирует по системе подземных трещин, поэтому дно водоема не заиливается, остается чистым и песчаным, и постепенно опускается до 10-ти и более метров. На дне озера встречаются скопления цианобактерии ностока сливовидного. Эта колониальная водоросль охраняется на территории памятника природы «Озеро Чваниха в Медведском бору» и включена в Красную книгу Кировской области как вид, находящийся под угрозой исчезновения [4].

В июле 2019 г. сотрудниками научно-исследовательской лаборатории биомониторинга Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН и Вятского государственного университета (ВятГУ) было проведено обследование озера Чваниха и его прибрежной территории [1]. Во время обследования акватории был произведен отбор проб воды. Пробы отбирали с помощью батометра в южной части озера с трех глубин: в поверхностном слое (0-0,3 м.), на глубине 4,0 м., на глубине 6,5-7,0 м. (у дна). Температура воздуха во время отбора составляла 22 °С, температура воды в поверхностном слое – 20,0 °С, у дна – 13,1 °С. При отборе придонных проб воды отмечали наличие отчетливого сероводородного запаха, который свидетельствует о развитии процессов гниения на дне озера. При отборе проб с меньших глубин запах практически не ощущался. В пробах с глубин 4,0 и 6,5-7,0 м. были обнаружены единичные экземпляры дафний. В придонной пробе отмечено большое количество водорослей.

Анализ проб воды проводили по аттестованным методикам измерений в аккредитованной экоаналитической лаборатории ВятГУ. Результаты гидрохимического анализа представлены в таблице.

Таблица 1

**Результаты органолептического и химического анализа проб воды из оз. Чваниха (P = 0,95)**

Показатель, единицы измерения, методика измерений	Глубина отбора, м		
	0-0,3	4,0	6,5-7,0
Водородный показатель (рН), ед. рН ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97	7,9±0,2	7,3±0,2	7,3±0,2
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см РД 52.24.495-2005	230±12	308±15	316±16
Запах, баллы РД 52.24.496-2018	0	0	2
Цветность, градусы РД 52.24.497-2005	37±4	110±6	176±8
Мутность, единиц мутности по формазину ГОСТ Р 57164-2016	2,5±0,5	9,5±1,9	15,4±2,2
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:3.101-97	7,3±1,2	4,4±0,7	5,4±0,9
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.154-99	5,5±0,6	5,5±0,5	6,9±0,7
Химическое потребление кислорода, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003	8,9±2,7	20±6	21±6
Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:3.1-95	0,33±0,12	0,44±0,15	1,65±0,35
Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.3-95	<0,02 (0,016)	<0,02 (0)	<0,02 (0)

Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.4-95	1,28±0,23	0,83±0,15	1,23±0,22
Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.248-07	<0,05 (0,001)	<0,05 (0,013)	<0,05 (0,038)
Кремний, мг/дм <sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.215-06	2,3±0,5	6,1±1,2	6,6±1,3

Согласно полученным результатам (табл.), химический состав воды в озере Чваниха на разных глубинах отличается. В частности, для поверхностного слоя воды характерна слабощелочная реакция среды, а для средних глубин и придонных слоев – нейтральная. Концентрация неорганических форм биогенных элементов (аммонийного азота, фосфора, кремния) с глубиной увеличивается, как и значение удельной электрической проводимости.

Содержание органических веществ, о которых косвенно можно судить по показателям перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК), цветность и растворенный кислород, также возрастает в пробах воды, отобранных с глубин 4,0 и 6,5-7,0 м. При этом на глубине возрастает содержание преимущественно трудноокисляемых органических веществ, о чем свидетельствует показатель ХПК. Величина перманганатной окисляемости позволяет судить о содержании легкоокисляемых органических веществ. Этот показатель с глубиной изменяется незначительно. По отношению перманганатной окисляемости к химическому потреблению кислорода, выраженному в процентах (индекс Б. А. Скопинцева), можно сделать вывод, что для проб воды, отобранных с глубин 4,0 и 6,5-7,0 м. характерно повышенное содержание гуминовых веществ в воде, по сравнению с поверхностным слоем воды. О наличии гуминовых веществ в придонных слоях воды также свидетельствует пониженное содержание растворенного кислорода (на 30-40% меньше, чем в поверхностном слое) и высокая цветность воды (в 5 раз выше, чем на глубине 0-0,3 м.). Известно, что высокие концентрации гуминовых веществ в воде способствуют снижению рН водной среды и концентрации растворенного кислорода, который расходуется на их окисление [3]. Совокупное воздействие снижения рН, анаэробных условий на границе раздела твердой и жидкой фаз в системе «донные отложения – вода», а также комплексообразования с участием гуминовых веществ может оказать влияние на миграцию химических элементов из донных отложений в воду [3].

Таким образом, изучен химический состав воды в озере Чваниха Кировской области. Отмечено возрастание концентраций аммонийного азота, фосфат-ионов и кремния, содержания органических веществ от поверхностного слоя воды к придонному. На данный момент экологическое состояние озера Чваниха по совокупности показателей можно оценить как относительно удовлетворительное.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК-86.2019.5).*

#### Список литературы

1. Дабах Е. В., Кутявина Т. И. Особенности почв Медведского бора // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Вятский государственный университет, 2019. С. 248-250.



2. Коньшев Е. В. Развитие сельского туризма в Кировской области: предпосылки и технологии развития // География и туризм. Сборник научных трудов. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. С. 123-137.

3. Линник П. Н., Жежеря В. А., Жежеря Т. П. Миграция химических элементов в системе «донные отложения – вода» поверхностных водоемов при воздействии различных факторов среды // Экологическая химия. 2016. № 25 (4). С. 222-240.

4. Лелекова Е. В., Коновалова И. А. По экологической тропе среди сосен на дюнах // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. Сочи: Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности, 2019. С. 160-168.

5. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н. Режим особой охраны территории памятника природы «Медведский бор» // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования. Материалы Всероссийской (с международным участием) научной школы-конференции, посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова. Пенза: Пензенский государственный университет, 2016. С. 415-418.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТРОСТНИКОВЫХ АССОЦИАЦИЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЗАПОВЕДНИКА**

Кучкина А. А.

Институт наук о Земле, Южный федеральный университет. г. Ростов-на-Дону  
alina.kuchckina@yandex.ru

**DISTRIBUTION OF REED ASSOCIATIONS ON THE TERRITORY OF THE  
ASTRAKHAN STATE RESERVE**

Kuchkina A. A.

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov on Don  
alina.kuchckina@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрено распространения тростниковых ассоциаций на территории Астраханского государственного заповедника на примере потяжины, находящейся на Дамчикском участке заповедника, немного севернее одноименного поселка. Целью работы является выявление зависимости распространения тростниковых ассоциаций от водного режима Волги и антропогенной деятельности. Полученные результаты свидетельствуют о наличии этой зависимости и постепенном изменении в распространении тростниковых ассоциаций.

**Ключевые слова:** тростниковые заросли, Астраханский заповедник, водный режим

**Abstract.** The distribution of reed associations on the territory of the Astrakhan state reserve is considered on the example of potyazhina, located on the Damchik section of the reserve, a little North of the village of the same name. The aim of the work is to identify the dependence of the distribution of reed associations on the water regime of the Volga and anthropogenic activities. The results obtained indicate the presence of this dependence and a gradual change in the distribution of reed associations.

**Keywords:** reed beds, Astrakhan nature reserve, water regime

Дельта Волги – уникальный природный район, сформировавшийся в специфических физико-географических условиях. Присущие этой территории особенности, такие как динамичность природных процессов, наличие авандельты, большое количество островов, внушительные размеры и т. д., привели к формированию уникального растительного покрова. Астраханский биосферный заповедник расположен в дельте Волги и занимает площадь 67,19 тыс. га. Он состоит из трёх далеко отстоящих друг от друга участков, расположенных на территории Астраханской области: Дамчикский – в западной, Трехизбинский – в центральной и Обжоровский – в восточной частях низовьев дельты Волги.

Водный режим Волги оказывает существенное влияние на жизнь заповедника. За последние десятилетия водный режим Волги претерпел значительные изменения. Это связано как с природными причинами – колебания уровня Каспийского моря, климатические изменения, так и с антропогенными – зарегулирование стока Волги.

Таблица 1

**Основные характеристики весенне-летнего половодья р. Волги у г. Астрахань  
(до зарегулирования стока Волги)**

	1930	1931	1932	1933	1934	1950	1951	1952	1953	1954
Начало половодья	20.04	29.04	23.04	24.04	05.05	28.04	17.04	12.04	24.04	30.04
Максимальный уровень, см	235	320	359	233	290	245	292	233	307	213
Продолжительность подъема (дни)	37	48	44	38	30	36	39	36	42	36
Начало спада половодья	28.05	17.06	07.06	02.06	05.06	04.06	27.05	18.06	06.06	06.06
Конец спада половодья	17.07	14.07	19.07	16.07	12.07	27.06	08.07	21.07	10.07	01.07
Продолжительность спада (дни)	51	28	43	45	38	24	43	34	35	26
Общая продолжительность половодья	88	76	87	83	68	60	82	70	77	62

Согласно классификации рек Б. Д. Зайкова Волга относится к восточноевропейскому типу в группе рек с весенним половодьем, т. е. для неё характерны хорошо выраженное весеннее половодье, осенние паводки, зимняя и летняя межень. Обычно половодье продолжалось с апреля по июнь, на это время приходилась примерно половина годового стока. С зарегулированием стока изменились сроки половодья, оно начинается позже и заканчивается раньше. Также уменьшился и объем половодья – теперь оно составляет примерно 30 – 40% от годового стока. В связи с уменьшением объема половодья изменился и уровень воды во время него, что привело к изменению в распространении растительных сообществ заповедника.

Таблица 2

**Основные характеристики весенне-летнего половодья на 3 кордоне пр. Быстрая  
(Дамчик)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2015	2016	2017	2018	2019
Начало половодья	28.04	28.04	03.05	21.04	23.04	04.05	18.04	16.04	19.04	24.04
Максимальный уровень, см	111	321	314	317	315	266	320	302	310	287
Дата стояния максимальных уровней	28.05- 30.05	22.05- 20.06	29.05- 24.06	18.05- 14.06	27.05- 10.06	19.05- 05.06	19.05- 08.06	19.05- 07.06	06.05- 20.05	11.05- 20.05
Стояние максимальных уровней (дни)	3	30	26	28	15	18	21	20	15	10
Продолжительность подъема	33	25	26	29	34	16	31	33	17	17
Начало спада половодья	31.05	21.06	25.06	15.06	11.06	06.06	09.06	08.06	21.05	21.05
Конец спада половодья	26.06	28.07	15.07	16.07	27.06	02.07	24.07	04.09	27.06	11.06
Продолжительность спада (дни)	27	38	20	32	17	27	46	—	38	22
Общая продолжительность половодья	60	92	73	87	66	61	98	142	70	49

Флора Астраханского заповедника насчитывает более 314 видов сосудистых растений, относящихся к 64 семействам. Все виды флоры в зависимости от водного режима и их местообитания разделяются на следующие экологические группы: гидрофильную, гигрофильную, мезофильную, ксерофильную и галофильную. Так как заповедник расположен в дельте Волги, то преобладающими группами растений являются гидрофильная и гигрофильная, они же являются и индикаторами условий обводненности территории. В последние несколько лет заметно увеличение мезофитных растительных сообществ и появление ксерофитов и галофитов в местах, традиционно занимаемых более водолюбивой флорой.

Таблица 3

**Изменение площади ассоциаций тростника и рогоза на территории Астраханского заповедника**

	1996-2002	2003-2016	2017-2018
Общая площадь, га	66816	67917	67917
Площадь ассоциаций тростника и рогоза, га	50293,7	50060	50049

Главным индикатором продолжительности и уровня половодья можно считать тростниковую растительность. Тростник высочайший (*Phragmites altissimus*) является самым массовым видом растений на территории заповедника, он покрывает более 70% суши. Высота стеблей злака может достигать 6-7 метров. Заросли тростника бывают очень разнообразны по форме – от округлых куртин и ленточных кулис в авандельте до обширных и совершенно непролазных крепей в понижениях островов, а также часто бордюром обрамляют берега протоков и ериков (рис.1).

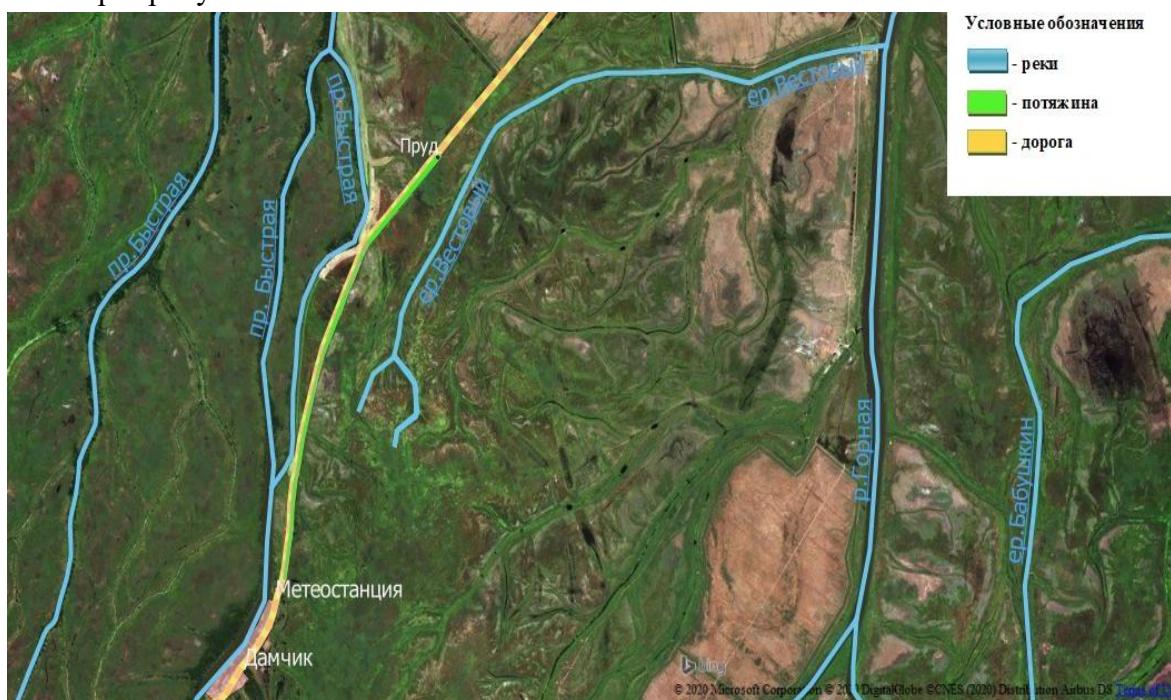


**Рис. 1.** Бордюры тростника

Короткие, но высокие половодья и раннее летнее обмеление водоема дельты и ее предустьевое пространство – лучшие условия как для семенного, так и для вегетативного размножения тростника. Наоборот, длительное половодье, повышающее уровень воды в ак-

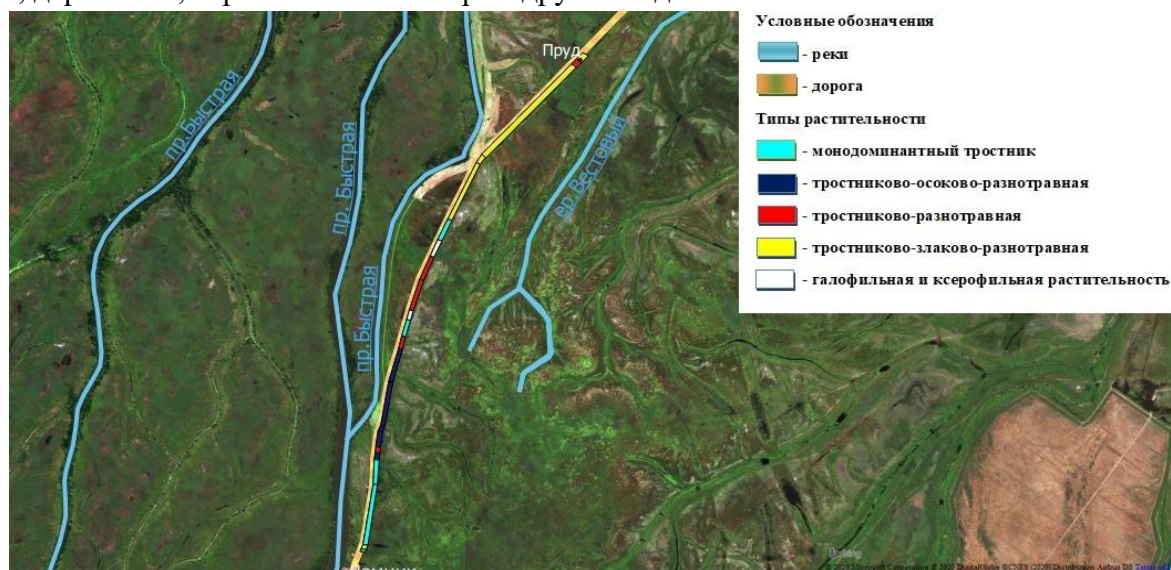
ватории, содействуя дальности расселения фрагментов, не способствует приживаемости развивающихся куртинок, ставя их корневища под угрозу вымерзаний.

Смена растительности прекрасно заметна на участках, которые относятся к регулярно заливаемым (болотистые луга, русла ериков, полои и т. д.). Для таких участков характерна гидро- и гигрофильная флора, но в последние несколько лет она вытесняется мезофильными и ксерофильными видами. На картах представлена потяжина – неглубокая ежегодно заливаемая лощина, ограниченная валом с одной стороны (рис.2,3). Заливание происходит во время половодья, когда объем воды достигает необходимого уровня для выхода из берегов ер. Вестовый и ер. Гранушный.



**Рис. 2.** Потяжина на территории Дамчикского участка

Эталонным типом растительности для данного участка является монодоминантный тростник, также могут встречаться участки, на которых произрастают камыш, осока, рогоз, ирис, дербенник, вербейник и некоторые другие виды.



**Рис. 3.** Типы растительности потяжины

На карте представлены 5 типов растительности – монодоминантный тростник (голубой цвет), тростниково-осоково-разнотравная (синий цвет), тростниково-разнотравная (красный цвет), тростниково-злаково-разнотравная (желтый цвет) и пятна галофильной и ксерофильной растительности (белый цвет). Такая смена растительности обусловлена мезорельефом потяжины, гидрологическим режимом Волги и антропогенным воздействием. Особенно сильное антропогенное воздействие было в местах, где появились галофильные виды – выпас скота, заброшенная автомобильная дорога. Ну и естественно появлению этих видов способствовали относительная возвышенность участков и низкий уровень воды несколько лет подряд.

Особенности тростниковых лугов являются прекрасным индикатором водного режима реки за несколько лет, также показывают наличие или отсутствие антропогенного воздействия, а в некоторых случаях и силу его воздействия.

### Список литературы

1. Астраханский биосферный заповедник – Официальный сайт ФГБУ «Астраханский государственный заповедник» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://astrakhanzapoved.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. – Дата обращения 23.05.2020 г.
2. Летопись природы. 1996-2019 гг. Астрахань: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, ФГБУ «Астраханский ордена трудового красного знамени государственный природный биосферный заповедник», 1997-2020. Книга 1.
3. Назаренко О. В. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Доно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия// Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 4. С. 504 – 510.
4. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи // Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Естеств. науки. 2019. № 4 (204). С. 84-90.
5. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в бассейне Азовского моря// Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Естеств. науки. 2020. №1 (205). С. 62-70.
6. Фокин М. И. Речной сток Каспийского моря// Труды ВНИРО. Т. XXXVIII. Вып. 1. М.: Пищепромиздат, 1959. – С. 14-30.
7. Шафранов П. А. О расселении тростника (*Phragmites communis trin*) в дельте Волги и Прикаспийской низменности// Труды Астраханского государственного заповедника. Выпуск V. М.: Издательство газеты «Волга», 1961. – С. 74-81.
8. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря: [Монография] / В. Ф. Полонский, В. Н. Михайлов, С. В. Кирьянов и др.; Отв. ред.: В. Ф. Полонский и др.; Гос. океанограф. ин-т (ГОИН), РФФИ – М.: ГЕОС, 1998. – 278 с.

**САМОРАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ ОТВАЛОВ И ТЕРРИКОНОВ  
ПОДМОСКОВНОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ:  
К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Леднев С. А., Шарапова А. В., Семенков И. Н., Королева Т. В.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет  
г. Москва  
e-mail: sled1988@mail.ru

**SELF-DEVELOPMENT OF LANDSCAPES OF COAL DUMPS AND SPOIL HEAPS IN  
THE MOSCOW LIGNITE BASIN (TULA REGION): ON THE NECESSARITY OF  
RECLAMATION**

Lednev S.A., Sharapova A.V., Semenov I.N., Koroleva T.V.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography  
Moscow, Russia  
e-mail: sled1988@mail.ru

**Аннотация.** Охарактеризованы растительные сообщества, сформировавшиеся на терриконах и отвалах Подмосковного бурогоугольного бассейна в Тульской области в период после окончания угледобычи. Растительность главным образом соответствует стадиям пионерных группировок и простых фитоценозов. Рекультивация даже в виде планирования поверхности интенсифицирует процессы самозарастания отвалов.

**Ключевые слова:** растительность, сукцессии, угледобыча, фитомелиорация

**Abstract.** The plant communities formed on the spoil heaps and coal dumps of the Moscow lignite basin in Tula region after the end of coal mining are characterized. The vegetation mainly corresponds to the stages of pioneer plant groups and simple phytocenoses. Reclamation, even in the form of surface planning, intensifies the processes of revegetation.

**Keywords:** vegetation, succession, coal mining, phytomelioration

Добыча каменных углей – отрасль человеческой деятельности, сопряжённая с высокими экологическими рисками. Технология шахтной добычи угля, применяемая в том числе на территориях Подмосковного бурогоугольного бассейна (ПБУБ), предполагает формирование на поверхности земли отвалов вскрышных и вмещающих пород. Такие отвалы являются источниками токсичных веществ (соединений серы, тяжёлых металлов и др.), распространяющихся с их поверхности за счёт ветрового переноса и атмосферных осадков [7,8]. Как следствие, при ликвидации процесса угледобычи подобные объекты нуждаются в рекультивации для предотвращения токсического воздействия на окружающие ландшафты. Кроме того, после осуществления рекультивации горнопромышленные ландшафты могут служить «экологическим каркасом» территории, увеличивая долю лесных насаждений в регионах с высокой площадью земель, вовлечённых в сельскохозяйственное использование [9].

История систематической угледобычи на территории Подмосковного бурогоугольного бассейна насчитывает более 150 лет. Максимальные объёмы угля, добываемого на объектах

ПБУБ, были достигнуты в конце 1950-х гг., после чего наблюдалось постепенное снижение угледобычи, обусловленное как выработкой шахт, так и снижением потребности в угле вследствие перевода объектов промышленности и жилья на газ. Крайне негативно на отрасли в регионе сказались и экономические сложности 1990-х гг., вследствие чего остававшиеся функционирующими шахты ПБУБ массово прекратили своё существование на рубеже XX-XXI веков (последняя шахта закрыта в 2009 г.) [1,5].

Стихийный характер ликвидации большинства объектов угледобычи привёл к тому, что рекультивация отвалов и терриконов шахт не была выполнена должным образом. В Тульской области подавляющее большинство терриконов к настоящему моменту остаются нерекультивированными, «отнимая» площадь у сельского хозяйства и лесоводства в регионе [2]. В то же время отсутствие рекультивации даёт возможность наблюдать процессы самовосстановления природных сообществ на территориях, некогда вовлечённых в горнопромышленную деятельность, в том числе и на поверхности терриконов и отвалов. Фактически нерекультивированные отвалы и терриконы ПБУБ можно представить как объекты стихийного «эксперимента» по возможности самовосстановления природных экосистем на объектах угледобычи, срок которого насчитывает уже десятки лет. Наблюдение разновозрастных сообществ, сформировавшихся на поверхности отвалов и терриконов, позволяет не только установить схемы протекания сукцессий [4], но и ответить на вопрос о целесообразности рекультивации отвалов ПБУБ, которые уже длительное время подвержены процессам самозарастания,

Материал наших исследований был собран на территориях Киреевского и Узловского районов Тульской области, где угледобыча была завершена в период 1980–начала 1990-х годов. В качестве модельных объектов рассмотрены:

- нерекультивированный террикон шахты № 2 “Киреевская” в 2 км к юго-западу от д. Ильинка;
- спланированный отвал на месте бывшего Киреевского разреза возле шахты “Владимирская”, в 1 км к юго-западу от г. Киреевск;
- террикон шахты № 12 в 300 м к юго-западу от д. Синяевка, фитомелиорированный в 2015 г.

Рассмотренные объекты значительно отличаются друг от друга по условиям, в которых протекают процессы возобновления растительности. Крутизна склона может варьировать от практически выположенной поверхности (у подножия терриконов или на спланированных отвалах) до  $45^{\circ}$ – $50^{\circ}$  и более. В зависимости от крутизны склона могут значительно изменяться эдафические условия, влажность субстрата и его кислотность [7].

На объектах выполнены геоботанические описания по стандартной методике в различных типах выявленных сообществ. Полученные описания соотнесены с характерными сукцессионными стадиями растительного покрова, выделяемыми на отвалах угледобывающей промышленности [3,6]:

1. Пионерные группировки (мозаичный растительный покров, представленный видами широкой экологической амплитуды, обладающих высокой способностью к воспроизводству);
2. Простой фитоценоз (многовидовое сообщество с проявлением зональных черт, усложненной структурой, увеличением роли многолетников);
3. Сложный фитоценоз (экологическая дифференциация состава флоры, преобладание многолетников, выраженные зональные черты).



В качестве объекта сравнения выполнены фоновые описания луговых и лесных фитоценозов в пределах 1 км от спланированного отвала возле шахты «Владимировская» и террикона шахты «Ильинка» на участках со слабо выраженной антропогенной нагрузкой. Видовая насыщенность луговых сообществ (на примере злаково-разнотравных лугов) составляет 35-40 видов на 100 м<sup>2</sup>, лесных (на примере мелколиственных лесов с примесью широколиственных пород) – 35-45 видов на 100 м<sup>2</sup>. Общее проективное покрытие (ОПП) травяно-кустарничкового яруса в фоновых луговых сообществах составляет 90-100%, в лесных – 50-70%.

По результатам проведённого обследования выявлено, что склоновые части террикона и спланированного отвала даже спустя десятки лет после окончания отсыпки практически не подвергаются зарастанию. На поверхностях склонов отмечено поселение единичных особей растений, главным образом пионерных видов деревьев (*Betula pendula*, *Acer negundo*, *Salix caprea*), преимущественно в тех местах, где вследствие выгорания субстрата (случающегося в результате самовозгорания материала террикона) снижается содержание фитотоксичных соединений. Растительность склоновых участков, таким образом, едва достигает стадии пионерных группировок.

Значительно интенсивнее протекают процессы зарастания на выположенных поверхностях, которыми характеризуются вершина спланированного отвала и делювиально-пролювиальные шлейфы у подножия терриконов. При этом для описанных вариантов выположенных поверхностей наблюдаются значительные различия.

Скорость самозарастания делювиально-пролювиальных шлейфов, формирующихся у подножья терриконов, можно охарактеризовать как очень низкую (но при этом сукцессия протекает интенсивнее, чем на склоновых поверхностях). Основным фактором, сдерживающим развитие растительности, здесь является регулярное поступление сернокислых вод и материала с поверхности террикона. Наиболее распространённым растительным сообществом в этих условиях является мертвопокровный березняк, в котором полностью или почти полностью отсутствует травяно-кустарничковый ярус (ОПП не более 1%). В ходе обследования на выположенных поверхностях террикона отмечено большое количество всходов семян *Betula pendula* (их общее проективное покрытие может составлять около 1%), однако число молодых особей возрастом более 1 года невелико. По всей видимости, из формирующихся проростков выживают единицы, которые по каким-то причинам (например, особенностям микрорельефа) менее повреждаются сернокислыми стоками. При этом сомкнутость крон в мертвопокровном березняке довольно высока, составляя до 50-60%. В условиях ослабления стоков в наиболее удалённых частях шлейфов в описанных березняках возможно развитие травяно-кустарничкового яруса, чаще всего с преобладанием злаков (например, *Calamagrostis epigeios*), но в данных условиях видовая насыщенность значительно уступает фоновым сообществам мелколиственных лесов (5-15 видов на 100 м<sup>2</sup>).

По периферии шлейфов наблюдается формирование луговых сообществ, чаще всего представленных монодоминантными вейниковыми лугами (*Calamagrostis epigeios*) с низкой флористической насыщенностью (4-10 видов на 100 м<sup>2</sup>). В пределах вейникового сообщества отмечен разновозрастный подрост берёзы, однако покрытие его составляет около 1% и, по всей видимости, смена вейникового фитоценоза березняком в этих условиях протекает очень медленно.

На поверхности спланированного отвала зарастание идёт более интенсивно, причиной чего, по всей видимости, является снижение фитотоксичности верхних слоёв субстрата отвала.

ла вследствие вымывания токсичных веществ с атмосферными осадками и переноса их на делювиально-пролювиальные шлейфы. Кроме того, процессы водной эрозии приводят к появлению на выположенной поверхности выраженных элементов микрорельефа – ложбин стока, по которым перемещается материал террикона и сернокислые стоки. В пределах них развитие растений значительно подавляется, и растительный покров соответствует только стадии пионерных группировок. В свою очередь, на участках поверхности отвала без выраженного влияния смыва за прошедшее время сформировались простые фитоценозы, представленные луговыми сообществами (в отличие от вейниковых лугов на делювиально-пролювиальных шлейфах, здесь наблюдается значительно более высокая флористическая насыщенность – 20-30 видов на 100 м<sup>2</sup>) либо порослевыми березняками с такой же насыщенностью травяно-кустарничкового яруса [4].

Переход к стадии сложного фитоценоза на делювиально-пролювиальных шлейфах и спланированных отвалах наблюдается в единичных случаях и, как правило, соответствует наиболее старым участкам отвалов, где, кроме того, присутствуют крупные неровности микрорельефа (например, фрагменты защитных обваловок террикона), снижающие интенсивность поступления сернокислых стоков и материала террикона. Сложный фитоценоз представлен мелколиственным лесом (чаще всего березняком) с развитыми подлеском и травяно-кустарничковым ярусом, а флористическая насыщенность и ОПП приближаются к фоновому лесному сообществу, но в видовом составе всё ещё значительна доля рудеральных видов.

Фитомелиорированный отвал, где было произведено планирование поверхности и склонов, укладка слоя почвы и создание системы водоотведения в виде бетонированных сточных желобов, за 4 года с момента проведения фитомелиорации характеризуется высокой флористической насыщенностью (35-50 видов), соответствующей флористической насыщенности фоновых луговых сообществ. При этом видовой состав наблюдаемых сообществ типичен для суходольных и залежных лугов, однако обращает на себя внимание обилие рудеральных видов (что в целом ожидаемо для сообщества с небольшим возрастом сукцессии). При этом на склонах фитомелиорированного отвала в 2020 г. отмечены рытвины и выходы углесодержащего материала отвала, что свидетельствует о возможной неэффективности фитомелиорации без высаживания древесных пород, закрепляющих корневыми системами нанесённый слой почвы. Возобновление подроста мелколиственных пород на поверхности объекта уже отмечается, но сомкнутость крон на настоящий момент не превышает 1% (в нижних частях склона – не превышает 3%). Результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших наблюдений за саморазвитием растительности на фитомелиорированном отвале.

Таким образом, несмотря на то, что срок сукцессии растительных сообществ на терриконах после окончания горнодобывающей деятельности составляет уже несколько десятков лет, процессы зарастания активно протекают только на выположенных поверхностях отвалов и терриконов, а сформировавшиеся сообщества главным образом соответствуют стадии простых фитоценозов и значительно уступают фоновым сообществам по видовому разнообразию. В то же время склоновые части (которые составляют большую часть площади проекции нерекультивированных терриконов) до сих пор характеризуются пионерной растительностью, представленной единичными особями. Даже минимальная рекультивация в виде планирования поверхности отвала способна интенсифицировать развитие растительных сообществ на большей части его поверхности, о чём свидетельствуют результаты обследования отвала возле бывшей шахты «Владимировская». Полученные данные однозначно свидетельствуют о необходимости фитомелиорации отвалов угледобывающей промышленности даже

спустя несколько десятков лет самозарастания, поскольку её проведение может значительно ускорить процесс сукцессии, позволяя миновать затяжную стадию пионерных группировок даже на склоновых частях отвалов. Ввиду того, что в Тульской области большинство старых терриконов до сих пор не было рекультивировано, после проведения фитомелиорации данные земли способны стать своеобразными опорами экологического каркаса территории, т. е. участками ландшафтов, не находящихся в интенсивном хозяйственном использовании, что актуально для лесостепной зоны центра европейской России, значительно преобразованной многовековой хозяйственной деятельностью человека.

#### Список литературы

1. Барабошкина Т. А., Харькина М. А., Жигалин А. Д. Освоение минеральных ресурсов и динамика экологических функций абиотических сфер Земли (на примере месторождений Подмосковского бурого угольного бассейна) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 2015. – Т. 90. Вып. 4. – С. 73–80.
2. Грязев М. В., Качурин Н. М., Захаров Е. И. Горнодобывающая отрасль в экономике Тульской области. Состояние и перспективы // Известия ТулГУ. Серия Науки о Земле. – 2015. – №2. – С. 57-66.
3. Куприянов А. Н., Морсакова Ю. В. Естественное зарастание отвалов Кузбасса // Вест. Кузбасского тех. ун-та. – 2006. – № 3. – С. 48–51.
4. Леднев С. А., Шарапова А. В., Семенов И. Н., Королева Т. В. Растительные сукцессии на отвалах угольных шахт в лесостепи Тульской области // Известия РАН. Серия географическая. – 2020. – Т. 84 № 2. – С. 239–245.
5. Логачёва М. В., Мишанова В. А. Анализ развития Подмосковского угольного бассейна для электрометрического прогнозирования карстовых прорывных зон // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – №4. – С.192-198.
6. Моторина Л. В., Ижевская Т. И. Сравнительная характеристика растительного покрова на отвалах открытых разработок бурого угля и железной руды // Растения и промышленная среда. – 1980. – № 7. – С. 80–87.
7. Шарапова А. В., Семенов И. Н., Леднев С. А., Карпачевский А. М., Королева Т. В. Саморазвитие горнопромышленных ландшафтов старого района угледобычи в Тульской области // Экология и промышленность России. – 2017. – № 21(12). – С. 54–59.
8. Ge H., Feng Y., Li Y., Yang W., Gong N. Heavy metal pollution diagnosis and ecological risk assessment of the surrounding soils of coal waste pile at Naluo Coal Mine, Liupanshui, Guizhou // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2016. Vol. 30 Iss.4. P. 312-318.
9. Hendrychov M., Kabrna M. An analysis of 200-year long changes in a landscape affected by large-scale surface coal mining: history, present and future // Applied Geography. 2016. Vol. 74. P. 151-159.

**СПЕЦИФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ В  
ПОЧВЕННОМ И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ЙОШКАР-ОЛЫ**

Леухин И. В.,<sup>1</sup> Язиков Е. Г.,<sup>1</sup> Гончаров Е. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup> Поволжский государственный технологический университет

Томск, ilia-konkistodor@yandex.ru

**SPECIFIC DISTRIBUTION OF INORGANIC POLLUTANTS IN THE SOIL AND SNOW  
COVER OF YOSHKAR-OLA**

Leuhin I.V.,<sup>1</sup> Yazikov E.G.,<sup>1</sup> Goncharov E.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk polytechnic university

<sup>2</sup>Volga state technological university

Tomsk, ilia-konkistodor@yandex.ru

**Аннотация.** В работе приводятся сведения о содержании ряда химических элементов в почвах Йошкар-Олы, а также результаты изучения минерального состава твёрдого осадка с территории города. Основная цель исследования: изучить особенности распределения ряда химических элементов в снеговом и почвенном покрове с территории города Йошкар-Ола и оценить уровень загрязнения компонентов городской среды.

**Ключевые слова:** почвенный покров, снеговой покров, загрязнение, миграция.

**Abstract.** The paper provides information on the content of a number of chemical elements in the soils of the city of Yoshkar-Ola, as well as the results of studying the mineral composition of solid sediment from the city. The main purpose of the study: to study the features of the distribution of a number of chemical elements in the snow and soil cover from the territory of the city of Yoshkar-Ola and to assess the level of pollution of the components of the urban environment.

**Keywords:** soil cover, snow cover, environmental pollution, migration

Актуальность работы заключается в проведении комплексной оценки загрязнённости территории самого крупного города Республики Марий Эл – города Йошкар-Ола.

Цель работы: изучить особенности распределения ряда элементов в почве и снеговом покрове.

Для достижения поставленной цели был решён ряд задач:

Проведен литературный обзор по теме исследования

Исследован почвенный покров на предмет содержания нескольких групп химических элементов

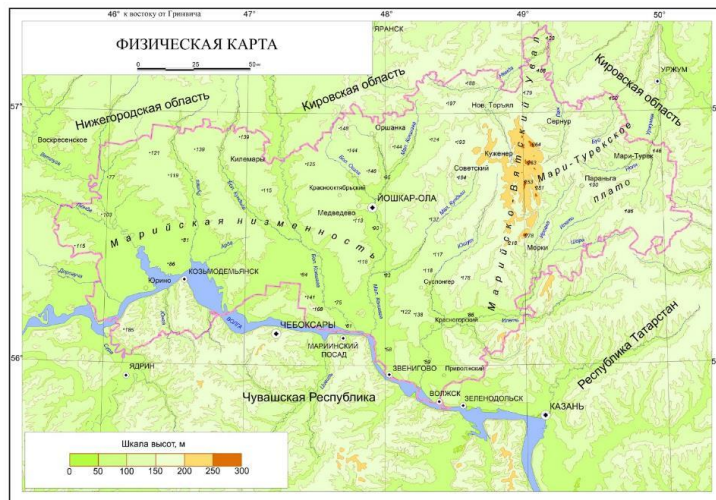
Изучен твёрдый осадок снежного покрова и рассчитана пылевая нагрузка на территорию города

Проведена оценка загрязнённости исследованных компонентов окружающей среды.

Объектом исследования является территория города, а предметом работы стало содержание и распределение ряда химических элементов в депонирующих средах.

Город Йошкар-Ола расположен в восточной части Восточно-Европейской равнины (координаты – 56°38' с. ш., 47°52' в. д.), в 50 км к северу от реки Волги, на ее левом притоке –

реке Малая Кокшага в 862 км. к востоку от Москвы [54]. В климатическом отношении объект исследования располагается в умеренном климатическом поясе, господствующее направление ветров юго-западное. Среднее годовое количество атмосферных осадков (рисунок 4) составляет 520-550 мм. В теплый период (апрель-октябрь) выпадает 360-380 мм с максимумом 60-70 мм в июне-июле. В холодный период (ноябрь-март) выпадает 150-180 мм с минимумом в феврале 22-30 мм, средняя высота снежного покрова 35-50 см [57].



**Рис. 1.** Географическое положение Йошкар-Олы

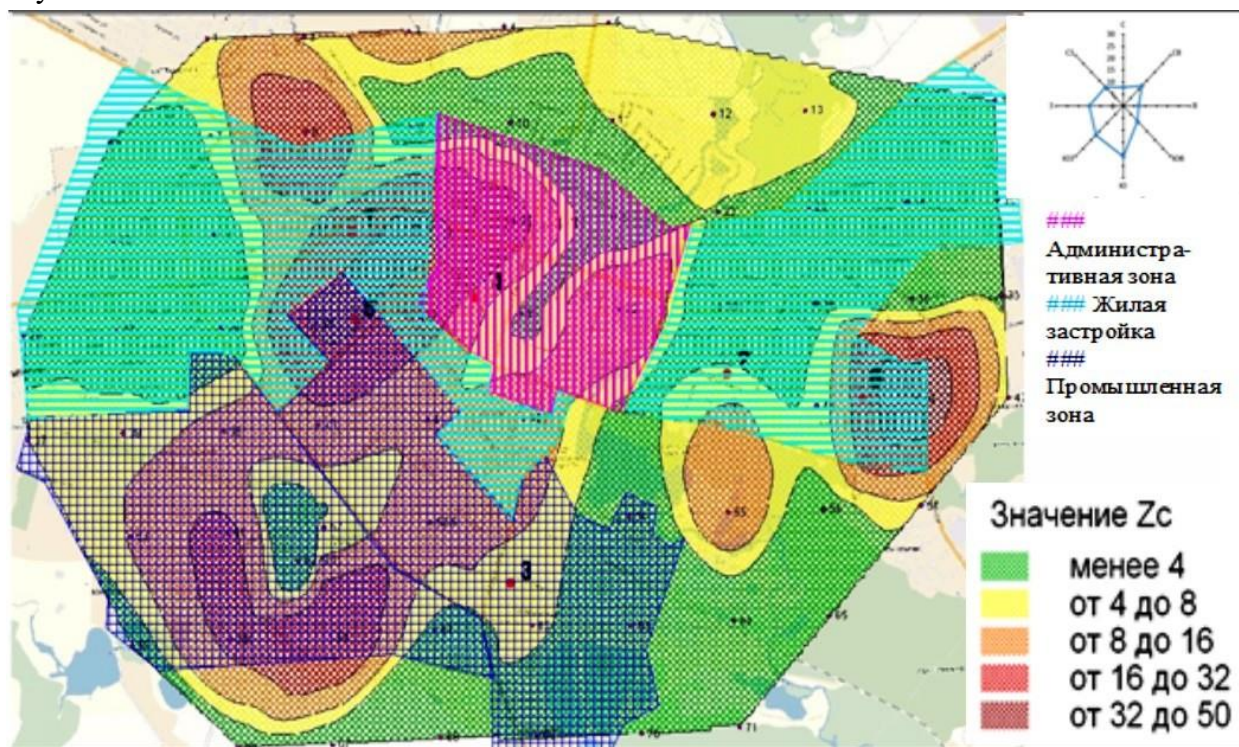
С точки зрения геологического строения город находится на территории Оршанско-Кокшайской равнины, покрытой аллювиальными отложениями мучкапского-окского горизонтов, представленных кварцевым песком [1]. Природные почвы для территории города – дерново-подзолистые [16].

Почвы Йошкар-Олы изучался ранее в работах Е. А. Гончарова, Д. И. Пигалина [2,3,4], а снежному покрову и атмосферному воздуху посвящены труды Ю. В. Границы и М. В. Мартыновой [7,11].

Почвенный покров города исследовался двумя методами, первый из них пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии (ПААС), который проводился согласно ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002[12]. Он даёт сведения о содержании кислоторастворимых форм Ni, Cd, Co, Zn, Cu, Cr. Второй метод – инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) позволяет определить содержание 28 химических элементов: Ca, Na, Fe, As, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag, Nd, Zn). Анализ выполнялся по тем же образцам в 2014-2017 гг. согласно инструкции НСАМ ВИМС № 410-ЯФ с облучением тепловыми нейтронами на исследовательском реакторе ИРТ-Т НИИ ядерной физики при Томском политехническом университете. Отбор проб почвы проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 [4,5,6],

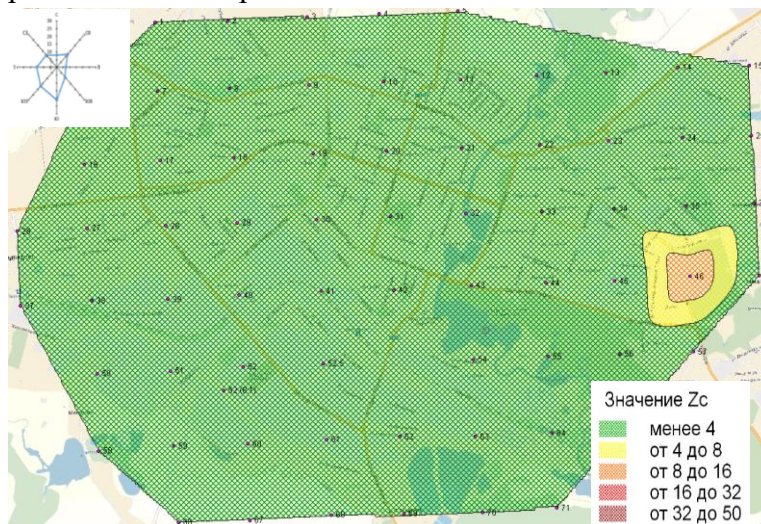
Атмогеохимические исследования проходили согласно РД 52.04.186–89 [13] и методики изложенной в «Геохимии окружающей среды» [14], была рассчитана общая пылевая нагрузка, а также методом палетки [17] определено процентное соотношение минеральных составляющих в твёрдом осадке снега. Одна из проб пылеаэрозолей была исследована методом рентгенофазной дифрактометрии. Эти данные позволили нам выявить особенности вещественного состава твердого осадка снега, а также установить уровень пылевой нагрузки.

На камеральном этапе работ для почв был рассчитан суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) для элементов, определенных методом ПААС, результат расчётов представлен на рисунке 2.



**Рис. 2.** Показатель  $Z_c$  по отношению к средним значениям по городу (городскому фону)

Также  $Z_c$  был рассчитан к ПДК и ОДК исследованных элементов, в итоге вышло превышение по свинцу в точке 46, расположенной у въезда в город, мы склонны считать это ретроперспективным загрязнением от тетраэтилсвинца – добавки к автомобильному топливу.



**Рис. 3.**  $Z_c$  по отношению к ПДК и ОДК элементов.

По итогам ИНАА установлено, что торий-урановое соотношение для почв Йошкар-Олы колеблется от 1,8 до 3,5 – что соответствует геологии исследуемой территории.

Пылевая нагрузка для Йошкар-Олы в сравнении с другими городами приведена в таблице 1. Для оценки пылевой нагрузки использовалась методика изложенная в работе Ю. Е. Саета [14] из которой следует низкая запылённость рассматриваемых городов.

## Сравнение степени пылевой нагрузки на территорию

Величина пылевой нагрузки в мг/м <sup>2</sup> *сут.	ВАО Москвы [8]	Йошкар-Ола	Томск [15]
Зона			
Промышленная	40 (13 – 117)	40 (14 – 155)	-
Жилая (средне этажная)	15 (7 – 26)	14 (5 – 23)	-
Рекреационная	15 (7 – 18)	-	-
Среднее по территории	27 (7 – 43)	25 (1 – 155)	65 (16 – 303)

По данным таблицы видно, что Томск наиболее грязный из сравниваемых городов, причиной этому может быть ГРЭС 2, работающая на угле, в то время как в Йошкар-Оле обе ТЭЦ работают на газу. Данные о составе пылеаэрозолей в Йошкар-Оле приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Минеральный состав пылеаэрозолей г. Йошкар-Олы

Номер пробы	Кварц %	Сажа %	Биогенная составляющая %	Другое %
1	60	30	5	Карбонаты 5
2	30		65	Карбонаты 3, волокнистые частицы 2, слюдяные частицы единичные включения
3	90	5	-	-
4	5	25	70	-
5	-	-	99	-
6	99*	-	-	-

\* По результатам дифрактометрии

В результате проведенной работы можно сделать вывод о том, что наиболее загрязненная почва расположена в юго-западной и центральной части города, относящейся к промышленному кластеру. Загрязнения остаются в пределах нормы за исключением содержания свинца в точке 46. После проведения атмогеохимических исследований был установлен состав пылеаэрозолей и рассчитана пылевая нагрузка. В итоге можно утверждать, что об город Йошкар-Ола является экологическом благополучным.

## Список литературы

1. Воскресенская О. Л. / Экологическое состояние г. Йошкар – Олы / Воскресенская О. Л., Алябышева Е. А., Сарбаева Е. В. и др. <http://if.marsu.ru/science/libr/resours/yoshkar-ola/material/1.html> (дата обращения 10.08.2020)
2. Е. А. Гончаров, И. В. Леухин, Д. И. Пигалин. Особенности распределения мышьяка в почвах г. Йошкар-Олы. // Young ELPIT 2017. International Innovative Forum of Young Scientists in Framework of the VI International Environmental Congress (VIII International Scientific-Technical Conference) "Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes" ELPIT 2017 (Samara – Togliatti, Russia, 20-24 September, 2017), С.92-98, 2017 г., Samara, Издательство: Publishing House of Samara Scientific Centre.
3. Е. А. Гончаров, Д. И. Пигалин, Н. Г. Шурков. / Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова городских ландшафтов. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, №1, С.87-97, 2015 г.

4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2008.
5. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2008.
6. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2008.
7. Ю. В. Граница, М. В. Мартынова Методы оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха на примере города Йошкар – Ола Республики Марий Эл. [Электронный ресурс], [сайт], URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-urovnya-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-na-primere-goroda-yoshkar-ola-respubliki-mariy-el> (дата обращения: 09.08.2020 г.)
8. Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, Д. В. Власов, Е. В. Терская Геохимия снежного покрова в восточном округе Москвы. [Электронный ресурс], [сайт], URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geohimiya-snezhnogo-pokrova-v-vostochnom-okruge-moskvy> (дата обращения 11.08.2020)
9. И. В. Леухин, Е. Г. Языков, Е. А. Гончаров Оценка содержания тяжёлых металлов в почвах Йошкар-Олы [Статья в сборнике] Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина . В 2-х томах., С.595-597, 2019 г., г. Томск, Издательство: Томского политехнического университета.
10. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Зырина Н. Г., Малахова С. Г. – М.: Гидрометиздат, 1981. – 108 с.
11. М. В. Мартынова Оценка загрязнения атмосферного воздуха на примере городов Йошкар – Ола и Волжск Республики Марий Эл. [Электронный ресурс], [сайт], URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-na-primere-gorodov-yoshkar-ola-i-volzsk-respubliki-mariy-el> (дата обращения: 09.08.2020 г.)
12. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 Количественный химический анализ почв методика измерений валового содержания кадмия. Кобальта, марганца. Меди. Никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно – абсорбционной спектрометрии.
13. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. [Электронный ресурс]. [сайт]. [2020]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения 10.02.2020)
14. Ю. Е. Саэт Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. М.: Недра, 1990 – 355 с.
15. А. В. Таловская Оценка эколого – геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей. [Электронный ресурс], [сайт], URL: [http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/6434/1/thesis\\_tpu-2009-16.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/6434/1/thesis_tpu-2009-16.pdf) (дата обращения: 09.08.2020 г.)
16. Эколого-географический атлас РМЭ // [Электронный ресурс] Почвы. [сайт]. [2020]. URL: <http://geo12.рф/atlas/2-7-%D0%BF%D0%BE%D1%87%D0%B2%D1%8B/> (дата обращения 11.08.2020)
17. Е. Г. Языков. Минералогия техногенных образований : учеб. пос. для академ. бакалавриата / Е. Г. Языков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк. – М. : Издательство Юрайт 2016. – 159 с. – Серия : Университеты России.



## САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТРИЦ И МОРСКОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ МИДИЙНО-УСТРИЧНЫХ ФЕРМ НА ОЗЕРЕ ДОНУЗЛАВ

Лунькова Н. И.<sup>1,\*</sup>, Морозова М. А.<sup>2,\*\*</sup>,  
Иванова Е. А.<sup>2</sup>, Доценко И. В.<sup>1,\*\*\*</sup>,  
Димитрова Д. В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Южный Федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, РФ

<sup>2</sup> Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),  
г. Ростов-на-Дону, РФ

<sup>3</sup> Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, РФ

\*E-mail: nlunkova@sfedu.ru, \*\*E-mail: morozova.q@mail.ru, \*\*\*E-mail: dotsenko@sfedu.ru

## THE SANITARY AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF OYSTERS AND THE MARINE ENVIRONMENT IN THE AREA OF MUSSEL AND OYSTER FARMS OF LAKE DONUZLAV

N.I. Lunkova<sup>1,\*</sup>, M.A. Morozova<sup>2,\*\*</sup>,  
E.A. Ivanova<sup>2</sup>, I. V. Dotsenko<sup>1,\*\*\*</sup>, D.V. Dimitrova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Southern Federal University,  
Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup> Azov-Black Sea Branch of the FSBSI «VNIRO» («AzNIIRKH»),  
Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

\*E-mail: nlunkova@sfedu.ru, \*\*E-mail: morozova.q@mail.ru, \*\*\*E-mail: dotsenko@sfedu.ru

**Аннотация.** Представлена санитарно-микробиологическая характеристика культивируемых устриц и морской среды в районе мидийно-устричных ферм на озере Донузлав. Оценены микробиологические показатели, рекомендованные для морской воды в районах выращивания двустворчатых моллюсков. Устрицы исследовали на наличие галофильных вибрионов. В качестве референсных методов использовали стандартные микробиологические методы и MALDI-TOF масс-спектрометрический анализ. На основании данных исследований установлено, что состояние морской среды соответствует санитарным требованиям для размещения ферм марикультуры. Таксономический состав вибриофлоры устриц был представлен 7 видами: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, *V. chagasii*, *V. parahaemolyticus*, из которых патогенными для устриц являются *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus* и *V. parahaemolyticus* возбудителем пищевых токсикоинфекций.

**Ключевые слова:** вода, озеро Донузлав, марикультура, микробиологический показатель, устрица, галофильные вибрионы

**Abstract.** The sanitary and microbiological characteristics of cultivated oysters and the marine environment in the area of mussel-oyster farms of Lake Donuzlav have been presented in the paper. The microbiological parameters recommended for seawater in the areas where bivalve molluscs are grown have been estimated here. The oysters have been examined regarding to halophilic

vibrios. Standard microbiological methods and MALDI-TOF mass spectrometric analysis have been used as reference methods. Based on these studies, it was found that the marine environment meets the sanitary requirements for establishing oyster farms here. The taxonomic composition of the vibrioflora of oysters has been represented by 7 species: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, *V. chagasii*, *V. parahaemolyticus*, of which *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus* are pathogenic for oysters and *V. parahaemolyticus* being a causative agent of food-borne diseases.

**Keywords:** water, Lake Donuzlav, marine culture, microbiological indicator, oyster, halophilic vibrio.

Исторические и географические особенности Крыма определили один из главных приоритетов его устойчивого развития – рыболовство, которому должно быть уделено достойное внимание в продолжающейся реструктуризации и возрождении эффективной экономики Крыма. В Крыму имеются все предпосылки для выращивания моллюсков в промышленных масштабах. У берегов Крыма имеются пригодные акватории (около 50 тыс. га), где можно выращивать моллюсков. Одним из наиболее благоприятных для размещения хозяйств марикультуры различного направления является озеро Донузлав. Кормовая база озера оценивается высоко продуктивной для моллюсков, что обуславливает развитие экономически эффективных направлений марикультуры [1].

Многолетние исследования Тарханкутской группы минеральных озер показали, что озеро Донузлав является уникальным по своим гидрогеологическим и биотическим характеристикам. Это самое большое и глубокое озеро в этой группе на западном побережье Крымского полуострова. Площадь его зеркальной поверхности равна 48 км<sup>2</sup>. Отсутствие впадающих в озеро рек и ориентирование его вытянутости вдоль направления господствующих ветров позволяют предположить, что динамику течений в озере в основном определяют ветровые условия, формирующие стгонно-нагонные процессы. До открытия судоходного канала озеро Донузлав являлся замкнутым водоемом, соленость которого составляла 90–95 ‰, но с 1971 г. соленость воды стабилизировалась в пределах 17,2–18,2 ‰. В результате значительного изменения солености в настоящее время сформировалась типичная экосистема [2,5,11].

Основными проблемами, угрожающими экологическому благополучию озера и прибрежной его зоны, являются: эксплуатация грузовых портов «Евпатория» и «Донузлав» с собственной инфраструктурой, подводная добыча песка способом рефулирования, начатая еще с 1962 года и продолжающаяся по настоящее время, а также судоходство, наземный автотранспорт и поступление неочищенных сточных вод (селитебные комплексы, сельскохозяйственные комплексы и др.) [10-11]. В настоящее время остро проблема соблюдения норм природопользования в границах водоохранных зон и снижения объемов попадания загрязняющих веществ [11]. Несмотря на то, что содержание нефтепродуктов в донных отложениях озера Донузлав снизилось в 15 раз, риск загрязнения морской акватории все же существует [11].

Целью работы был санитарно-микробиологический анализ воды в районе размещения мидийно-устричных ферм, а также исследование культивируемой тихоокеанской устрицы для определения состава галофильной вибриофлоры. Галофильные вибрионы являются частью микробиоты моллюсков, а некоторые виды могут быть возбудителями заболеваний водных организмов, моллюсков и креветок

или вызывать пищевые отравления при их употреблении без термической обработки.

**Материал и методы.** Материалом исследования служила тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, культивируемая в западной части Крымского побережья озера Донузлав и пробы воды из района размещения мидийно-устричных ферм (рис. 1).



**Рис. 1.** Причал озера Донузлав с расположенными устричными коллекторами

Микробиологические исследования проведены в весенний (май) и летний (август) период 2019-2020 гг. Для анализа использовали образцы жабр, мантии и мускула-замыкателя 75 экз. предтоварных и товарных устриц из 2-х ферм.



**Рис. 2.** Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*

Отбор, подготовка проб и микробиологический анализ проб воды и устриц выполняли согласно методическим указаниям и руководствам [3-4,6-8] (рис.2).

В соответствии с рекомендуемыми микробиологическими нормативами для морской воды [9] в районах выращивания живых двустворчатых моллюсков определяли следующие показатели: БГКП, фекальные кишечные палочки, сальмонеллы и патогенные галофильные вибрионы, дополнительно был включен показатель – общей микробной численности (ОМЧ).

В качестве референсных методов выделения и идентификации галофильных вибрионов и энтеробактерий использовали стандартные микробиологические методы (микроскопический, культуральный и биохимические методы) и масс-спектрометрический анализ на приборе Autoflex speed III с программным обеспечением Biotyper (Bruker Daltonics, Германия).

**Результаты.** Результаты микробиологического анализа воды в районе размещения мидийно-устричных ферм на озере Донузлав, показали невысокую для весенне-летнего периода исследований численность микроорганизмов. Показатель ОМЧ не превышал 1 тыс. КОЕ в 1 мл и был в пределах от 100 до 1 тыс. КОЕ/мл. Одним из факторов такой обсеменен-

ности воды является повышенная соленость озера, что также лимитирует персистирование энтеробактерий.

Показатель БГКП составлял 300 КОЕ в 1 л (не более 25 тыс. в 1 куб. дм.). Патогенные бактерии р. *Salmonella* за период исследований не были обнаружены, а *E. coli* высевались только летом и единичными изолятами (при допустимых значениях не более 1 тыс. КОЕ в 1 куб. дм). Поскольку этот участок озера не используется в рекреационных целях и в озеро не впадают реки, поэтому одним из основных источников попадания энтеробактерий в воду можно считать сгонно-нагонные явления и водоплавающих птиц.

Из видового состава галофильных вибрионов выделяли только *V. alginolyticus*. Кроме того, этот вид вибрионов наиболее устойчив к высоким концентрациям соли, что также используется при его идентификации.

Таксономический состав галофильных вибрионов, выделенных от устриц, был представлен 7 видами: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, *V. chagasii*, *V. parahaemolyticus* из которых 2 вида являются патогенными для устриц и 3 вида потенциально опасны для человека.

В последние десятилетия с бактериальными заболеваниями моллюсков связывают многие виды галофильных вибрионов. Выделенные нами *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus* признаны патогенами тихоокеанской устрицы. В отношении *V. alginolyticus*, известно, что штаммы этого вида вызывают вибриоз у личинок и спата. Основными клиническими проявлениями заболевания считаются некроз ткани, дезорганизация мышечных волокон, гемоци-тарная инфильтрация в соединительную ткань [12]. До исследований, проведенных Я. Лабруш (2006), *Vibrio aestuarianus* никогда не упоминался как патоген [13], но на сегодняшний день подтверждена его вирулентность для тихоокеанских устриц разного возраста, и смертность возможна на любой стадии развития [12,14].

Виды *V. alginolyticus*, *V. harveyi* и *V. parahaemolyticus* относятся к условно-патогенным микроорганизмам и представляют потенциальную опасность для человека. Но наиболее частым этиологическим агентом диарейных инфекций связанных с употреблением морепродуктов является *V. parahaemolyticus*. Этот вид вибрионов нормируется в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них [8]. В проведенных нами исследованиях паразитический вибрион был обнаружен в августе 2020 г. у 13 % устриц из обследованной выборки. Поскольку устрицы употребляются без термической обработки, присутствие паразитического вибриона представляет опасность для здоровья человека.

Кроме того, установлена сезонность качественного состава вибриофлоры. Так, *Vibrio aestuarianus* и *V. gigantis* высевались весной, при этом преобладающими вибрионами были *V. alginolyticus* и *V. gigantis* (65 % от общего числа выделенных бактерий р. *Vibrio*), а летом около 70 % составляли близкородственные виды из группы "Harveyi" – *V. alginolyticus* и *V. harveyi*. Более того, эти виды обнаружены в тканях всех устриц, что позволяет предположить их в качестве постоянного компонента микробиоты устриц.

**Заключение.** Санитарное состояние среды обитания моллюсков и их микробиологическая безопасность являются одним из важнейших факторов для успешного развития марикультуры. На основании данных микробиологического анализа воды озера Донузлав, установлено, что состояние морской среды соответствует санитарным требованиям для размещения ферм марикультуры. Однако обнаружение патогенных для тихоокеанской устрицы и человека галофильных вибрионов указывает на необходимость дальнейшего микробиологического мониторинга.

## Список литературы

1. Возрождение рыбохозяйственной отрасли Крыма. Основные направления и задачи научно-технического обеспечения / Е. П. Губанов, Е. П. Масюткин, Б. Н. Панов, О. Е. Битютская // Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 15-18.
2. Гидролого-гидрохимические характеристики вод залива Донузлав в 2018 г. / А. А. Белогудов, Н. Н. Дьяков, Ю. А. Мальченко, А. Е. Липченко, С. А. Боброва // Системы контроля окружающей среды – 2019: тез. докл. Международной научно-технической конференции, 12-13 сентября 2019 г. (Севастополь). 2019. С. 80.
3. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями № 1, 2). Введ. 2008-07-01. М., 2010. 16с.
4. ГОСТ 31942-2012. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа (ISO 19458:2006). Введ. 2014-01-01. М., 2013. 23с.
5. Иванютин Н. М. Современное экологическое состояние озера Донузлав // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 3 (79). С. 47-58.
6. Методические указания по санитарно-микробиологическому контролю черноморских мидий и устриц. Утв. Минрыбхозом СССР 24.03.1983 (с изм. от 31.12.1987). 1983. С.31.
7. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2005. С.75.
8. МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. С.26.
9. СанПиН 2.3.4.050-96. Производство и реализация рыбной продукции: Санитарные правила и нормы. Введ. с 1996-03-11. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. 1996. 104с.
10. Тихоненкова Е. Г., Иванютин Н. М. Влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние геологической среды и геохимические ландшафты озера Донузлав // Ученые записки таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: география. 2008. Т. 21 (60). № 3. С. 359-365.
11. Филиппова Т. В. Экологические проблемы озера Донузлав и пути их решения // Общество, образование, наука: современные тренды: сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции, 16 октября 2020 г. (Керчь). 2020. С. 80-84.
12. Bacterial diseases in marine bivalves / M.-A. Travers, K. Miller, A. Roque, C. S. Friedman // Journal of Invertebrate Pathology. 2015. Vol. 131. P. 11-31.
13. Effects of extracellular products from the pathogenic *Vibrio aestuarianus* strain 01/32 on lethality and cellular immune responses of the oyster *Crassostrea gigas* / Y. Labreuche, P. Soudant, M. Goncalves, C. Lambert, J. L. Nicolas // Dev. Comp. Immunol. 2006 b. Vol. 30 P. 367-379.
14. Garnier M., Labreuche Y., Nicolas J.-L. Molecular and phenotypic characterization of *Vibrio aestuarianus* subsp *francensis* subsp *nov.*, a pathogen of the oyster *Crassostrea gigas* // Systematic and Applied Microbiology. 2008. Vol. 31. P. 358-365.

**ОЦЕНКА ВЫНОСА АНТРОПОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
И ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ КСЕНОБИОТИКОВ В СЕВАСТОПОЛЬСКУЮ БУХТУ  
СО СТОКОМ РЕКИ ЧЕРНОЙ**

Малахова Л. В., Проскурнин В. Ю., Сидоров И. Г., Архипова С. И., Стецюк А. П., Лобко В.  
В., Чужикова-Проскурнина О. Д.

ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН"

г. Севастополь

malakhovalv@ibss-ras.ru

**ESTIMATION OF ANTHROPOGENIC RADIONUCLIDES, MICROELEMENTS AND  
ORGANOCHLORINE COMPOUNDS ENTRY INTO THE SEVASTOPOL BAY WITH  
THE CHERNAYA RIVER DISCHARGE**

Malakhova L.V., Proskurnin V.Yu., Sidorov I.G., Arkhipova S.I., Stetsyuk A. P., Lobko V.V.,  
Chuzhikova-Proskurnina O.D.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

Sevastopol

malakhovalv@ibss-ras.ru

**Аннотация.** Показана неравномерность концентраций антропогенных радионуклидов, хлорорганических соединений и микроэлементов в воде реки Черной от устьевого района до Байдарской долины. В устьевом участке реки по сравнению с районами среднего течения концентрация в воде Sr-90, микроэлементов (V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Pb, Hg), ДДТ и его метаболитов и полихлорбифенилов была повышенной. Концентрация микроэлементов во взвеси превысила содержание их растворенной формы от 4 раз для Mo до  $1.5 \cdot 10^4$  для Pb. Проведена оценка выноса токсикантов в акваторию Севастопольской бухты с потоком реки Черной.

**Ключевые слова:** хлорорганические соединения, антропогенные радионуклиды, микроэлементы, река Черная.

**Abstract.** The spatial variability of anthropogenic radionuclides, organochlorine compounds and microelements concentrations in the water of the Chernaya River from the mouth area to the Baydarskaya valley is shown. The concentration of Sr-90, microelements (V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Pb, Hg), DDT and its metabolites, and polychlorinated biphenyls in the water of river was increased in the mouth area to areas of the middle part of the river. The concentration in suspended matter exceeded the content of the dissolved form of trace elements from 4 times for Mo to  $1.5 \cdot 10^4$  for Pb. The assessment of all substances studied entry into the Sevastopol Bay with the Chernaya River discharge was carried out.

**Keywords:** organochlorine compounds, anthropogenic radionuclides, microelements, Chernaya river.

Уникальная во многих отношениях бухта Севастопольская долгие годы испытывает значительное антропогенное воздействие: используется для судоходства и стоянки судов, в её акваторию сливаются сточные воды различного происхождения: ливневые, коммунальные

и др. Вместе с этими потоками в бухту поступают загрязняющие вещества, среди которых есть весьма токсичные элементы и соединения. Река Черная, которая разгружает до 70 % речного материала в бухту, также оказывает заметное влияние на её гидрохимический режим. В последние годы было показано, что особо опасными веществами, которые загрязняют воду бухты являются пестициды группы 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и широко используемые ранее в промышленности как изоляционные материалы и во многих других качествах – полихлорбифенилы (ПХБ), а также такие тяжелые металлы, как ртуть, кадмий, свинец [4, 6, 8, 9]. В высоких концентрациях эти вещества могут принести ущерб биологическим объектам, который проявляется как на организменном, так и на популяционном уровнях. Загрязнение акватории Севастопольской бухты уже несколько десятилетий изучается, как в Институте биологии южных морей, так и другими организациями. За эти годы было показано, что экосистема бухты обладает способностью к самоочищению от загрязнения: за счет водообмена с открытым морем, седиментационных потоков в донные осадки, испарения легколетучих веществ, накопления в гидробионтах. Однако количественные характеристики поступления загрязняющих веществ в бухту из различных источников до настоящего времени не определены.

На реке Черной Крымским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводятся гидрометрические и гидрохимические наблюдения, которые включают анализ качества воды по санитарно-гигиеническим нормам. Также имеются данные о влиянии водных масс реки на гидрохимический режим бухты [6]. В то же время стало ясно, что для сохранения экологически безопасного состояния Севастопольской бухты в отношении ХОС необходимо нормировать антропогенную нагрузку из всех источников, в том числе со стоком реки Черной.

Целью работы было определение содержания Cs-137, Sr-90, ХОС и микроэлементов в воде реки Черной в 2020 г. и оценка их выноса с потоком реки в Севастопольскую бухту.

Районами отбора проб воды были четыре точки в реке: в Байдарской долине, у села Хмельницкое, в районе Сахарной головки и в устьевом районе реки. Пробы воды отбирали с января по август 2020 г., за исключением апреля и мая в связи с эпидемиологической обстановкой. Для определения концентрации исследуемых аналитов были использованы радиоспектрометрические методы для определения Cs-137 и Sr-90, хроматографические [10] – для определения ХОС, массспектрометрические [2] – для определения растворенной и взвешенной форм таких микроэлементов, как Cu, Zn, Cd, Pb, V, Fe, Co, Ni, Mo, Ag, Sb. Анализ был выполнен в отделе радиационной и химической биологии и в центре коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ. Оценка выноса химических веществ в Севастопольскую бухту с потоком реки  $R_{в-ва}$  выполнена в соответствии с методическими рекомендациями [1] по формуле:  $R_{в-ва} = C_{в-ва} \cdot W$ , где  $C_{в-ва}$  – средняя концентрация вещества ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ),  $W$  – месячный объем стока ( $\text{м}^3$ ) на основании расходов воды по гидропосту с. Хмельницкое на р. Черная в 2020 г.

В 2020 г. по данным 6 месяцев с января до августа (за исключением апреля и мая) средний расход воды реки Черной составил  $1.28 \text{ м}^3/\text{с}$  (оперативные данные КрымУГМС), что составило 71% от среднегодового расхода воды, равного по данным [5] –  $1.79 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Результаты показали, что в среднем течении реки Черной концентрация Cs-137 была нулевой, а в устьевой зоне –  $5-6 \text{ Бк}/\text{м}^3$ , что оказалось в три раза ниже по сравнению со средней концентрацией Cs-137 в воде Черного моря, составляющей  $15 \text{ Бк}/\text{м}^3$ . В бухте Севастопольской поток реки Черной оказал разбавляющий эффект в отношении концентрации Cs-

137: его активность в воде бухты была наименьшей в районе поступления воды реки и увеличивалась по мере выхода из бухты в море с 10.5 до 15.9 Бк/м<sup>3</sup>.

Обратная картина наблюдалась в отношении Sr-90, его активность в воде устьевой части реки Черной оказалась выше на 41 % по отношению к воде Севастопольской бухты, а поток поступления с речным стоком в бухту составил 564 МБк/год.

Результаты анализа ХОС в воде реки Черной за период с января по август 2020 г. (исключая апрель и май) показали, что концентрация суммы п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-дихлордифенилдихлорэтилена (ДДЭ) и п,п'-дихлордифенилдихлорэтана (ДДД) и шести индикаторных конгенов ПХБ ( $\Sigma$ ПХБ<sub>6</sub>, по номенклатуре IUPAC – это конгены 28, 52, 101, 153, 138, 180) была повышенной в устьевом участке по сравнению с районом среднего течения реки, в январе концентрация  $\Sigma$ ПХБ<sub>6</sub> здесь была наибольшей за весь период наблюдения и превышала содержание токсикантов в среднем течении реки от 5 до 11 раз (рис. 1). Превышения концентрации ХОС в воде реки по отношению к ПДК водных объектов рыбохозяйственного использования, составляющей 10 нг/л [7], не отмечено.

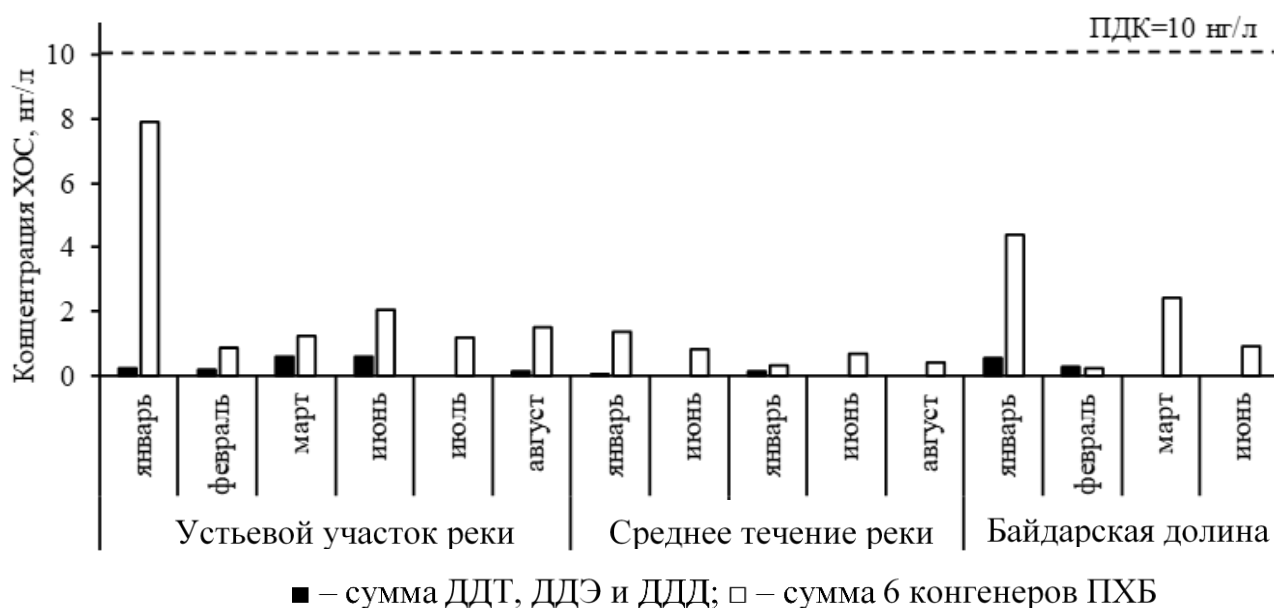


Рис. 1. Концентрация  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ<sub>6</sub> в воде реки Черной в 2020 г.

Оценка выноса  $\Sigma$ ПХБ<sub>6</sub> в Севастопольскую бухту с потоком реки Черной в 2020 г. показала, что на масштабе шести месяцев, поток  $\Sigma$ ПХБ<sub>6</sub> зависел напрямую от уровня загрязненности реки, был существенно выше, чем  $\Sigma$ ДДТ, и изменялся при минимальном и максимальном расходах воды от 103 до 184, в среднем – 139 г/год, в то время, как вынос  $\Sigma$ ДДТ составлял 17, 31 и 23 г/год соответственно.

В воде реки Черной основная доля микроэлементов V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Pb переносилась в составе взвешенных частиц. Концентрация во взвеси превысила содержание растворенной формы микроэлементов от 4 раз для Mo до  $1.5 \cdot 10^4$  для Pb. Содержание растворенной формы всех микроэлементов, кроме Zn, оказалось существенно ниже среднемировых значений для речных вод (табл. 1).

Концентрация Cu, Zn, Pb и Cd во взвешенном веществе значительно превысила средние значения концентрации для рек мира и кларки в почвах Крыма (табл. 2). За исключением Zn и Mo, поступление микроэлементов со взвешенным веществом реки Черной превысило их поток в бухту Севастопольскую в растворенной форме от 1.3 (для Co) до 14 раз (для Pb) (табл. 1 и 2).



Таблица 1

Концентрация растворенной формы микроэлементов в воде реки Черной, ПДК [6], отношение концентрации к кларку растворенной формы [11] в речных водах и среднее значение выноса с потоком реки Черной в Севастопольскую бухту

Микро-элемент	Концентрация, мкг/л			ПДК, мкг/л	Интервал отношения растворенной формы к кларку в речных водах	Оценка выноса, кг/год
	устье реки	среднее течение реки	Байдарская долина			
V	0.2-0.44	0.14-0.17	0.14-0.18	1	0.113-0.444	8.8
Co	0.02-0.05	н. п.д.*-0.01	н. п.д.-0.01	5	0.013-0.160	6.3
Ni	0.45-1.1	0.26-0.41	0.42-0.43	10	0.103-0.440	18.7
Cu	0.63-2.11	0.76-0.89	0.75-1.32	5	0.086-0.301	46
Zn	4.45-11.89	15- <b>106.8</b> **	6.79- <b>34.2</b>	50	0.202-5.338	911
As	0.02-0.05	0.07-0.1	0.01-0.04	10	0.006-0.052	4.7
Mo	0.89-0.97	0.03-0.04	0.01-0.03	1	0.013-0.968	1.9
Cd	0.05-0.13	0.01-0.02	0.01	10	0.045-0.657	0.7
Pb	н. п.д.-0.49	0.08-0.13	0.02-0.12	10	0.020-0.493	6

Примечание: \* – ниже предела детектирования; \*\* - жирным шрифтом выделена концентрация, превышающая кларк для речных вод.

Таблица 2

Содержание микроэлементов во взвешенном веществе в устьевом районе реки Черной, среднемировые концентрации микроэлементов во взвеси в реках [3], кларки в почвах Крыма [11] и среднее значение выноса с потоком реки Черной в Севастопольскую бухту

Элемент	Концентрация, мг/кг	Среднее для рек мира, мг/кг	Кларки в почве Крыма, мг/кг	Оценка выноса, кг/год
V	58	118	100	36.1
Co	14	19	14	8.5
Ni	76	50	30	31.1
Cu	877	45	50	342.1
Zn	1273	130	50	46.7
As	14	**	<i>1.7</i> ***	8.5
Se	9	н. д.	0.4	5.3
Mo	1	1.8	1	0.6
Cd	5	0.5	0.3	3.4
Pb	196	25	12.5	84.3

Примечание: \* – ниже предела детектирования; \*\* – нет данных; \*\*\* – курсивом отмечены кларки в земной коре.

Наиболее опасным тяжелым металлом для водных экосистем является ртуть. Наибольшее содержание Hg в воде реки обнаружено в устье, где концентрация суммы растворенной и взвешенной форм Hg составила 70 и 75 нг/л в январе и июне, эти значения не превышали ПДК

в воде, составляющую 100 нг/л, и были сопоставимы со средней концентрацией в воде Севастопольской бухты, равной 81 нг/л. Вынос Hg с потоком реки воды составил 3.03 кг/год.

Таким образом, в воде реки Черной от Байдарской долины до устьевых районов по каждому из определяемых веществ (за исключением цинка) ПДК не была превышена. Неравномерность содержания аналитов по течению реки свидетельствует о том, что кроме смыва с территории водосборного бассейна имеются дополнительные источники их поступления в реку. Расчеты показали, что наименьшее количество с потоком реки Черной поступает в бухту ДДТ в сумме с его метаболитами (23 г/год), наибольшее – цинка (1207 кг/год).

Работа выполнена в рамках тем ФИЦ ИнБЮМ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (АААА-А18-118020890090-2) и регионального гранта РФФИ и города Севастополя 20-45-920004 р-а «Балансовое изучение влияния стока реки Черной на эвтрофикацию и загрязнение Севастопольской бухты антропогенными радионуклидами, тяжелыми металлами и хлорорганическими ксенобиотиками» (АААА-А20-120013090118-8).

#### Список литературы

1. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком. М. : Гидрометеиздат, 1983. – 32 с.
2. ГОСТ Р 56219-2014 Вода. Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М. : Стандартинформ, 2015. – 36 с.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М. : Академия, 2003. – 400 с.
4. Егоров В. Н., Гулин С. Б., Малахова Л. В., Мирзоева Н. Ю., Поповичев В. Н., Терещенко Н. Н., Лазоренко Г. Е., Плотичина О. В., Малахова Т. В., Проскурнин В. Ю., Сидоров И. Г., Стецюк А. П., Гулина Л. В., Марченко Ю. Г. Биогеохимические характеристики седиментационного самоочищения Севастопольской бухты от радионуклидов, ртути и хлорорганических загрязнителей // Морской биологический журнал. – 2018. – Т. 3, – № 2. – С. 40-52.
5. Миньковская Р. Я. Геофизическая характеристика устьевой области реки Чёрной (Севастопольский регион) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2008. – №17. – С. 194-214.
6. Овсяный Е. И., Орехова Н. А. Гидрохимический режим реки Черной (Крым): экологические аспекты // Морской гидрофизический журнал. – 2018. – Т. 34.- №. 1.- С. 82-94.
7. Приказ М. Р. Ф. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. [Электронный ресурс]. URL <http://docs.cntd.ru/document/420389120> Дата обращения 14.06.2020 г.
8. Петренко О. А., Жугайло С. С., Авдеева Т. М. Результаты многолетних исследований уровня загрязнения морской среды Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – 2015. – Т. 53. – С. 4-18.
9. Петров А. Н., Неврова Е. Л., Малахова Л. В. Многомерный анализ распределения бентосных диатомовых (Bacillariophyta) в поле градиентов абиотических факторов в Сева-

стопольской бухте (Черное море, Крым) // Морской экологический журнал. – 2005. – Т. 4. – №. 3. – С. 65-78.

10. ПНД Ф 14.1:2: 3:4.204-04 (изд. 2014 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика определения хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в питьевых, природных и сточных водах методом газовой хроматографии».

11. Сагт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П., Смирнова Р. С., Башаркевич И. Л., Онищенко Т. Л., Павлова Л. Н., Трефилова Н. Я., Ачкасов А. И., Саркисян С. Ш. Геохимия окружающей среды. М. : Недрa, 1990. – 335 с.

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ОТВАЛАХ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

Меньшикова Е. А., Блинов С. М., Перевошиков Р. Д.  
Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь  
Ecogeopsu@mail.ru

## NATURAL RADIONUCLIDES IN THE DUMPS OF THE KISEL COAL BASIN

Menshikova E.A., Blinov S.M., Perevoshnikov R.D.  
Perm State National Research University. Perm  
Ecogeopsu@mail.ru

**Аннотация.** Достаточно широкое распространение углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов и растущие показатели использования этого полезного ископаемого в энергетической отрасли ставят задачи исследования возможных радиоэкологических проблем, связанных с его добычей, транспортом и сжиганием. Авторами проведены исследования потенциальной радиационной опасности пород шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна на территории г. Губахи Пермского края, которые включали измерения мощности амбиентного эквивалента дозы непрерывного гамма-излучения (МЭД) и удельных активностей основных радионуклидов природного происхождения ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) гамма-спектрометрическим методом. Согласно результатам проведенных исследования по показателю МЭД породы шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна соответствуют требованиям нормативных документов в области радиационной безопасности. При этом для основного объема проб измеренные значения МЭД превышают фоновое гамма-излучение. Для отдельных отвалов отмечена закономерность увеличения гамма-излучения с глубиной, обусловленная гипергенным переносом элементов из поверхностных слоев отвалов. Породы исследованных отвалов характеризуются допустимым уровнем удельной эффективной активности естественных радионуклидов с диапазоном 52-238 Бк/кг.

**Ключевые слова:** уголь, шахтные отвалы, радиоактивность, естественные радионуклиды, Кизеловский угольный бассейн, Пермский край.

**Abstract.** The wide spread of coals with a high content of natural radionuclides and the active use of this mineral in the energy industry set the task of studying possible radioecological problems associated with its extraction, transport and combustion. The authors have carried out studies of the potential radiation hazard of the rocks of the Kisel coal basin mine dumps in Gubahi, Perm Region. The studies included measurements of the rate of ambivalent equivalent of continuous gamma radiation dose and specific activity of the main naturally occurring radionuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) by the gamma spectrometric method. According to the results of the study on the gamma radiation power indicator, the rocks of the Kizel coal basin mine dumps meet the requirements of regulatory documents in the field of radiation safety. At the same time, the measured values exceed the background gamma radiation for the main volume of samples. For individual dumps, there is a pattern of gamma radiation increase with depth due to hypergenic transfer of elements from the surface layers of the dumps. The rocks of the investigated dumps are characterized by a permissible level of specific effective activity of natural radionuclides in the range of 52-238 Bq/kg.

**Keywords:** coal, mine dumps, radioactivity, natural radionuclides, Kizel coal basin, Perm Region.

**Введение.** В природе достаточно широко распространены угли с повышенным содержанием естественных радионуклидов, в связи, с чем энергетика, основанная на использовании угля, а также объекты размещения отходов предприятий угольной промышленности часто являются источниками загрязнения окружающей среды радионуклидами. Отечественные исследования, связанные с оценкой радиационной опасности при добыче и сжигании угля, проведены в основных угледобывающих районах Сибири и Дальнего Востока [4, 8]. Известно о существенном увеличении активности радионуклидов в твердых продуктах сжигания угля [2, 9, 10, 12]. Активные исследования радиоактивности углей проводятся в Китае [13], исследования угольных отвалов – на территории Польши [11].

Объектом данных исследований являются породы отвалов угольных шахт объединения «Кизелуголь» в окрестностях города Губахи, Пермского края. Добыча угля на этой территории велась еще с конца XVIII века, но интенсивное развитие получила с 30-х годов прошлого века. В период активной разработки в годы Великой Отечественной войны и послевоенное время в бассейне насчитывалось 37 шахт с ежегодной добычей около 12 млн т. По причине нерентабельности добычи в сложных горно-геологических условиях в 1997 г. началась ликвидация шахт, завершенная к 2002 г. Разработка месторождений угля сопровождалась образованием породных отвалов, в которых размещались обломки аргиллитов, песчаников, известняков с присутствием угля. Кроме того, в них содержится древесина, металлические предметы и строительный мусор. В 53 отвалах, занимающих более 300 га, складировано свыше 24 млн м<sup>3</sup> твердых отходов угледобычи [1, 3, 5, 7].

Естественная радиоактивность угля формируется за счет природных радионуклидов. Уголь, формирующийся за счет медленного разложения органического вещества под действием биологических и геологических процессов, всегда содержит в своем составе природные радиоактивные вещества уранового и актиноуранового рядов (<sup>238</sup>U и продукты его распада <sup>234</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po и т. д.; <sup>235</sup>U и продукты его распада <sup>219</sup>Rn и т. д.), ториевого ряда (<sup>232</sup>Th и продукты его распада <sup>220</sup>Rn, <sup>216</sup>Po), а также долгоживущий радиоактивный изотоп <sup>40</sup>K.

Целью данной работы является оценка потенциальной радиационной опасности шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна. Исследования включали измерения непосредственно на объектах и пробоотбор с дальнейшим лабораторным исследованием пород из шести отвалов шахт «Центральная», «им. Калинина», «Новая», «Нагорная», «Шумихинская» и «им. 40-летия Октября». Исследованные отвалы занимают площадь более 60 га, в них складировано более 3 млн м<sup>3</sup> горных пород.

Оценка радиационной опасности пород шахтных отвалов выполнена в соответствии с требованиями действующих нормативных документов МУ 2.6.1.2398-08, НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523-09) и включала измерение мощности амбиентного эквивалента дозы непрерывного гамма-излучения (МЭД), а также измерение удельной активности естественных радионуклидов гамма-спектрометрическим методом. Нормирование воздействия ЕРН в соответствии с требованиями НРБ-99/2009 проводится по расчетной величине удельной эффективной активности Аэфф, которая характеризует суммарную удельную активность естественных радионуклидов в исследуемом материале, определяемую с учетом их биологического воздействия на организм человека (Бк/кг).

**Результаты исследований.** По результатам проведенных измерений наблюдаемые значения гамма-излучения находятся пределах 0,10–0,16 мкЗв/час. Образцов пород отвалов с МЭД гамма-излучения, превышающей нормативные значения в 0,3 мкЗв/час (для территорий жилой застройки) и 0,6 мкЗв/час (для промышленных территорий), не обнаружено. Среднегодовое значение гамма-фона по данным Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды составило по г. Перми и Пермскому краю 0,11 мкЗв/час. Измеренные значения гамма-излучения пород отвалов, как правило, значительно превышают и радиационный фон на прилегающей территории. Для отдельных отвалов отмечена закономерность увеличения МЭД гамма-излучения с глубиной – до 27 %, обусловленная очевидно гипергенным переносом элементов из поверхностных слоев отвалов в более глубокие [6].

С учетом значения удельной эффективной активности ЕРН в диапазоне 52-238 Бк/кг, проанализированные образцы пород шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна согласно п. 5.3.4 НРБ-99 можно отнести к первому классу строительных материалов. В соответствии с указанными нормами допустимая величина Аэфф для первого класса строительных материалов (с возможностью использования их в населенных пунктах) составляет не более 370 Бк/кг. С учетом формулы расчета наибольший вклад в величину Аэфф исследованных пород вносит удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  (до 63 %), меньший вклад связан с  $^{232}\text{Th}$  (до 40 %) и  $^{40}\text{K}$  (до 28 %) (табл. 1). Из исследованных отвалов наибольшие значения Аэфф отмечены для отвалов шахты «Шумихинская» (до 238 Бк/кг) и шахты «им. 40-летия Октября» (до 221 Бк/кг).

Таблица 1

**Удельная активность ЕРН пород шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна**

Величина активности, Бк/кг	Место отбора проб, соотношение значений в пробах с поверхности и на глубине 0,5 м						Среднее по 15 пробам
	Шахта Центральная	Шахта им. Калинина	Шахта Новая	Шахта Нагорная	Шахта Шумихинская	Шахта им. 40-летия Октября	
$A_{\text{Th}}$	32,95/32,25	19,52/13,93	14,54/13,29	30,86/35,41	64,20/63,6	46,19/44,89	40
$A_{\text{K}}$	447/250,5	119,2/58,2	60,6/48,5	277,7/299,8	451/429	368/398	308
$A_{\text{Ra}}$	53,25/41,73	35/40,5	28,3/33,48	37,18/49,18	110,6/118,6	61/66,3	65
$A_{\text{эфф}}$	134,41/105,26	70,7/63,69	52,5/55	101,21/121,05	233,04/238,38	152,78/158,94	144

Данные об удельной эффективной активности ЕРН углей и породных отвалов различных месторождений отрывочны (табл. 2). Сравнение полученных результатов с опубликованными данными по другим территориям показывает, что наиболее близкими по усредненным показателям к рассматриваемым объектам Кизеловского угольного бассейна являются данные по породным отвалам Верхнесилезского бассейна в Польше [11]. При этом отмеченные максимальные активности ЕРН для исследованных отвалов на территории Польши показывают однозначное несоответствие пород отдельных отвалов Верхнесилезского бассейна действующим нормативам Российской Федерации для использования в качестве строительных материалов, прежде всего, по высоким показателям удельных активностей  $^{232}\text{Th}$  и  $^{226}\text{Ra}$ .

Опубликованные результаты по углям и породам шахтных отвалов Польши (табл. 2) демонстрируют закономерность большей удельной активности вмещающих пород (размещенных в отвалах) [11] в сравнении с продуктивными угольными пластами [13]. Указанная закономерность отмечена и исследованиями на рудниках Кузбасса, где содержание ЕРН в углях в 2-5 раз меньше, чем во вмещающих породах [4].

## Обобщенные опубликованные данные по угольным месторождениям мира [2, 5, 6]

Величина активности, Бк/кг	Угольные отвалы Верхнесилезского бассейна (Польша), диапазон значений, в скобках среднее	Угольные месторождения Китая	Угольные месторождения Польши	Угольные месторождения Австралии	Средние значения по углям мира
$A_{Th}$	8-850 (67)	37,5	14,3	24	20
$A_K$	110-1250 (496)	106	129,9	75	50
$A_{Ra}$	8-632 (62)	75	18,1	21	–

**Заключение.** Полученные результаты показали, что исследованные породы шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна по показателю мощности амбиентного эквивалента дозы непрерывного гамма-излучения соответствуют требованиям нормативных документов в области радиационной безопасности. Уровень удельной эффективной активности естественных радионуклидов составил 52-238 Бк/кг. С учетом величины значения эффективной удельной активности естественных радионуклидов, проанализированные образцы пород шахтных отвалов Кизеловского угольного бассейна относятся к первому классу строительных материалов в соответствии с п. 5.3.4 НРБ-99/2009, что допускает их использование в населенных пунктах. Отмеченная закономерность увеличения МЭД гамма-излучения с глубиной, обусловленная гипергенным выносом элементов из поверхностных слоев, ставит задачу оценки радиационных параметров на всю глубину отвального массива, прежде всего для объектов возможного вторичного использования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50071.

## Список литературы

1. Бачурин Б. А. Экологические проблемы горнопромышленных районов Пермского края // Экология и промышленность России. 2006. №4. С.32-35.
2. Данилова А. А., Вахромов В. А., Дергачева Е. В., Нефедов В. С., Бураева Е. А., Давыденко А. М., Минкина Т. М. Радионуклиды в почвах территории Новочеркасской ГРЭС // В сб.: Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Посвящается 100-летию юбилею Южного федерального университета. Посвящается 100-летию юбилею кафедры физической географии, экологии и охраны природы ЮФУ. 2015. С. 124-127.
3. Красавин А. П. Сафин Р. Т. Экологическая реабилитация углепромышленных территорий Кизеловского бассейна в связи с закрытием шахт. Пермь, 2005. 175 с.
4. Крылов Д. А., Овсейчук В. А., Сидорова Г. П. Радиоактивность углей // Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 5. С.2-11.
5. Максимович Н. Г., Пьянков С. В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения /Пермский государственный национальный исследовательский университет, Естественнонаучный институт. Пермь, 2018. 288 с.
6. Меньшикова Е. А., Блинов С. М., Бельшев Д. А., Перовщиков Р. Д. Радиационные исследования отвалов Кизеловского угольного бассейна // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. №4 (56). С.81-89. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-4-81-89.
7. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: энциклопедия / гл. ред. А. И. Кудряшов. Пермь: Книжная площадь, 2006. 464 с.

8. Сидорова Г. П., Крылов Д. А. Оценка содержания радиоактивных элементов в углях и продуктах их сжигания // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. С.369-376.
9. Суханов Р. А., Сидорова Г. П. Проблемы использования углей с повышенной радиоактивностью // Горный журнал. 2009. № 2. С.67-69.
10. Федченко Т. М., Бураева Е. А., Минкина Т. М., Триболина А. Н., Нефедов В. С., Мартыненко С. В. Содержание и распределение радионуклидов в почвах территории Новочеркасской ГРЭС // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-3. С. 488-492.
11. Kozłowska B., Walencik A., Dorda J., Zipper W. Radioactivity of dumps in mining areas of the Upper Silesian Coal Basin in Poland. EPJ Web of Conferences 24, 05006 (2012). DOI: 10.1051/epjconf/20122405006.
12. Pak Y.N., Pak D.Y., Ponomaryova M.V., Baizbayev M.B., Zhelayeva N.V. Radioactivity of Coal and Its Combustion Wastes //Coke and Chemistry. 2018. 61. № 5. P. 188-192.
13. Xin Wang, Qiyang Feng, Ruoyu Sun, Guijian Liu. Radioactivity of Natural Nuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) in Coals from Eastern Yunnan, China // Minerals. 2015. № 5. P. 637-646. DOI: 10.3390/min5040513.



## ОЦЕНКА ГАЗОВЫХ ЭМИССИЙ ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Мозжегорова Ю. В., Баранова К. О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,  
Пермь  
juliagubaha@mail.ru

## ASSESSMENT GAS EMISSIONS OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

Mozzhegorova Yu.V., Baranova K.O.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Perm National Research Polytechnic University», Perm  
juliagubaha@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлен анализ экспериментальных методов оценки газовых эмиссий полигонов захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО). Выбор метода оценки газовых эмиссий на полигонах зависит от ряда факторов: климатических условий, рельефа поверхности полигона, условий эксплуатации полигона, наличия природоохранных сооружений и т. д. Оценка и прогноз газовых эмиссии полигонов захоронения ТКО позволят осуществить выбор технических мероприятий для снижения негативного воздействия полигонов на объекты окружающей среды.

**Ключевые слова:** биогаз, газовые эмиссии, твердые коммунальные отходы, полигон, методы оценки.

**Abstract.** The article presents a analysis of experimental methods for assessing gas emissions of municipal solid waste (MSW) landfills. The choice of a method for assessing gas emissions at landfills depends on a number of factors: climatic conditions, landfill surface relief, operating conditions of the landfill, availability of environmental facilities, etc. Assessment and forecast of gas emissions MSW landfills will make it possible to select technical measures to reduce the negative impact of landfills on environmental objects.

**Keywords:** biogas, gas emissions, municipal solid waste, landfill, assessment methods.

Ежегодно в мире образуется 2,01 млрд. тонн ТКО, основным методом обращения с которыми является размещение на полигонах и свалках. При длительном захоронении отходов протекают процессы их анаэробного разложения, сопровождающиеся образованием биогаза, являющегося источником загрязняющих веществ в объекты окружающей среды на этапах жизненного цикла полигона [1]. Основными компонентами биогаза являются метан и диоксид углерода, в соотношении от 40-70% до 30-60% соответственно.

Объем образования и состав газовых эмиссий различных полигонов значительно отличаются в зависимости от объема и компонентного состава захороненных отходов, конструкции основания и покрытия полигона, климатических условий района, высоты складирования отходов, интенсивности процессов разложения, условий эксплуатации полигона и т. д. Распространение биогаза и неприятного запаха от полигонов захоронения ТКО произ-

ходит на большие расстояния. Неконтролируемые газовые эмиссии на полигонах приводят к возникновению пожаров и увеличению риска взрывов.

Для оценки газовых эмиссии полигонов захоронения ТКО, прогноза и предотвращения их негативного изменения в окружающей среде, актуально проводить мониторинг атмосферного воздуха в зоне влияния полигона захоронения ТКО. В настоящее время существуют следующие методы оценки газовых эмиссий полигонов: камерный метод, скважинный метод, метод индикаторного газа, метод вертикального зондирования шлейфа, методы дистанционного зондирования и т. д. Экспериментальные методы оценки газовых эмиссий позволяют спрогнозировать и предотвратить негативное воздействие на окружающую среду. В таблице 1 представлена характеристика основных методов оценки газовых эмиссий полигонов захоронения ТКО.

Таблица 1

**Характеристика основных методов оценки газовых эмиссий  
полигонов захоронения ТКО**

Метод измерения	Предел измерения	Преимущества	Недостатки
Камерный метод	0-500000 ppm (0-50%)	- Доступность и простота в использовании; - Возможность измерения температуры отходов на поверхности полигона; - Малая зависимость от метеорологических условий.	- Большая относительная погрешность; - Камера позволяет измерить поток с небольшой площади, равной площади камеры; - Требуется защита измерительного оборудования от пыли и влаги.
Скважинный метод	CH <sub>4</sub> и CO <sub>2</sub> – 0-100 %, CO – 0–2000 ppm; H <sub>2</sub> S – 0–500 ppm	- Возможность проведения замеров объема и качественного состава газа в массиве полигона; - Получение информации о газопродуктивности отходов и пространственном распределении основных компонентов биогаза в массиве полигона.	- Высокая стоимость проведения измерений; - Сложность замера газов в верхнем слое полигона; - Возможно искажение измерения концентрации газов из-за подсасывания воздуха; - Риск попадания фильтрата в газовую скважину, что приводит к поломке газоанализатора.
Метод индикаторного газа	10 <sup>-3</sup> -100%	- Устанавливает средние значения выбросов в зависимости от погодных условий; - Оборудование для измерения в мобильном варианте.	- Высокая стоимость оборудования и измерений; - Сложный рельеф местности влияет на измерения; - Невысокая точность из-за существенной зависимости от локальных метеоусловий.
Метод вертикального зондирования шлейфа	CH <sub>4</sub> – 0,1-1000 ppm	- Высокая чувствительность прибора, позволяющая оценить низкие концентрации - Позволяет оценить потоки метана в вертикальном направлении.	- Необходимость создания стационарной измерительной системы с использованием дорогостоящей аппаратуры; - Неровная и неоднородная поверхность формирует воздушные потоки, приводящие к некорректным результатам.
Дистанционный метод с использованием лазерного детектора	1 – 50000 ppm	- Возможность проведения замеров на больших участках; - Высокая чувствительность; - Компактность оборудования для измерения.	- Небольшая область отбора проб для лазерных датчиков; - Высокая стоимость оборудования.

**Камерный метод** измерений газовых эмиссии полигонов захоронения ТКО является наиболее распространенным и простым методом. Сущность этого метода заключается в том, что в камеру, установленную на поверхность полигона открытой частью, поступает биогаз и газоанализатором фиксируется объем и качественный состав газов [3, 9]. Измерение концентрации газа производится переносными многокомпонентными газосигнализаторами через газозаборный шланг, снабженный зажимом. Реализация данного метода требует постоянного присутствия специалистов при проведении соответствующих измерений в течение относительно длительного времени.

Авторы [2] на полигоне ТБО «Хметьево» (Московская область) с помощью камерного метода проводили оценку эмиссий метана на разновозрастных участках (5, 10, 15 лет) в разное время года. Наибольшая эмиссия метана была обнаружена при низкой температуре почвенного слоя полигона (ранняя весна и поздняя осень), которая способствует подавлению активности метанооксиляющих бактерий и накоплению метана в верхнем почвенном слое.

Авторы [5] провели исследование на полигоне Мон-Сен-Гибер с двумя классами отходов (ТКО и неопасные отходы). Полевые исследования проводились с помощью замкнутой динамической камеры. Измерения были проведены для оценки вклада районов полигона с низким уровнем эмиссии метана в средний глобальный поток полигона. По реализации исследования авторы пришли к выводу, что важными областями, которые должны быть исследованы в приоритетном порядке, являются кольцевые зоны вокруг газовых скважин.

**Скважинный метод** определения газовых эмиссий проводится для полигонов с высоким объемом образования биогаза. Сущность этого метода заключается в том, что проводится бурение скважины на полигоне, определяется содержание метана в ней, затем, откачивается биогаз, измеряется время до восстановления начальной концентрации метана и определяется газопродуктивность. Метод используется с целью сбора информации о потоках биогаза на поверхности массива полигона на данный момент [3].

Использование скважинного метода было представлено авторами [4] на примере трех городских полигонов захоронения ТКО, расположенных в различных климатических зонах Северо-Западного федерального округа Санкт-Петербурга с атлантико-континентальным и умеренно континентальным климатом. Были определены участки на полигонах с наибольшей концентрацией метана: на первом полигоне были показания 60% и более, на втором и третьем полигоне – 50% и более. Благодаря исследованиям было определено, что на полигонах с более холодным климатом эмиссия метана больше. Исследователями определена зависимость между участками с высоким содержанием метана и последующим возникновением пожара.

**Метод индикаторного газа** заключается в том, что индикаторный газ ( $N_2O$ ,  $SF_6$ ) выпускают с подветренной стороны полигона, сцепляется с метаном, и газоанализатором измеряется его концентрация [3]. Метод индикаторного газа работает по принципу, согласно которому газ-индикатор, выпущенный на полигоне, будет подвергаться такой же дисперсии в атмосфере, что и метан, выбрасываемый из полигона. Поток выбросов рассчитывается как отношение измеренной концентрации метана выше фона и измеренная концентрация газа, умноженные на скорость выделения газа.

Использование данного метода представлено авторами [7] на примере муниципальной свалки захоронения ТКО Нашуа (штат Нью-Хэмпшир, США). Данные многосезонного исследования выбросов метана включали 12 отдельных испытаний. Измеренные выбросы метана коррелировали (с обратной зависимостью) с приземным атмосферным давлением.

**Метод вертикального зондирования шлейфа («Vertical Radial Plume Mapping»)** основан на прямом измерении массового потока загрязняющих веществ от выбросов площадных источников с использованием наземной оптической системы дистанционного зондирования, включающую спектроскопические приборы и отражатели, устанавливаемые на вершине полигона. Такая система позволяет получить информацию о концентрации метана по нескольким оптическим путям, что позволяет оценить потоки метана в вертикальном направлении [3].

Метод вертикального зондирования шлейфа применялся научным сообществом, работающим в сотрудничестве с представителями полигонов и Агентством по охране окружающей среды США (EPA) [8] на 20 полигонах по всей территории США в течение 4 лет (2006–2009). Ученые установили, что на эмиссию биогаза влияют не только климатические условия, но и тип рекультивационного покрытия полигона.

В настоящее время метод **дистанционного зондирования с лазерным детектором метана** широко применяется в исследованиях в разных областях. В данном методе к беспилотному летательному аппарату (БПЛА) прикреплен лазерный детектор. Принцип действия лазерного детектора заключается в том, что метан поглощает определенную длину волны инфракрасного излучения, направленного на поверхность полигона. Далее луч, отражаясь, возвращается в приемную систему, фиксируются и определяются его данные об интенсивности, плотности, количестве молекул и концентрации метана в потоке пронизывающего лазером воздуха.

Метод дистанционного зондирования на полигоне позволяет обнаруживать: тепловые выбросы (для предотвращения пожара и локализации точек возгорания), химические и физические параметры ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , температура воздуха, относительная влажность и т. д.). Различные датчики используются в сочетании с БПЛА для измерения качества воздуха, а также для обнаружения присутствия определенных типов газов.

Метод был использован авторами [6] на полигоне на северо-западе Великобритании. Исследования проводились в течение 4 дней, было выполнено 16 полетов с пробоотбором (каждый продолжительностью от 16 до 28 минут) с использованием прикрепленной системы измерения. Эмиссия метана оказалась значительно меньшей, чем обычно ожидаемая на английских полигонах. На основании повторных полетов было определено отклонение от усредненного значения эмиссии метана (кг/ч). Минимальное относительное смещение составляет 0,1%, а максимальное относительное смещение – 39,6%.

На БПЛА эффективна комбинация датчиков с одновременным определением газовых эмиссий и теплового потока полигона. БПЛА, оборудованный тепловизионной инфракрасной камерой, потенциально может быть эффективным инструментом для локализации горячих точек выброса метана.

В настоящее время в России самыми применяемыми методами оценки газовых эмиссий являются камерный и скважинный. В США и странах ЕС используются более современные методы, такие как метод вертикального зондирования шлейфа, индикаторного газа и дистанционный метод с лазерным детектором. Выбор метода оценки газовых эмиссий на полигонах зависит от ряда факторов: климатических условий, рельефа поверхности полигона, условий эксплуатации полигона, наличия природоохранных сооружений и т. д.

Оценка и прогноз газовых эмиссий полигонов захоронения ТКО позволят осуществить выбор технических мероприятий для снижения негативного воздействия полигонов на объекты окружающей среды, при разработке технических решений по

рекультивации и безопасному выводу из эксплуатации объектов захоронения отходов.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых – кандидатов наук МК-909.2020.5.*

#### Список литературы

1. Ерошина Д. М., Ходин В. В., Зубрицкий В. С., Демидов А. Л. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах. – Минск: Изд-во «Бел НИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
2. Каллистова А. Ю. Эмиссия метана с поверхности полигона захоронения твердых бытовых отходов в зависимости от возраста полигона и от времени года / А. Ю. Каллистова, М. В. Глаголев, Н. А. Шнырев, М. В. Кевбрина, В. К. Некрасова, М. В. Чистотин, Е. В. Фаустова, М. И. Серебряная, А. Н. Кожевникова // Экологическая химия. – 2006. – Т. 15, № 1. – С. 13–21.
3. Присяжнюк Ю. А. Обоснование способа рекультивации полигона ТБО на основе мониторинга газовых эмиссий. СПб.: 2016. – 101 с.
4. Чусов А. Н. Оценка зонального распределения метана на полигонах ТБО северных регионов для его использования местной энергетикой / А. Н. Чусов, В. И. Масликов, Д. В. Молодцов, В. В. Жажков, О. А. Рябухин // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 6 (58). – С. 44-55.
5. Bietlot E. Assessment of the contribution of low emissive areas to the average global flux of biogas diffusing through landfill covers in Wallonia. Proceedings Sardinia 2013. Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium. Italy, Cagliari, 2013. 14 p.
6. Bourn M., Allen G., Hollingsworth P., Kababbe K., Williams P.I, Ricketts H., Pitt J.R., Shah A. The development of an unmanned aerial system for the measurement of methane emissions from landfill. Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, 2017, pp. 1-17.
7. Czepiel P.M., Shorter J.H., Mosher B., Allwine E., McManus J.B., Harriss R.C., Kolb C.E., Lamb B.K. The influence of atmospheric pressure on landfill methane emissions. Washington State University. WA. 2003, pp. 593-598.
8. Goldsmith D., Chanton J., Abichou T., Swan N., Green R., Hater G. Methane emissions from 20 landfills across the United States using vertical radial plume mapping. Journal of the Air & Waste Management Association, 2012, vol. 62, i. 2. pp. 183-197.
9. Pape L., Ammann C., Nyfeler-Brunner A., Spirig C., Hens K., Meixner F.X. An automated dynamic chamber system for surface exchange measurement of non-reactive and reactive trace gases of grassland ecosystems. Biogeosciences. 2009, vol.6., №3. pp. 405–429. URL: <http://www.biogeosciences.net/6/405/2009/bg-6-405-2009.pdf> (дата обращения: 29.03.2020).

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ВОЛН ТЕПЛА И ХОЛОДА  
НА ЮГО-ЗАПАДЕ ЕТР**

Морозова С. В., Алимпиева М. А.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н. Г.Чернышевского  
г.Саратов  
e-mail:swetwl@yandex.ru

**FEATURES OF FORMATION OF INTENSIVE WAVES  
HEAT AND COLD IN THE SOUTH-WEST ETR**

Morozova S.V., Alimpieva M.A.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию резких потеплений и похолоданий на юго-западе ЕТР. К анализу барических полей применен статистический прием – расчет евклидова расстояния. Получено, что интенсивные потепления определяются адвекцией теплого воздуха по северной периферии субтропического антициклона, либо поступлением тропического воздуха в теплых секторах полярнофронтовых депрессий. Интенсивные волны холода формируются под влиянием потоков на восточной периферии малоподвижных антициклонов, либо при поступлении холодных воздушных масс в тылу циклонов.

**Ключевые слова:** волна тепла, волна холода, синоптический процесс, эталон

**Abstract.** The article is devoted to the study of sharp warming and cooling in the south-west of the ETR. A statistical technique is applied to the analysis of baric fields – the calculation of the Euclidean distance. It was found that intense warming is determined by the advection of warm air along the northern periphery of the subtropical anticyclone, or by the influx of tropical air in the warm sectors of polar-front depressions. Intense cold waves are formed under the influence of currents on the eastern periphery of inactive anticyclones, or when cold air masses enter the rear of the cyclones.

**Key words:** heat wave, cold wave, synoptic process, standard

Резкие изменения погодных условий могут оказывать негативное влияние на функционирование погодозависимых отраслей экономики, таких как сельское хозяйство, жилищно-коммунальная сфера, транспорт. Как правило, опасные и аномальные явления погоды – сильные ливни и снегопады, туманы, заморозки, шквалистые усиления ветра -происходят при резких перепадах средней суточной температуры воздуха.

Целью настоящей работы является изучение физических основ формирования резких перепадов средней суточной температуры воздуха. Известно, что текущая погода и аномальные погодные условия складываются под влиянием атмосферной циркуляции. В статье рассматриваются синоптические условия формирования резких перепадов средней суточной температуры воздуха в Ростове-на-Дону в центральные месяцы основных сезонов года.

В исследовании к анализу синоптических процессов применен метод эталонов. Метод эталонов позволяет объективно уменьшать объем синоптического материала без снижения его качества и информативности. Физический смысл и особенности применения ме-

тогда эталонов к анализу синоптических процессов и погодных условий подробно представлен в [1].

Резкие перепады средней суточной температуры воздуха представлялись волнами тепла и холода. Волной тепла (холода) считалось повышение (понижение) средней суточной температуры воздуха на 5 °С и более продолжительностью не менее двух дней. Отметим, что в настоящем исследовании для анализа выбирались только интенсивные волны тепла (холода), при которых происходил перепад средней суточной температуры на 8 °С и более. Исследование проводилось для января и июля. Временным интервалом послужил промежуток с 2015 по 2019 гг.

За период с 2015 по 2019 годы по метеостанции Ростов-на-Дону отдельно для января и отдельно для июля выбраны случаи резких перепадов средней суточной температуры воздуха. В табл. 1 представлены случаи интенсивных волн тепла и холода для этих месяцев.

В соответствии с выбранными датами проводилась формирование архива барических полей в матричной форме. Выбирались значения атмосферного давления на уровне моря в узлах регулярной пятиградусной сетки. Сформированы четыре рабочие выборки: для волн тепла в январе, для волн холода в январе, для волн тепла в июле, для волн холода в июле. В каждой рабочей выборке определялось наиболее информативное барическое поле, которое и принималось за эталон. Расчет эталонных полей проводился по следующим формулам.

Формула для расчета степени близости (удаленности) каждого конкретного поля рабочей выборки от остальных полей:

$$C(i, p) = \frac{1}{q} \sqrt{\sum_{j=1}^q (x(i, j) - x(p, j))^2},$$

где  $C(i, p)$  – параметр близости (удаленности) между  $i$ -ым и  $p$ -ым полями;

$x(i, j)$ ,  $x(p, j)$  – значения давления воздуха на уровне моря в  $j$ -ой точке  $i$ -го и  $p$ -го полей;

$k$  – количество выбранных полей;  $q$  – количество узлов регулярной сетки.

По формуле:

$$S(i) = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k C(j, p)$$

оценивается подобие  $i$ -го поля со всем другими полями исходной (рабочей) выборки. По самому малому значению параметра  $S(i)$  можно заключить, какое из  $i$ -х полей наиболее близко по расстоянию ко всем  $p$ -полям. Это поле и выбиралось в качестве эталонного.

В каждой группе барических полей по приведенным выше формулам проводился расчет параметров  $C(i, p)$  и  $S(i)$ . В соответствии с проведенными расчетами эталонным полем интенсивных волн тепла в январе стало барическое поле 18 января 2015 года. Фрагмент приземной карты приведен на рис. 1. Согласно полученному эталону, интенсивные волны тепла в январе в районе г. Ростова-на-Дону определяются поступлением теплой тропической воздушной массы с запада по северной периферии субтропического антициклона, расположенного южнее (рис. 1).

Эталонным полем интенсивной волны холода в январе стало барическое поле 14 января 2018 года. На рис. 1б представлен фрагмент приземной карты погоды 14 января 2018 года. В соответствии с полученным эталоном, интенсивные похолодания в изучаемом регионе в январе связаны с поступлением арктической холодной воздушной массы по восточной периферии стационарного антициклона с центром в районе Москвы.

## Даты резких перепадов средней суточной температуры воздуха

Дата осуществления экстремума волны и день, предшествующий экстремуму волны			
Январь		Июль	
Волна тепла	Волна холода	Волна тепла	Волна холода
18.01.2015	6.01.2015	9.07.2015	21.07.2015
19.01.2015	7.01.2015	10.07.2015	22.07.2015
7.01.2016	24.01.2016	26.07.2015	24.07.2016
8.01.2016	25.01.2016	27.07.2015	25.07.2016
28.01.2016	19.01.2017	16.01.2016	8.07.2017
29.01.2016	20.01.2017	17.07.2016	9.07.2017
5.01.2017	26.01.2017	27.07.2017	16.07.2018
6.01.2017	27.01.2017	28.07.2017	17.07.2018
7.01.2018	14.01.2018	3.07.2019	13.07.2019
8.01.2018	15.01.2018	4.07.2019	14.07.2019
20.01.2018	24.01.2018		25.07.2019
21.01.2018	25.01.2018		26.07.2019
14.01.2019	8.01.2019		
15.01.2019	9.01.2019		
	12.01.2019		
	12.01.2019		

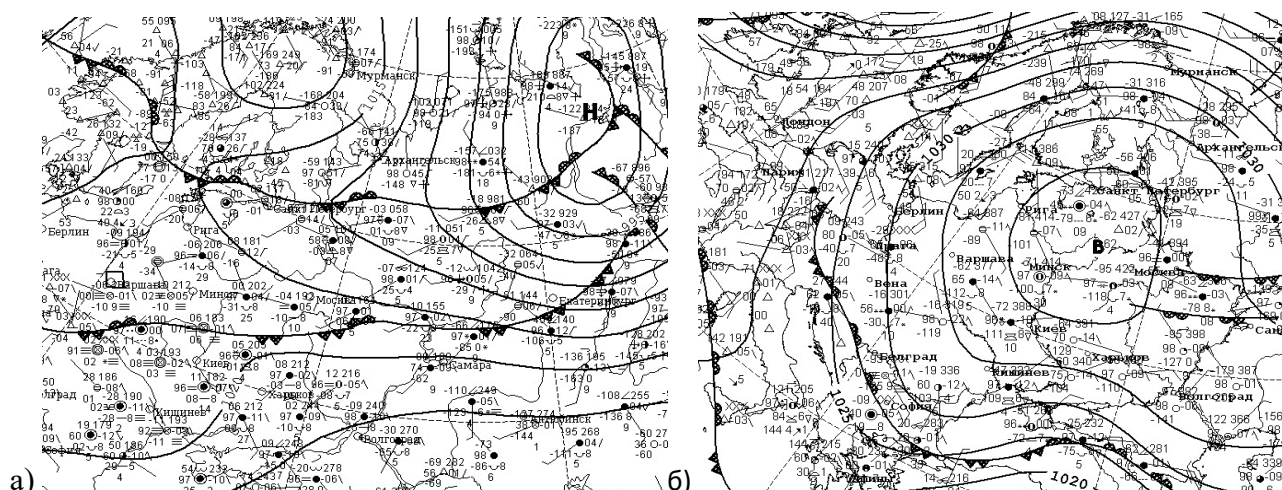


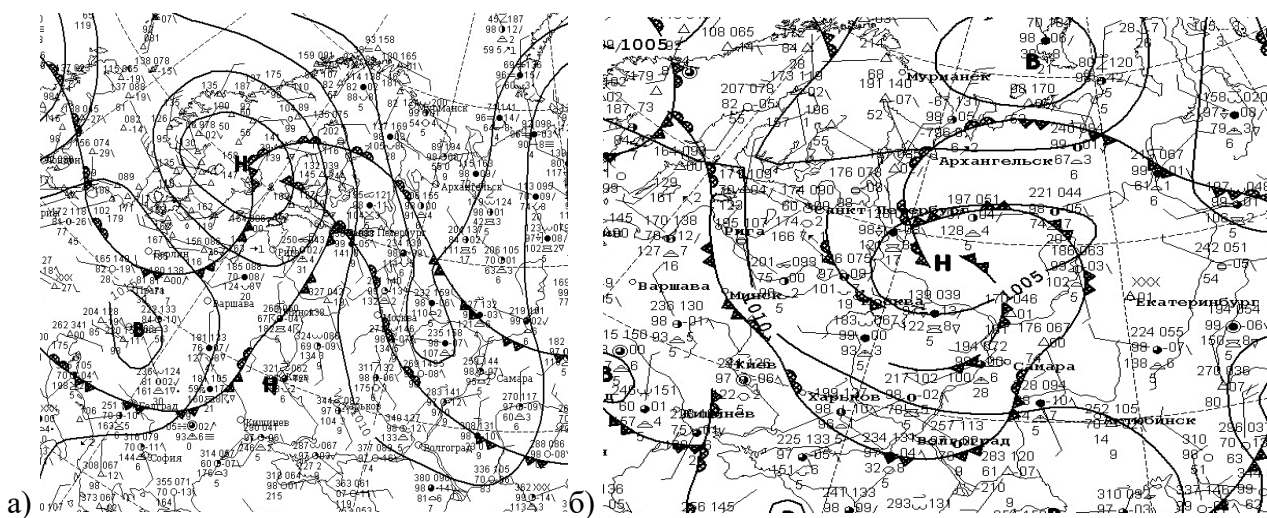
Рис. 1. Фрагмент приземной карты погоды

- а) 18 января 2015 г. – эталонное поле волны тепла в январе  
 б) 14 января 2018 г. – эталонное поле волны холода в январе

Эталонным полем интенсивной волны тепла в июле стало барическое поле 26 июля 2015 года. Согласно полученному эталону, в июле интенсивные потепления в Ростове-на-Дону наиболее часто происходят под влиянием теплого сектора полярнофронтального циклона, что можно увидеть на рис. 2а, на котором представлено эталонное поле интенсивных волн тепла в июле.

Интенсивные волны холода в июле связаны чаще всего с поступлением арктического воздуха в тылу циклонов, что можно увидеть на приземной карте за 9 июля 2017 года (рис. 2б). Девятое июля 2017 года стало эталонным полем интенсивных волн холода в июле.





**Рис. 2.** Фрагмент приземной карты погоды

а) 26 июля 2015 г. – эталон волны тепла

б) 9 июля 2017 г. – эталон волн холода

В результате проведенного анализа получено, что интенсивные потепления на юго-западе Европейской части России (по данным метеостанции Ростов-на-Дону) определяются адвекцией теплого воздуха по северной периферии субтропического антициклона (январь), либо поступлением тропического воздуха в теплых секторах полярнофронтовых депрессий (июль). Интенсивные волны холода в исследуемом регионе формируются под влиянием потоков по восточной периферии малоподвижных антициклонов (январь), либо поступлением холодных воздушных масс в тылу циклонов (июль).

Таким образом, можно заключить, что полученные с помощью статистических расчетов наиболее типичные барические поля, определяющие интенсивные похолодания в регионе, хорошо согласуются с представлениями классической синоптики. Поэтому метод эталонов вполне корректно применять к анализу синоптической обстановки, требующему сжатие исходной синоптической информации.

#### Список литературы

1. Морозова С. В. Исследование синоптических процессов методом эталонов. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2013. 164 с.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУММ ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ МЕТЕОСТАНЦИИ САРАТОВ ЮГО-ВОСТОК

Морозова С. В., Алимбиева М. А.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н. Г.Чернышевского  
г.Саратов  
e-mail:swetwl@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящей статье представлены результаты статистического анализа годовых, месячных и суточных сумм осадков по метеостанции Саратов Юго-Восток. Для суточных сумм осадков приводится повторяемость суточных сумм осадков по градациям. В течение весенне-летнего периода замечено уменьшение повторяемости слабых осадков. Выявлено, что наибольшая повторяемость ливневых осадков приходится на сентябрь.

**Ключевые слова:** статистический анализ, суммы осадков, интенсивность осадков

**Abstract.** This article presents the results of a statistical analysis of annual, monthly and daily precipitation totals for the Saratov Yugo-Vostok meteorological station. For daily precipitation totals, the frequency of daily precipitation amounts by gradation is given. During the spring-summer period, a decrease in the frequency of light precipitation was observed. It was revealed that the highest frequency of heavy rainfall falls on September.

**Key words:** statistical analysis, precipitation amounts, precipitation intensity

Юго-восток Европейской территории России является регионом с высокой степенью аридизации климата. На территориях с недостаточным увлажнением именно осадки являются лимитирующим фактором роста и развития растений. Поэтому изучение режимов выпадения осадков на таких территориях имеет очень важное значение.

По сведениям, содержащимся в Оценочных Докладах международных групп экспертов по изменениям климата [1,3], отмечается увеличение осадков в гумидных регионах и их снижение в аридных. Оказывается интересным посмотреть, имеет ли место вышеобозначенная тенденция на юго-востоке Европейской части России, характеризующейся высокой степени засушливости климата.

Для этой цели выбрана метеостанция Саратов Юго-Восток, имеющая более чем столетний непрерывный ряд наблюдений за атмосферными осадками – с 1912 года. По данным этой метеорологической станции авторами проведены расчеты годовых и месячных сумм осадков.

На рис. 1 представлено изменение годовых сумм осадков по рассматриваемой метеорологической станции с 1912 – 2015 гг. По рис. 1 можно заметить увеличение годовых сумм атмосферных осадков ( $\alpha = 0,667$ ). Таким образом, на юго-востоке ЕТР (по данным метеостанции Саратов Юго-Восток) отмечена тенденция изменения годовых сумм осадков. Отметим, что выявленная на юго-востоке Русской равнины тенденция изменения сумм осадков противоположна глобальной.

Однако, в аридных регионах наиболее значимыми оказываются осадки теплого полугодия. Поэтому целесообразно рассмотреть динамику сумм осадков, выпадающих за холод-

ное (март – октябрь) и теплое (апрель – сентябрь) полугодия. Для анализа полугодовых сумм осадков выбран период с 1971 по 2010 гг. Этот период попадает на климатический интервал – вторую волну глобального потепления, характеризующийся особенно бурным ростом температур. Поэтому для анализа осадков теплового и холодного полугодия был выбран именно этот временной промежуток.

На рис. 2 представлены гистограммы изменения сумм осадков за холодное (рис. 2 а) и теплое полугодия (рис. 2 б).

Как можно заметить из рисунка 2, на юго-востоке Европейской части России (по метеостанции Саратов Юго-Восток) происходит увеличение сумм осадков холодного полугодия, и уменьшение количества выпадающих осадков в теплое полугодие. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при повышении зимних температур содержание влаги в воздухе повышается, что отражается на количестве выпадающих осадков. Летнее снижение осадков способствует росту засушливости в регионе на фоне снижения степени континентальности климата.

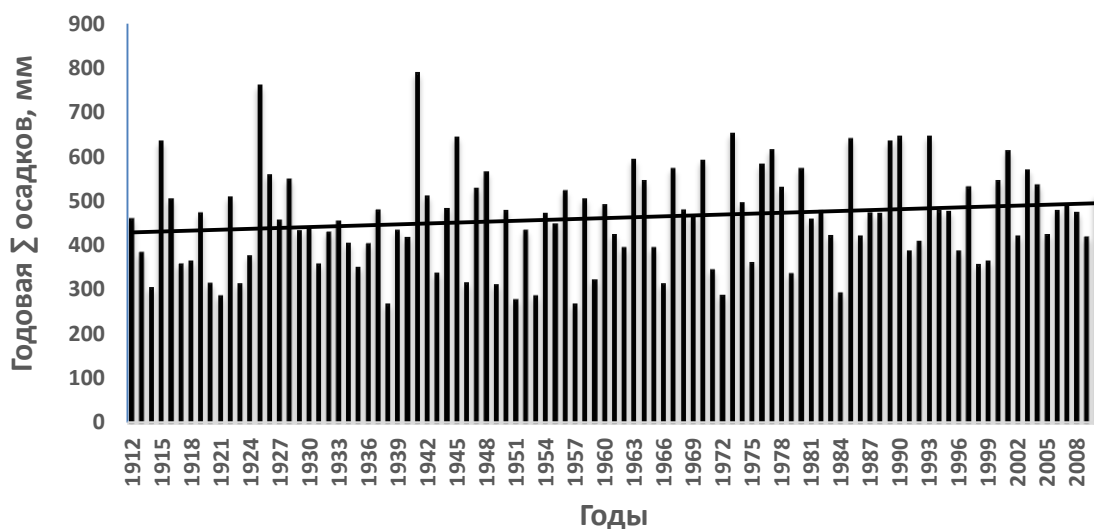
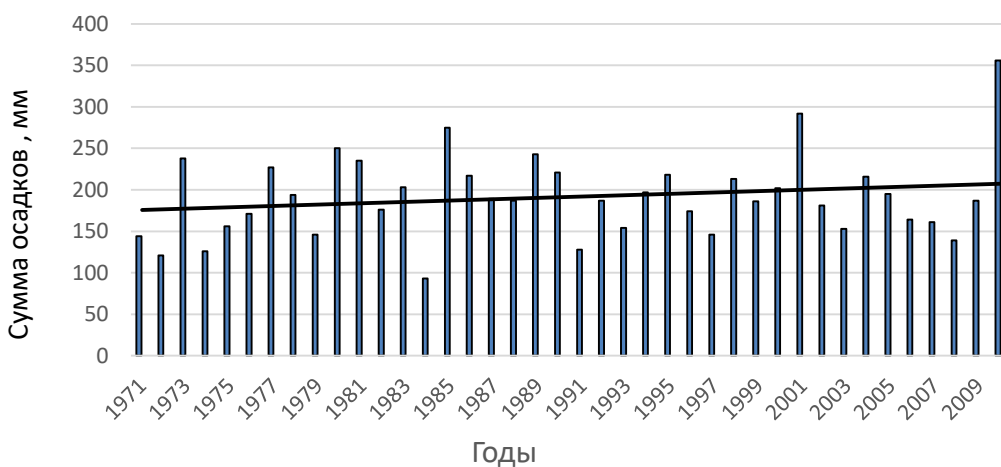
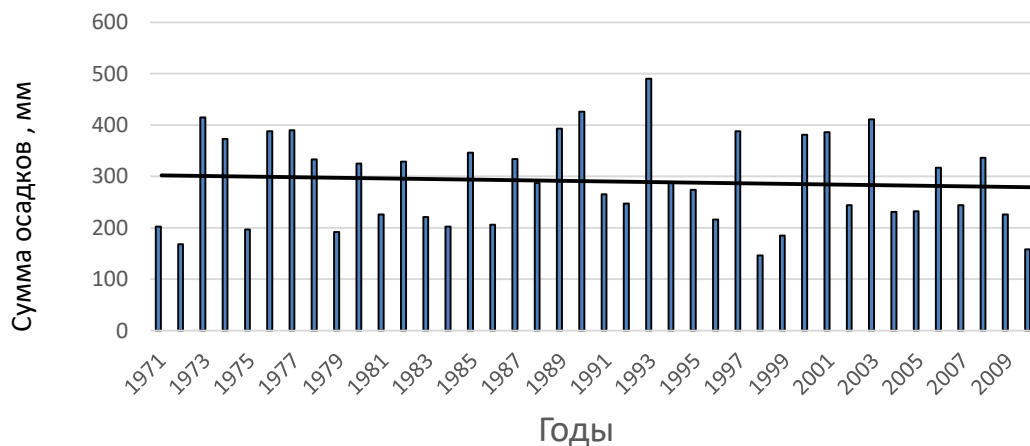


Рис. 1. Гистограмма годовых сумм осадков по м/с Саратов Юго-Восток



а)



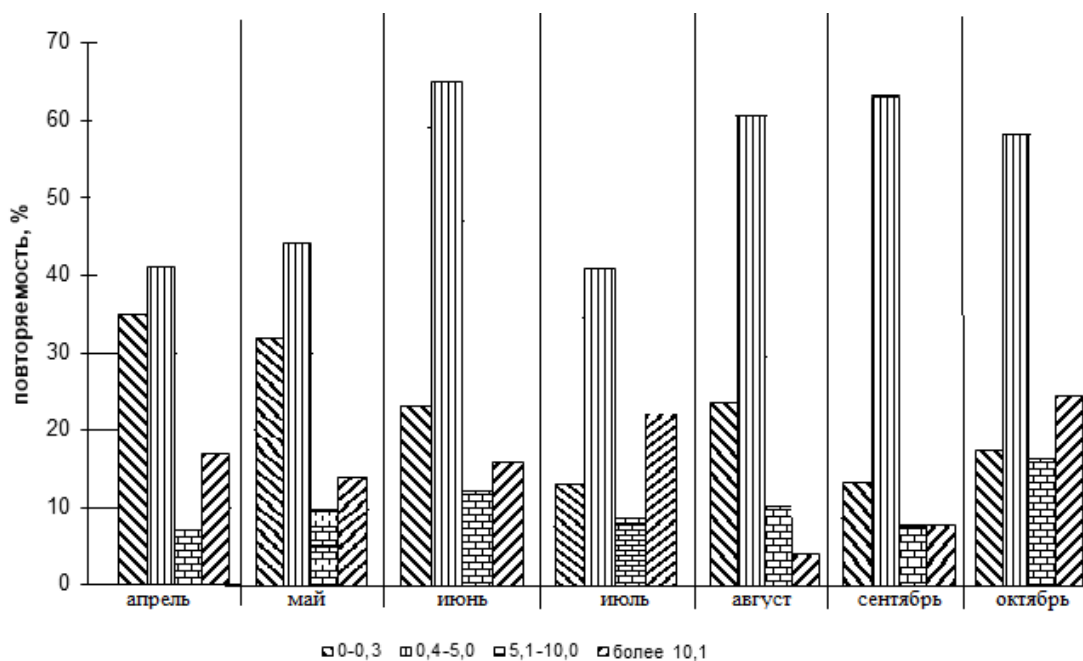
б)

**Рис. 2.** Гистограммы сумм осадков за период с 1971-2010 гг.

а) холодное полугодие

б) теплое полугодие

Однако, месячные суммы осадков складывается из суточных сумм осадков различных интенсивности и количества. Рассмотрим статистическую структуру суточных сумм осадков по рассматриваемой станции (рис. 3) для месяцев теплого полугодия. Заметим, что суточные суммы осадков редко становятся предметом исследования.



Как видно из рис. 3, во все месяцы теплого полугодия наибольшую повторяемость имеют осадки от 0,4 до 5 мм. Отметим, что эффективными для сельского хозяйства считаются осадки суточной суммы более 5 мм [2]. Оказывается интересным тот факт, что в течение весенне-летнего периода наблюдается снижение осадков самой малой интенсивности (0 – 0,3 мм). Вместе с тем в течение лета замечено возрастание повторяемости осадков очень большой интенсивности (более 10,1 мм). Повторяемость сильных ливней в сентябре превышает их повторяемость во все остальные месяцы теплого периода.

## Список литературы

1. Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: 2014. 60 с.
2. Ефремова Н. И. О структуре месячных сумм осадков в степях юго-востока Европейской территории СССР //Тр. ГГО. 1965. Вып.181. С.137-159.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

**ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЬЮ НА  
АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ГОРНО-ЛУГОВОЙ ДЕРНОВОЙ ПОЧВЕ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА**

Мощенко Д. И., Ширинова Б. Б., Манташян Э. А., Колесников С. И.

Moshchenko D.I., Shirinova B.B., Mantashyan E.A., Kolesnikov S.I.

Академия биологии и биотехнологий им. Д. И. Ивановского,

Южный федеральный университет

Ростов-на-Дону, Россия

dimoshenko@sfedu.ru

**INFLUENCE OF POLLUTION WITH HEAVY METALS AND OIL ON CATALASE  
ACTIVITY IN THE MOUNTAIN-MEADOW SODDY SOIL OF THE CENTRAL  
CAUCASUS**

**Аннотация.** В статье приведены сведения о влиянии загрязнителей, таких как Cr, Cu, Ni, Pb и нефть, на активность каталазы в горно-луговой дерновой почве Центрального Кавказа.

**Ключевые слова:** горно-луговые почвы, активность каталазы, Центральный Кавказ.

**Abstract.** The article provides information on the effect of pollutants such as Cr, Cu, Ni, Pb and oil on the activity of catalase in the mountain meadow soddy soil of the Central Caucasus.

**Keywords:** mountain-meadow soils, catalase activity, Central Caucasus.

В последние годы антропогенная нагрузка на почвенный покров Центрального Кавказа возрастает. Это связано с активным экономическим, рекреационным и туристическим развитием региона. При этом пределы устойчивости почв региона к различным антропогенным воздействиям исследованы недостаточно. Приоритетными загрязняющими веществами природных и естественных экосистем Центрального Кавказа являются Pb, Cu, Ni, Cr и нефть (Колесников, 2009). Особой чувствительностью и ранимостью к внешним воздействиям отличаются высокогорные почвы (Татлок, 2014).

Согласно классификации World Reference Base for Soil Resources, эти почвы называются Umbric Leptosols Dystric (WRB, 2006). Для них характерно относительно высокое содержание гумуса, pH –6.4, среднесуглинистый гранулометрический состав.

Цель работы – исследовать влияние загрязнения тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb) и нефтью на активность каталазы в горно-луговой дерновой почве Центрального Кавказа.

Для модельных исследований почву отбирали в окрестностях с. Кичи-Балык Малокарачаевского района, Карачаево-Черкесской Республики. Использовали верхний пахотный слой почвы 0-20 см, так как в нем задерживается большая часть загрязняющих веществ (Kabata-Pendias, 2010).

Химическое загрязнение почвы моделировали в лабораторных условиях.

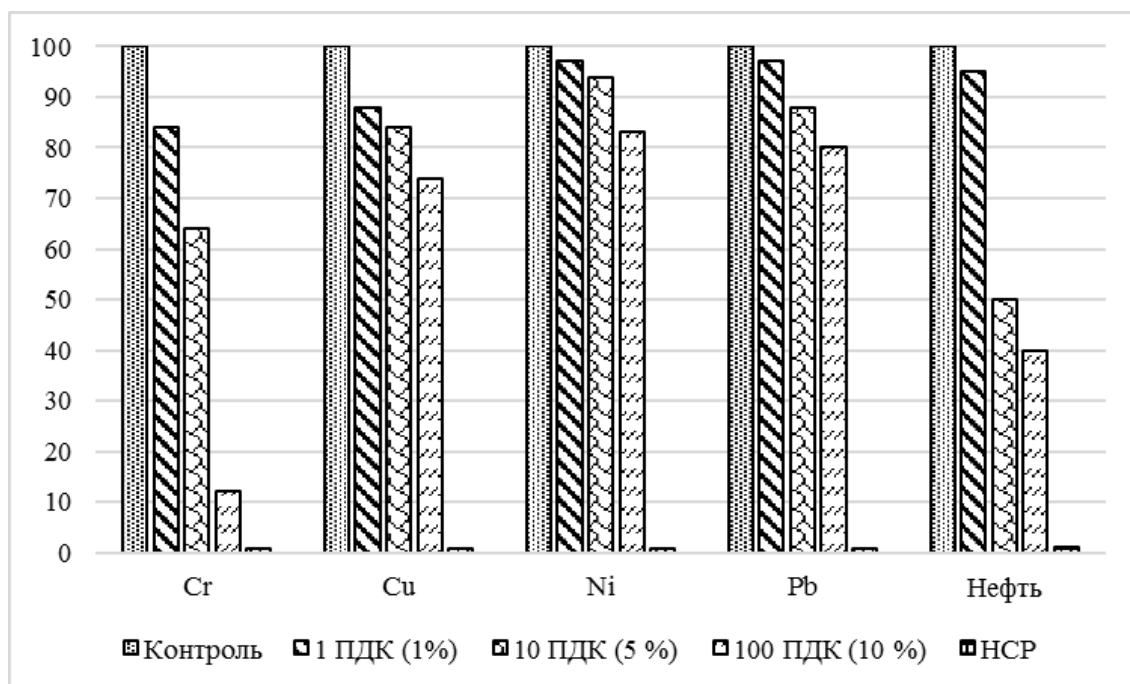
Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22 °С) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в двукратной повторности.

ТМ вносили в почву в количестве 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно), нефть – 1, 5, 10 % от массы почвы.

Использовали оксиды ТМ: CrO<sub>3</sub>, NiO, PbO, CuO. Во-первых, значительная доля ТМ поступает в почву именно в форме оксидов. Во-вторых, использование оксидов ТМ позволяет исключить воздействие на свойства почвы сопутствующих анионов, как это происходит при внесении солей металлов.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием методов, общепринятых в биологии, почвоведении и экологии. Активность каталазы определяли по методу Галстяна в модификации Хазиева через 30 суток после загрязнения (Казеев, 2016).

В результате исследования установлено, что загрязнение горно-луговой дерновой почвы оксидами Cr, Cu, Ni, Pb и нефтью ведет к снижению активности каталазы (рис.1).



**Рис 1.** Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на активность каталазы в горно-луговой дерновой почве Центрального Кавказа, % от контроля (ПДК – для ТМ, % – для нефти)

По степени подавления активности каталазы в горно-луговой дерновой почве Центрального Кавказа ТМ образовали следующий ряд: Cr > Cu > Pb ≥ Ni.

Наиболее выраженное токсические действия на активность каталазы оказал хром, наименьшее никель. Высокую токсичность хрома можно объяснить приобретением подвижности и образованием растворимых солей хромовой кислоты.

*Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).*

#### Список литературы:

1. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Акименко Ю. В., Даденко Е. В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016.
2. Колесников С. И. Тлехас, З. Р., Казеев, К. Ш., Вальков, В. Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении //Почвоведение. –2009. – №. 12. – С. 1499-1505.

3. Татлок, Д. Р., Колесников, С., Казеев, К. Ш., Татлок, Р. К., Тлехас, З. Р., Яровая, Е. В. Биодиагностика состояния горно-луговых почв Западного Кавказа при загрязнении цинком, кадмием, молибденом и селеном //Новые технологии. – 2014. – №. 4.
4. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. pp. 548.
5. World Reference Base for Soil Resources. Rome, 2006. 128 p.



**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУР В БАССЕЙНЕ  
АЗОВСКОГО МОРЯ (1966 – 2015)**

Назаренко О. В.

Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону  
ovnazarenko@sfedu.ru

**SEASONAL CHANGES IN PRECIPITATION AND TEMPERATURE IN THE BASIN  
OF THE AZOV SEA (1966 – 2015)**

Nazarenko O.V.

Southern Federal University, Rostov on Don

**Аннотация.** Представлены результаты исследований сезонных изменений осадков и температур в бассейне Азовского моря. Рассматривается изменение температуры и осадков по метеостанциям, расположенным от лесостепной до полупустынной зоны, с преобладанием степной. Проведен анализ как многолетних данных, так и за период 2001–2015 гг. Необходимо отметить, что за последние 15–20 лет произошли значительные изменения особенностей климата. Выявлена устойчивая тенденция к потеплению. Установлено значительное смягчение зимних температур, наименьшее изменение температуры коснулось летнего периода. Изменение осадков менее отчетливо. Количество выпавших осадков в зимний и осенний периоды увеличилось. Весной количество осадков увеличивается по всем исследуемым станциям, за исключением Воронежа и Чертково. Летом изменение осадков носит сложный характер, где преобладает уменьшение осадков.

**Ключевые слова:** изменение климата, температура, осадки, бассейн Азовского моря

**Abstract:** The results of studies of seasonal changes in precipitation and temperature in the Azov sea basin are presented. Changes in temperature and precipitation at weather stations located from the forest-steppe to the semi-desert zone, with a predominance of the steppe zone, are considered. The analysis of both long-term data and for the period 2001-2015 is carried out. It should be noted that over the past 15-20 years, there have been significant changes in climate features. A steady warming trend has been identified. A significant softening of winter temperatures was found, and the smallest change in temperature affected the summer period. Precipitation changes are less distinct. The amount of precipitation in the winter and autumn periods has increased. In spring, precipitation increases for all the stations under study, with the exception of Voronezh and Chertkovo. In summer, precipitation changes are complex, with decreasing precipitation prevailing.

**Keywords:** climate change, temperature, precipitation, basin of Azov sea

Климатические изменения и их действие на окружающую среду приобрели в конце XX – начале XXI вв. общемировой характер. Анализ публикаций показывает, что с 1990х гг. их количество резко выросло и в настоящее время составляет более 15000 в год, посвященных гидрометеорологическим наблюдениям, моделированию климата, экологическим рискам. В то же время актуальность и важность исследований не снижается.

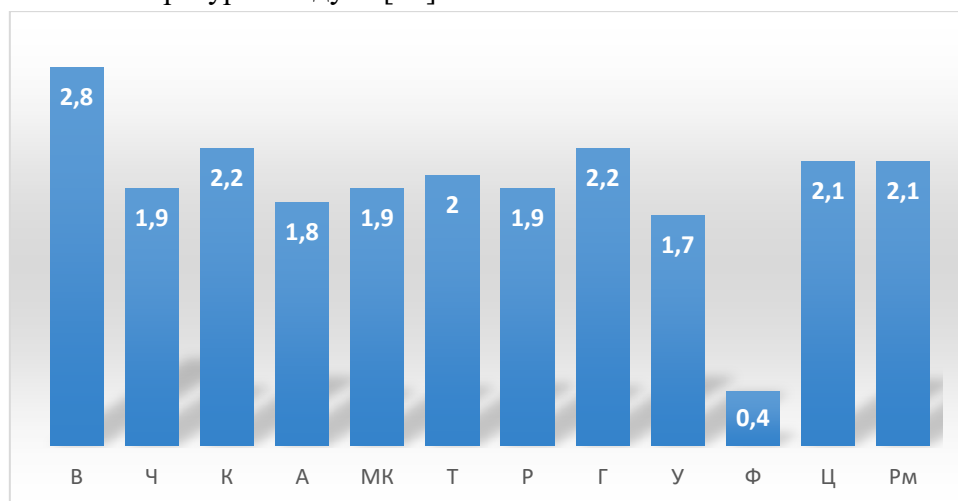
Исследования показывают, что количество осадков в целом увеличилось на территории между 30° с. ш. и 85° с. ш., но заметно уменьшилось между 10° ю. ш. и 30° с. ш. Отмечается, что происходит увеличение числа случаев выпадения сильных осадков, даже в местах,

где общее количество осадков сократилось [4, 20-23]. Установлена устойчивая тенденция к потеплению в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая [18]. В работах [5] отмечается тенденция снижения увлажнения засушливых земель. Исследования климата юга Европейской части России начаты в XIX в., но активно продолжаются и в настоящее время [3, 6-16, 19].

Анализ метеорологических условий в бассейне Азовского моря проведен за период с 1966 по 2015 гг. по данным [1, 2, 17]. Выделены сезоны года и их характерные месяцы (январь, апрель, июль, октябрь), подсчитаны температура и осадки и сопоставлены с многолетними данными. Для возможности сопоставления подсчитаны коэффициенты изменения. Коэффициенты изменения – отклонение их величин за 2001 – 2015 гг. к многолетним. Зимой и в январе приведены амплитуды температур.

Бассейн Азовского моря расположен на юге европейской части России и находится в зоне недостаточного увлажнения. В данной работе анализируются изменения метеорологических показателей по опорным станциям, расположенным в разных ландшафтных зонах: лесостепь (Воронеж), степь умеренно-засушливая (Чертково, Краснодар, Армавир), степь засушливая (Матвеев Курган, Таганрог, Ростов, Гигант), степь сухая (Урюпинск, Фролово, Цимлянск), полупустыня (Ремонтное).

Для исследуемой области прослеживается положительный тренд изменения температуры. Анализ среднегодовых температур показывает, что с конца XX в. наблюдается монотонное поднятие температуры воздуха [13].



**Рис. 1.** Отклонение среднегодовых температур (°C) 2001- 2015 гг. от многолетних величин по м/ст: В – Воронеж, Ч – Чертково, К – Краснодар, А – Армавир, МК Матвеев Курган, Т – Таганрог, Р – Ростов-на-Дону, Г – Гигант, У – Урюпинск, Ф – Фролово, Ц – Цимлянск, Рм – Ремонтное

Наибольшие отклонения характерны для зимнего сезона. Средние температуры воздуха зимой в 2001 – 2015 гг. составляла от -6,1°C (Урюпинск) до 1,9°C (Краснодар), в январе от -6,9°C (Урюпинск) до 1,0°C (Краснодар) (табл.1). Ее повышение от многолетней нормы зимой составляет от 1,1°C (Краснодар) до 5,8°C (Гигант) в январе от 0,2 °C (Краснодар) до 3,3°C (Матвеев Курган, Фролово).

Весной средняя температура воздуха изменялась от 8,2°C (Воронеж, Урюпинск) до 12,4 °C (Краснодар), превышала многолетнюю норму на 17% (Краснодар) и 55% (Воронеж). В апреле температура изменялась от 8,8°C (Воронеж) до 12,2 °C (Краснодар) и превышала многолетнюю от 11% (Армавир) до 49% (Воронеж).

Летом средние температуры колебались от 20,4°C (Воронеж) до 24,3°C (Краснодар) с превышением многолетней нормы от 4 (Фролово) до 10% (Краснодар). В июле она изменя-

лась от 21,7°C (Воронеж) до 25,2°C (Краснодар) с превышением от многолетней нормы 3% (Урюпинск) до 9% (Воронеж, Краснодар).

Осенью средние температуры варьировали от 7,8°C (Воронеж) до 13,4°C (Краснодар) повсеместно превышала многолетнюю норму на 14% (Ремонтное, Армавир) до 34% (Воронеж).

В октябре температура воздуха изменялась от 7,3°C (Урюпинск) до 11,6°C (Краснодар) с превышением многолетней на 9% (Ростов) до 32% (Воронеж).

Таблица 1

**Температура воздуха по сезонам, °С**

Метеостанция	год	Сезоны			
		зима	весна	лето	осень
Воронеж	7,7/4,9*	-5,5/-8,5	8,2/5,3	20,4/18,9	7,8/5,8
Чертково	8,6/6,7	-4,7/-7,4	9,0/6,7	21,7/20,4	8,5/7,1
Краснодар	13,0/10,8	1,9/-0,8	12,4/10,6	24,3/22,1	13,4/11,4
Армавир	11,7/9,9	0,3/-2,3	11,4/9,8	23,1/21,5	12,2/10,7
Матвеев Курган	10,4/8,5	-2,1/-4,6	10,4/6,3	23,1/21,4	10,3/8,8
Таганрог	11,1/9,1	-1,8/-4,2	10,8/8,6	24,0/22,3	11,7/9,6
Ростов	10,6/8,7	-2,3/-4,6	10,5/8,5	23,3/21,7	10,7/9,2
Гигант	11,2/9,0	1,4// -4,4	10,7/8,7	23,9/22,2	11,3/9,0
Урюпинск	7,8/6,1	-6,1/-8,6	8,2/6,3	21,1/20,3	8,0/6,5
Фролово	6,7/6,3	-6,0/-8,9	8,6/6,5	22,1/21,2	8,4/6,6
Цимлянск	10,3/8,2	-3,0/-5,9	9,9/7,4	23,7/22,1	10,8/9,1
Ремонтное	10,5/8,4	-2,3/-5,4	10,1/8,1	23,8/22,1	10,4/9,1

(\* числитель – 2001-2015 гг., знаменатель – многолетние данные)

Изменение осадков не имеет столь четко выраженной картины, однако, анализ показывает тенденцию к повышению.

Количество осадков зимой изменялось от 84 мм (Ремонтное) до 195 мм (Краснодар), в январе от 22 (ремонтное) до 50 (Краснодар) (табл. 2). Повышение зимой составило от 2% (Армавир) до 49% (Урюпинск), в январе осадков уменьшилось на 3% (Армавир), в остальных пунктах увеличилось от 18% (Ремонтное) до 83% (Ростов).

Весной количество осадков колебалось от 76 мм (Ремонтное) до 153 мм в Краснодаре и превысило в большинстве пунктов от 7% (Таганрог) до 87% (Армавир). В Воронеже и Чертково оно было ниже многолетних величин соответственно на 7-3%. В апреле количество осадков варьировало от 27 мм (Ремонтное) до 48 мм (Краснодар) и превысило многолетние по ряду пунктов от 9% (Таганрог) до 26 % (Урюпинск), в Краснодаре оно равно многолетней величине, а в остальных 5 пунктах понижалось от 3% (Воронеж) до 9% (Армавир).

Летом количество осадков изменилось от 94 мм (Фролово) до 172 мм (Краснодар) и превышало норму в 5 пунктах от 2% (Ремонтное) до 31% (Урюпинск), в остальных случаях оно понизилось от 2% (Краснодар) до 30% (Фролово). В июле оно колебалось от 34 мм (Цимлянск) до 64 мм (Чертково). В 4 пунктах оно превысило норму от 13% (Армавир) до 37 % (Урюпинск). В Краснодаре оно было равно норме. В остальных 7 пунктах было ниже нормы от 12% (Гигант) до 23 % (Воронеж).

Осенью количество осадков составило от 108 мм (Ремонтное) до 174 мм (Краснодар) и повсеместно превышало норму от 11 % (Воронеж) до 54 % (Ремонтное). В октябре оно повысилось по всем пунктам от 36 мм (Ремонтное) до 60 мм (Армавир) и превысило норму на 20% (Ростов, Таганрог) до 53% (Чертково).

## Количество осадков, мм

Метеостанция	год	Сезоны			
		Зима	Весна	лето	осень
Воронеж	578/554*	132/108	116/125	186/191	144/130
Чертково	548/442	142/100	106/109	159/142	141/91
Краснодар	722/643	195/166	181/153	172/175	174/149
Армавир	635/552	101/99	185/140	187/180	162/133
Матвеев Курган	485/422	135/110	109/92	125/132	112/88
Таганрог	545/486	166/127	115/107	122/150	142/102
Ростов	596/483	162/112	136/112	158/148	140/111
Гигант	504/450	115/94	126/108	131/148	132/100
Урюпинск	519/383	116/78	107/80	160/122	136/103
Фролово	434/394	111/81	106/87	94/135	123/91
Цимлянск	472/391	131/93	118/85	99/118	124/95
Ремонтное	423/322	84/64	117/76	114/112	108/70

(\* числитель – 2001-2015 гг., знаменатель – многолетние данные)

Таким образом, сравнительный анализ многолетних данных и периода 2000-2015 гг. показывает устойчивое потепление климата. Наибольшие отклонения отмечаются в зимний сезон. Амплитуда изменения осадков носит больший характер, но также выделяется тенденция к их повышению в течении всего года, за исключением летнего сезона. Следует отметить, что 15 проанализированных лет с 2000 по 2015 гг. демонстрируют частое превышение многолетних данных. Так, 2007, 2010 гг. были самыми жаркими, наряду с 2002, 2005 и 2004, которые были самыми теплыми годами не только на юге Европейской части, но и в Северном полушарии, и на Земном шаре в целом [14, 15]. Самым влажным – 2004 г., сухой 2007.

## Список литературы

1. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н., Швец Н. В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. URL:<http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения: 15.08.2020).
2. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т., Швец Н. В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. Режим доступа: URL:<http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения: 15.08.2020).
3. Дмитриева В. А., Маскайкина С. В. Изменчивость водного режима в верховье Донского бассейна в современный климатический период // Вестн. ВГУ. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 17 – 21.
4. Изменение климата и водные ресурсы/ под ред. Бэйтс Б. К., Кундцевич З. В., У С., Палютикоф Ж. П. Женева, 2008. 228 с.
5. Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Черенкова Е. А. Увлажнение засушливых земель Европейской территории России: настоящее и будущее//Аридные экосистемы, 2014. Т. 20. №2 (59). С. 5-11

6. Кузьмина Ж. В. Анализ многолетних метеорологических трендов на юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // *Аридные экосистемы*. 2007. Т.13. № 32. С. 47-60.
7. Лурье П. М., Панов В. Д. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI столетия // *Метеорология и гидрология*. 1999. № 4. С. 90-97.
8. Лурье П. М. Региональные особенности изменения климата на юге России и их последствия (на примере Ростовской области) // *Географические исследования Краснодарского края*. Краснодар, 2010. С. 83-92.
9. Назаренко О. В. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Доно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия // *Водные ресурсы*. 2006. Т. 33. № 4. С. 504 – 510.
10. Назаренко О. В. Оценка региональных изменений метеорологических показателей и их влияния на уровень грунтовых вод (на примере г. Ростова-на-Дону) // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С.549.
11. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи // *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки*. 2019. № 4 (204). С. 84-90.
12. Назаренко О. В. Динамика изменения температуры воздуха и осадков в бассейне реки Средний Егорлык // *Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы*. Воронеж: изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. Т.1. С. 235 – 239.
13. Назаренко О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в бассейне Азовского моря // *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки*. 2020. № 1 (205). С. 62-70.
14. Обзор состояния и тенденций изменения климата России. М., 2008 – 2019. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (дата обращения: 23.08.2020)
15. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 2. Москва, 2008. 288 с. URL: <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/2.htm> (дата обращения: 21.08.2020)
16. Панов В. Д., Лурье П. М., Ларионов Ю. А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов н/Д: Донской издательский дом, 2006. 487 с.
17. Справочник по климату СССР. Вып.13. Ч. I – V. Л.: Гидрометеиздат, 1966 -1970.
18. Сухова М. Г., Журавлева О. В. Изменения температуры воздуха в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая // *Известия РАН. Серия Географическая*, 2018. №6. С. 93-101
19. Черенкова Е. А. Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге Европейской России // *Аридные экосистемы*. 2012. Т. 18. № 4 (53). С. 13 – 21.
20. Haylock, M.R. and C.M. Goodess, 2004: Interannual variability of extreme European winter rainfall and links with mean large-scale circulation. *Int. J. Climatol.*, 24, 759–776.
21. Groisman, P.Y., R.W. Knight, T.R. Karl, D.R. Easterling, B. Sun and J.H. Lawrimore, 2004: Contemporary changes of the hydrological cycle over the contiguous United States: trends derived from in situ observations. *J. Hydrometeorol.*, 5, 64–85.
22. Klein Tank, A.M.G. and G.P. Können, 2003: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999. *J. Clim.*, 16, 3665–3680.
23. Kunkel, K.E. and Co-authors, 2003: Temporal variations of extreme precipitation events in the United States: 1895–2000. *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1900, doi:10.1029/2003GL018052

**ВЛИЯНИЕ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ПОТЕНЦИАЛ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ  
ЗАРИНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Назаренко А. Е.

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН

г. Барнаул

nazarenko.iwep@gmail.com

**INFLUENCE OF GULLY EROSION ON THE POTENTIAL OF ECOSYSTEM SERVICES  
IN ZARINSKY REGION OF THE ALTAI KRAI**

Nazarenko A.E.

Institute for water and environmental problems SB RAS

Barnaul

nazarenko.iwep@gmail.com

**Аннотация.** Рост площади оврагов в районе, обусловленный значительным объемом осадков и холмисто-увалистым рельефом, в сочетании с активной распашкой, снижает потенциал обеспечивающих экосистемных услуг почв, что выражается в иссушении почвы и выводе земель из сельскохозяйственного оборота. В статье проведено картографирование овражной сети на территории на территории Заринского района Алтайского края, рассмотрена динамика овражной сети за период с 1980 года по настоящее время и предложены мероприятия по борьбе с овражной эрозией.

**Ключевые слова:** овражная эрозия, сельское хозяйство, экосистемные услуги.

**Abstract.** Growth of gully areas in the region, due to a significant amount of rainfall and hilly and steeply sloping terrain, combined with the active plowing reduces the potential for providing ecosystem services of soil, resulting in desiccation of the soil and the withdrawal of land from agricultural use. In the article the mapping of gully network in the Zarinsky region of the Altai krai was done, the dynamics of gully network for the period from 1980 to the present was analyzed, and measures to combat gully erosion were proposed.

**Keywords:** gully erosion, agriculture, ecosystem services.

Овражная эрозия представляет собой один из часто встречающихся рельефообразующих процессов, протекающих на склонах с легкоразмываемыми породами под действием временных водотоков. При этом, образование и рост оврагов происходит как по антропогенным, так и по природным, физико-географическим причинам.

Рост овражной сети на территории приводит к значительному ущербу для всех отраслей хозяйства, связанных с землепользованием: на такой территории ослабляется потенциал растениеводства в связи с отчуждением земель и иссушением почв, ухудшаются условия для строительства и др. [2]. С точки зрения современного природопользования, овражная эрозия рассматривается в качестве так называемых экосистемных «антиуслуг» (ecosystem disservices) – природных препятствий для использования благ окружающей среды (ecosystem services) [3, 4]. Одним из основных «препятствий» овражная эрозия выступает для сельского хозяйства, оказывая значительное влияние на экономический потенциал

территории в сельскохозяйственных районах. В связи с этим, исследование овражной эрозии, а также разработка мероприятий по предотвращению развития оврагов остается актуальным, особенно – в тех районах, где сельское хозяйство является доминирующим видом экономической деятельности.

Территория Заринского района подвержена влиянию ряда физико-географических и антропогенных факторов развития оврагов:

1) преобладающий холмисто-увалистый рельеф с большим количеством склонов;  
 2) более 40% площади района представлено пахотными угодьями, зачастую расположенными на склонах.

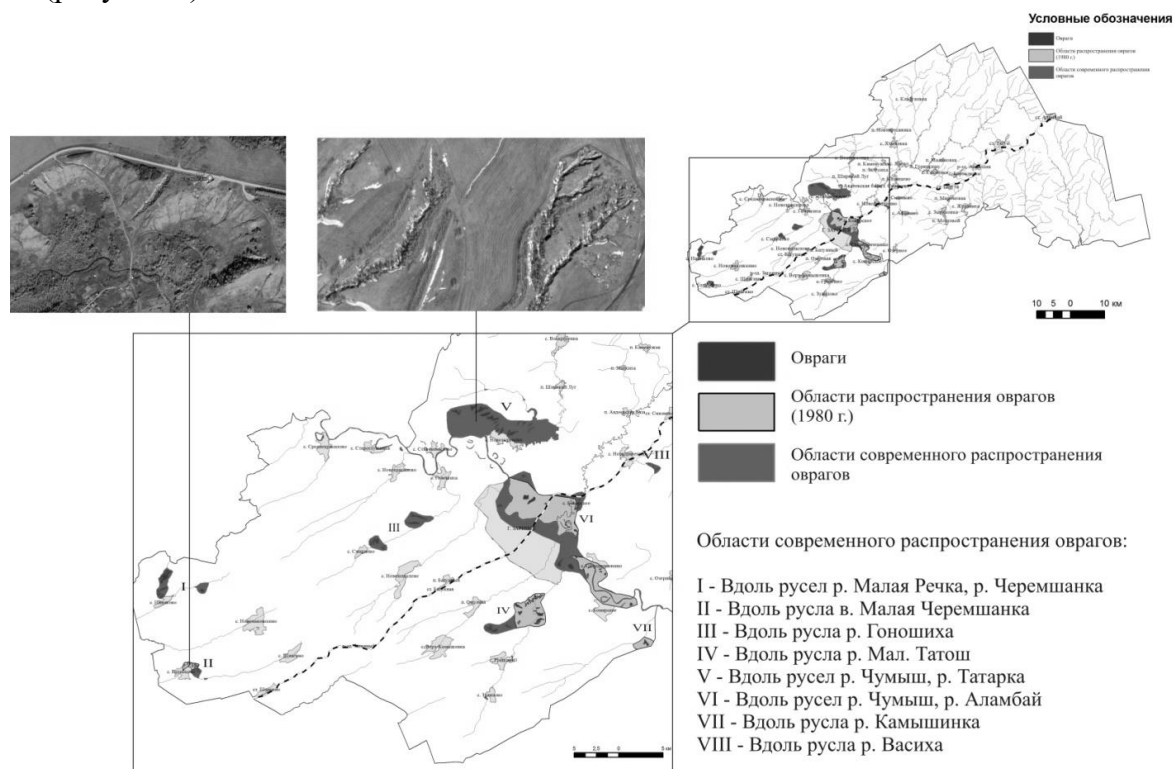
3) значительное количество осадков. В год в Заринском районе выпадает до 450 мм осадков, зимой образуется снежный покров высотой до 1 м, что способствует активному формированию временных водотоков;

4) в районе существует достаточно густая речная сеть, представленная р. Чумыш и ее притоками.

Воздействие данных факторов обуславливает существование и развитие на территории овражной сети. Для ее картографирования и оценки динамики были использованы следующие источники информации:

- Атлас Алтайского края (1980 г.) [1];
- Открытые крупномасштабные топографические карты Роскартографии масштаба 1:50000;
- Разносезонные (весенние и осенние) космические снимки высокого разрешения 2016-2019 гг., полученные с помощью программного обеспечения SAS.Планета.

Области, подверженные овражной эрозии в Заринском районе расположены вдоль русел рек и вблизи населенных пунктов. Наиболее крупные овраги представлены на карте-схеме (рисунок 1).



**Рис. 1.** Динамика овражной сети на территории Заринского района за период 1980-2020 гг.

В результате картографирования было выявлено 8 областей, наиболее подверженных развитию овражной эрозии. Сравнив полученные уточненные данные о расположении оврагов на территории района с данными Алтаса Алтайского края, было выявлено, что с 1980 года по настоящее время площадь оврагов в районе выросла почти в 2,5 раза, а также значительно увеличилась густота овражной сети (таблица 1).

Таблица 1

**Динамика площади и густоты овражной сети в Заринском районе за период 1980-2020 гг.**

№	Расположение	Густота овражной сети (км / 10км <sup>2</sup> )	Густота овражной сети, 1980 г. (км / 10км <sup>2</sup> ) [1]	Увеличение площади за период 1980-2020 гг., км <sup>2</sup>
I	Вдоль русел р.Малая Речка, р. Черемшанка	5,51	0	4,61
II	Вдоль русла р. Малая Черемшанка	12,53	<1	0,9
III	Вдоль русла р. Гоношиха	7,48	0	5,88
IV	Вдоль русла р. Мал. Татош	4,76	от 3 до 5	3,85
V	Вдоль русел р. Чумыш, р. Татарка	1,99	0	33,62
VI	Вдоль русел р. Чумыш, р. Аламбай	0,61	<1	28,67
VII	Вдоль русла р. Камышинка	2,41	<1	0
VIII	Вдоль русла р. Васиха	6,07	0	0,84

Как видно из таблицы, практически во всех идентифицированных областях развития овражной эрозии на территории района в той или иной степени произошел рост площади оврагов. При этом, за последние 40 лет появились новые области развития оврагов (№ I, III, V, VIII). Всего площадь оврагов за 40 лет увеличилась на 78,37 км<sup>2</sup> (в 2,4 раза).

Такое значительное развитие овражной сети в Заринском районе за последние 40 лет привело к снижению потенциала растениеводства на территории, что нуждается в соответствующей оценке. Оценка экосистемных «антиуслуг», вызванных развитием овражной сети, была проведена с использованием данных о структуре землепользования, исходя из утверждения о том, что при отсутствии оврагов на этой территории можно было бы вести хозяйственную деятельность.

Представление о структуре землепользования района было сформировано с учетом данных, предоставленных ООО «Алтайгипрозем», которые были уточнены путем картографирования автором сельскохозяйственных угодий в 2019 году по данным спутниковых снимков LANDSAT 8.

По результатам проведенных исследований было выявлено, что рост овражной сети в районе за последние 40 лет привел к необходимости отчуждения следующих площадей сельскохозяйственных угодий (таблица 2).



**Площади земельных угодий, отчужденных по причине развития овражной сети  
в Заринском районе за период с 1980 по 2020 гг.**

Виды земельных угодий	Площадь отчужденных земельных угодий, км <sup>2</sup>	Доля от общей площади роста овражной сети, %
Пашня	25,23	32,17
Залежь	5,49	7,00
Пастбища	14,31	18,25
Сенокосы	10,02	12,78
Другие	23,37	29,80

Таким образом, около 70% всех земель, на которых в последние 40 лет наблюдалось развитие овражной сети, относятся к сельскохозяйственным угодьям – пахотным, пастбищным и сенокосным. На данный момент это приводит к экономическим потерям, так как, в случае, если бы необходимые агротехнические и лесотехнические мероприятия были проведены вовремя и в полном объеме, на данной территории можно было бы вести сельскохозяйственную деятельность.

Наиболее от развития оврагов на территории района пострадали пахотные угодья на достаточно большой площади (более 25 км<sup>2</sup>), что значительно влияет на ухудшение плодородия почв, таким образом, понижая потенциал обеспечивающих экосистемных услуг почв района. При этом, на 5,49 км<sup>2</sup> таких угодий, где наблюдается рост оврагов, в течение нескольких последних лет не выращиваются сельскохозяйственные культуры, что переводит данные земли в категорию залежных.

Для того, чтобы предотвратить дальнейшее развитие оврагов на территории района, предлагается:

1) проводить агротехнические мероприятия: применять водоотводы, заравнивание промоин и др. Такие мероприятия проектируются в зависимости от конкретной ситуации;

2) при образовании промоин и вершинных обрывов создавать на склонах приовражные и водопоглащающие лесополосы силами хозяйствующих субъектов. Следует отметить, что такие лесополосы, помимо своего основного назначения, оказывают и другие регулирующие и средообразующие экосистемные услуги – обеспечивают местообитания животных и птиц, а также участвуют в регулировании климата посредством депонирования углекислого газа из атмосферы.

3) В случае, овраги вплотную прилегают к пахотным угодьям – рекомендуется временно прекращать распашку территории вблизи оврагов. Это связано с тем, что залежные земли в лесостепной зоне достаточно быстро зарастают древесной растительностью, что позволит предотвратить дальнейший рост оврагов.

Таким образом, овраги в значительной степени снижают потенциал обеспечивающих экосистемных услуг на территории района, что выражается в отчуждении площадей сельскохозяйственных угодий по причине развития овражной сети. Применение данных мер позволит значительно замедлить, а зачастую – и полностью остановить рост оврагов на территории, сохраняя потенциал ее экосистемных услуг.

## Список литературы

1. Алтайский край: атлас. Т. 2. – М. – Барнаул, 1980. – 236 с.
2. Эрдниев О. В. Эколого-экономические проблемы овражной эрозии в географических условиях Калмыкии // Вестник Калмыцкого Института социально-экономических и правовых исследований. – 2006. – Том 1. – № 1. – С. 99-104.
3. Bolliger, J., Kienast, F., Landscape Functions in a Changing Environment. // Landscape Online. – 2010. – I.21. – P.1-5.
4. Zhang W., Ricketts T.H., Kremen C., Carney K., Swinton S.M. Ecosystem services and disservices to agriculture // Ecological Economics. – 2007. – V. 64. – I. 2. – P. 253-260.

**АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ  
ДЕЛЬТЫ РЕКИ ДОН К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ**

<sup>1</sup>Невидомская Д. Г., <sup>1</sup>Минкина Т. М., <sup>1</sup>Федоров Ю. А., <sup>1,2</sup>Федоренко Г. М.,

<sup>2</sup>Польшина Т. Н., <sup>1,2</sup>Федоренко А. Г., <sup>1</sup>Чаплыгин В. А., <sup>1</sup>Хассан Т. М.

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр Южный научный центр

Российской академии наук

Ростов-на-Дону

e-mail: dnevidomskaya@mail.ru

**ADAPTIVE POTENTIAL OF HIGHER AQUATIC VEGETATION IN THE  
DON RIVER DELTA TO EXPOSURE TO POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS**

<sup>1</sup>Nevidomskaya D.G., <sup>1</sup>Minkina T.M., <sup>1</sup>Fedorov Yu.A., <sup>1,2</sup>Fedorenko G.M.,

<sup>2</sup>Pol'shina T.N., <sup>1,2</sup>Fedorenko A.G., <sup>1</sup>Chaplygin V.A., <sup>1</sup>Hassan T.M.

<sup>1</sup>Southern Federal University,

<sup>2</sup>Federal Research Center the Southern Scientific Center of the

Russian Academy of Sciences

Rostov-on-Don

e-mail: dnevidomskaya@mail.ru

**Аннотация.** Исследованы природные и антропогенные факторы экосистемы дельты реки Дон, определяющие адаптивный потенциал растений к воздействию токсичных элементов на примере рогоза Лаксмана (*Typha laxmannii* Lepech.). Установлены превышения валового содержания элементов в почвах для: Zn, Cr, Pb и Cu. При обследовании сообществ *Typha laxmannii* Lepech. обнаружены морфометрические изменения в виде аномалии пролиферация. Выявлены адаптационные структурно-анатомические изменения в клетках тканей корней и листьев.

**Ключевые слова:** растения-макрофиты, потенциально токсичные элементы, загрязнение.

**Abstract.** The present study investigates the natural and anthropogenic factors of the ecosystem in the Don River Delta, which determine the adaptive potential of macrophyte plants (*Typha laxmannii* Lepech) to the effects of elements. The excesses of total elements content in soils concentrations have been established for Zn, Cr, Pb, Cu. When examining the communities of *Typha laxmannii* Lepech. proliferation anomaly has been detected. Adaptive structural and anatomical changes in the cells of the tissues of roots and leaves was revealed.

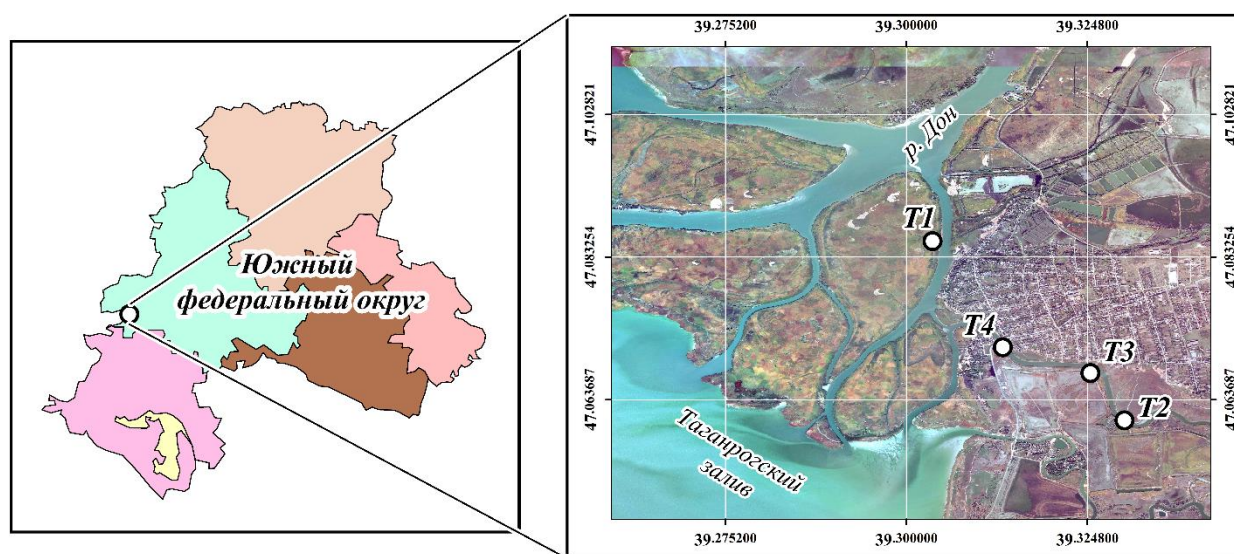
**Keywords:** macrophyte plants, potentially toxic elements, pollution.

Растения-макрофиты являются неотъемлемой частью аквальных экосистем и вносят большой вклад в энергетические потоки и массоперенос химических элементов на границе вода-суша [7, 8]. Дельта Дона, крупнейшей реки бассейна Азовского моря, подвержена техногенному воздействию со стороны городов Ростов-на-Дону, Таганрог, Азов. Именно здесь происходит перенос, миграция и аккумуляция биогенных элементов, в частности потенци-

ально токсичных элементов (ПТЭ). Несомненно, это сказывается на экологической пластичности природной гидрофильной флоры. Один из адаптационных механизмов растений-макрофитов предполагает перестройку и изменение структуры тканей и клеточных компонентов, в связи с чем состояние клеточной системы может служить надежным показателем для диагностики техногенной нагрузки [5].

Целью настоящей работы было исследование адаптивного потенциала прибрежно-водного растения-макрофита – рогоза Лаксмана (*Typha Laxmannii* Lerech) в условиях антропогенно-трансформированной экосистемы дельты реки Дон при загрязнении токсичными элементами.

Исследовалась территория морского края дельты реки Дон. Для целей данной работы было выбрано 4 площадки мониторинга. Площадки Т2-Т4 находятся под влиянием антропогенной нагрузки. Почва площадки мониторинга Т1 является фоновой, так как удалена от источника локального загрязнения (рис. 1).



**Рис. 1.** Местоположение площадок мониторинга морского края дельты реки Дон

В результате маршрутно-полевых исследований, которые проводили на территории дельты реки Дон в 2019-2020 гг. по берегам малых рек и гирл были выявлены рогозовые сообщества с доминированием *Typha Laxmannii* Lerech. Почвенный покров представлен гидроморфными аллювиально-луговыми насыщенными почвами [4]. На выбранных площадках мониторинга были отобраны пробы почв и растений.

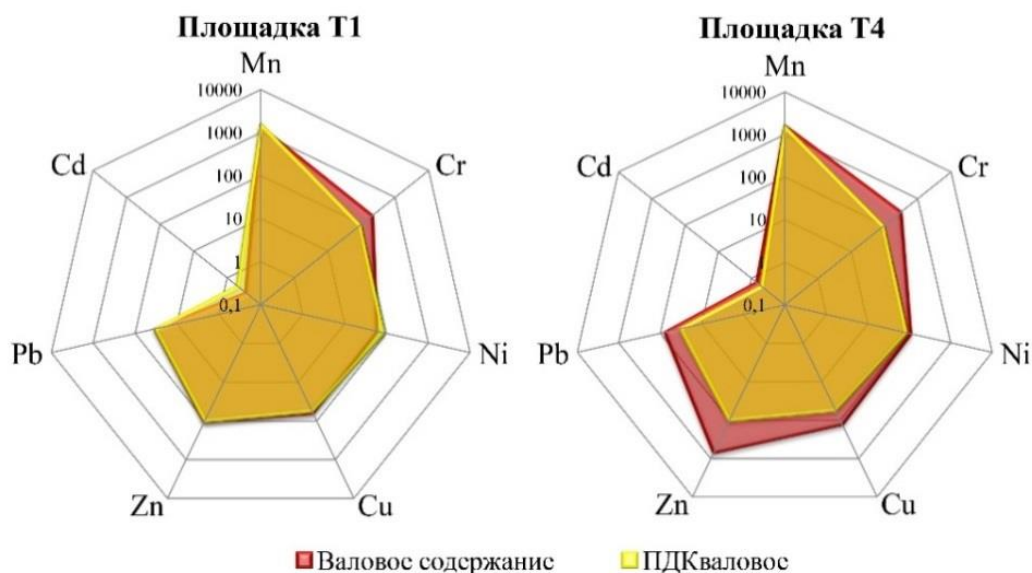
Валовое содержание Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd в почвах определяли рентген-флюоресцентным методом на спектрокане МАКС-GV. Оценку уровня загрязнения почв ПТЭ проводили на основе сопоставления с регламентируемыми РФ предельно допустимыми концентрациями (ПДК) [2].

Стандартные укусы для определения морфобиометрических измерений растений рогозов (*Typha laxmannii* Lerech) проводили в естественных местообитаниях в прибрежных экотопах. Объединенная проба растений состояла из 8-10 точечных проб. После отбора растения очищались, высушивались до воздушно-сухого состояния и измельчались. Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-97 [3]. Проведено сопоставление содержания элементов в исследуемой растительности с максимально-допустимыми уровнями (МДУ) элементов [1].

Подготовку препаратов для микроскопии осуществляли по оригинальной методике, разработанной для препарирования и двойной фиксации растительной ткани [6]. Статистическая обработка данных производилась с использованием пакета STATISTICA 10.0.

На площадках мониторинга Т2-Т4 установлены превышения ПТЭ по Zn (до 4 ПДК), Cr (до 3 ПДК), Pb (до 3 ПДК), Cu (более 2 ПДК), наибольшим уровнем загрязнения характеризуется площадка Т4, которая приурочена к импактной зоне автодорожного моста. Фоновая площадка Т1 отличается только превышениями Cr (2 ПДК) относительно установленных уровней ПДК (рис. 2).

В наибольшей степени растения рогозов подвергаются загрязнению на площадке Т4 – Zn, Cr, Ni, Cd, Pb. Зафиксировано превышение МДУ при анализе растений *Typha Laxmannii* Лереш по Cr в 5 раз (до 4,9 мг/кг при МДУ – 0,5 мг/кг), по Zn в 4 раза (более 223,1 мг/кг при МДУ – 50,0 мг/кг), по Ni в 3 раза (до 10,6 мг/кг при МДУ – 3,0 мг/кг) до 2 раз по Cd (до 0,8 мг/кг при МДУ – 0,3 мг/кг) и Pb (до 14,0 мг/кг при МДУ – 5,0 мг/кг). Отмечалась преимущественная биоаккумуляция содержания ПТЭ в корнях относительно надземной части вегетативных и репродуктивных органов рогозов.



**Рис. 2.** Валовое содержание Mn, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd и Ni в аллювиально-луговых почвах на площадках мониторинга дельты реки Дон (слой 0-20 см), мг/кг по сравнению с ПДК

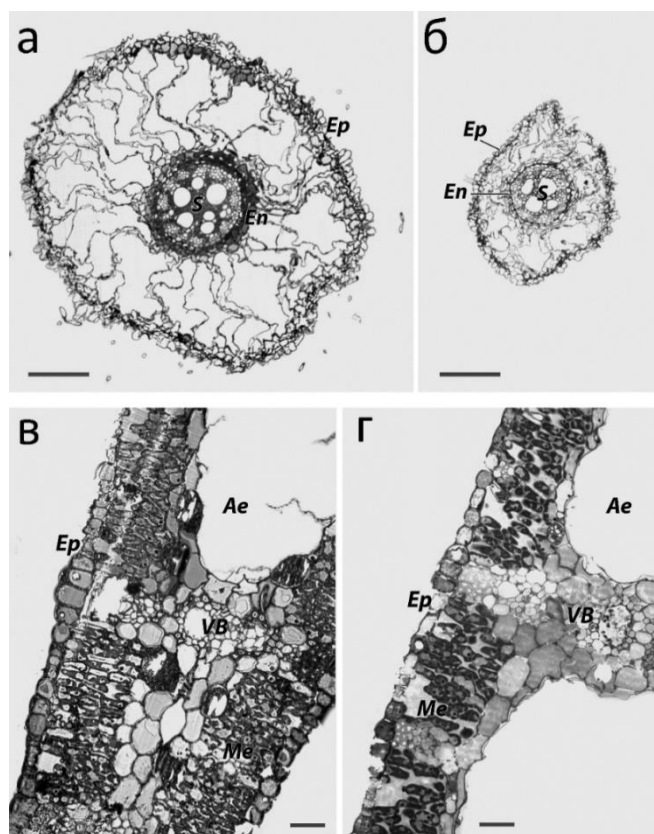
В местообитании под автодорожным мостом с высокой антропогенной нагрузкой (площадка Т4) растения *Typha laxmannii* Лереш визуально отличались от растений с фоновой площадки Т1 (рис. 3а, 3б). Отличительные особенности отмечены в высоте репродуктивного побега, а также в размере и целостности пестичного початка. Так же по мостом обнаружены растения с аномалией пролификацией – удвоение пестичных початков (рис. 3б).

В растениях, выросших на загрязнённой почве диаметр корня оказался значительно меньше по сравнению с образцами фоновой площадки. Отмечено нарушение упорядоченного расположения клеток экзодермы (рис. 4б). Снизилась оптическая плотность структур центрального цилиндра. Воздействие токсичности ПТЭ на растения, выросшие на загрязненной почве, вызвало нарушение упорядоченного расположения клеток эпидермиса и сокращение числа клеток мезофилла (рис. 4б) в листьях. Они контактируют друг с другом относительно небольшими участками клеточных стенок, при этом отмечено значительное отслоение цитоплазмы с находящимися в ней органеллами от клеточной стенки (рис. 4г).



**Рис. 3.** а – общий вид популяции *Typha laxmannii* Lереш фоновой площадки мониторинга с нормальным пестичным початком; б – общий вид популяции *Typha laxmannii* Lереш загрязненной площадки с аномальной структурой початка по типу пролификации

Цитоплазма в значительной степени вакуолизирована и центральная вакуоль слабо выражена. В пластидах на отдельных участках отмечено уменьшение электронной плотности и вакуолизация матрикса.



**Рис. 4.** Светооптические наблюдения органов *Typha laxmannii* Lереш: а – корень, в – лист (фоновая площадка Т1); б – корень, г – лист (загрязненная площадка Т4); Ep – клетки эпидермиса; En – клетки эндодермы; S – центральный цилиндр (стела); Ae – воздушные полости; Me – клетки мезофилла; VB – сосудистый пучок. Масштаб – 100 мк.

Форма большинства клеток хлоренхимы растений с фоновой площадки преимущественно эллипсоидная и частично округлая (рис. 4в). Клетки хлоренхимы листьев растений, выросших на загрязнённой почве, разделены между собой довольно большим по своим размерам межклеточным пространством.

Таким образом, установлены превышения валового содержания ТМ в гидроморфных аллювиально-луговых почвах экосистемы дельты реки Дон над регламентируемыми ПДК для: Zn (до 4 ПДК), Cr (до 3 ПДК), Pb (до 3 ПДК), Cu (более 2 ПДК), что приурочено к локальным зонам загрязнения. Высокий уровень содержания Cr в почвах обусловлен природным литогенным фактором, и, следовательно, имеет естественный источник поступления. Защитные функции макрофитов по отношению к металлам проявляются в преимущественном их накоплении в корнях растений. Активная аккумуляция элементов в тканях рогозов выше регламентируемых концентраций может указывать на их фиторемедиационную функцию в отношении ПТЭ. Обследования сообществ *Typha laxmannii* Lереш. в популяции дельты реки Дон в локальной импактной зоне выявила аномалию пролиферация. Светооптические исследования макрофитов на примере популяций рогоза Лаксмана выявили изменения в клетках тканей корней и листьев. Предполагается, что выявленные структурные изменения способствуют замедлению онтогенетического развития растений и уменьшению их морфометрических параметров в условиях антропогенного загрязнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 19-05-50097.

#### Список литературы

1. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках 123-4/281-8-87 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Главное управление ветеринарии. М., 1987.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 года. Г. Г. Онищенко.
3. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 68 с.
4. Минкина Т. М., Федоров Ю. А., Невидомская Д. Г., Польшина Т. Н., Манджиева С. С., Чаплыгин В. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях устья реки Дон и побережья Таганрогского залива // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1074–1089.
5. Bonanno G., Borg J.A., Di Martino V. Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: A comparative assessment // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 576. P. 796–806.
6. Fedorenko G.M., Fedorenko A.G., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N. Method for hydrophytic plant sample preparation for light and electron microscopy (studies on *Phragmites australis* Cav.) // Methods X. 2018. Vol. 5. P. 1213–1220.
7. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G, Pol'shina T.N, Fedorov Yu.A, Mandzhieva S.S, Chaplygin V.A., Bauer T. B., Burachevskaya M. A. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // Journal of Soils and Sediments. 2017. Vol. 17. P. 1474-1491.
8. Rai P.K. Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosy stems with Special Reference to Macrophytes // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2009. Vol. 39. No.9. P. 697–753.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА КАК КОМПОНЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Овсебян А. Э.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт наук о Земле, южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
ovsepleat@yandex.ru

## RESEARCH WORK AS a COMPONENT OF THE IMPLEMENTATION OF STUDENTS PROJECT ACTIVITIES

Ovsepyan A.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University

**Аннотация.** Основываясь на 15-летнем опыте преподавательской деятельности, данных по мониторингу трудоустройства выпускников, а также на данных опросов студентов, проводится анализ роли научно-исследовательской деятельности в профессиональном становлении обучающихся, выявляются наиболее эффективные формы их привлечения к научно-исследовательским работам.

**Ключевые слова:** научно-исследовательская деятельность студентов, образовательный эффект, профессиональное становление.

**Abstract.** Based on 15 years of teaching experience, data on monitoring the employment of graduates, as well as data from student surveys, the role of research activities in the professional development of students analyzed, and the most effective forms of their involvement in research identified.

**Keywords:** research activities of students, educational effect, professional development

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» предписывает, что развитие федеральных университетов предусматривает интеграцию образовательной и научно-исследовательской деятельности, целью которой является кадровое обеспечение научных исследований, повышение качества подготовки обучающихся по образовательным программам высшего образования, привлечение обучающихся к проведению научных исследований под руководством научных работников, использование новых знаний и достижений науки и техники в образовательной деятельности [1]. Изучению роли научно-исследовательских работ (НИР) уделяется значительное внимание. В частности, авторами отмечается важность участия студентов в НИР при подготовке будущих учителей в педагогических вузах [2], рост положительной личностной мотивации и заинтересованности в профессиональном саморазвитии [3]. Анализируются также различные формы привлечения к НИР: авторами отмечается повышение конкурентоспособности на рынке труда и осознание актуальности своей профессии студентами-медиками, участвовавшими в деятельности научных кружков [4]; другие авторы, анализируя реализацию комплексной многоступенчатой НИРС, заканчиваемой публикациями каждой завершенной части в журналах, в сборниках, в Интернете, говорят о возрастании внутренней мотивации в обучении, скорости и степени усвоения материалов, необходимых в работе [5].

В работе [6] автором проанализирован опыт привлечения студентов к НИР на примере отдельно взятой научной темы, когда студенты принимали участие в следующих



формах: – непосредственное привлечение к проведению экспедиционных исследований, обработке и обобщению полученных результатов; – включение студентов в научный коллектив для выполнения работ по Грантам Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук; – участие студентов в обработке и анализе полученных результатов; – привлечение к подготовке и написанию статей в рецензируемые журналы и др. издания с включением их в соавторы; – научные стажировки и участие в программах академического обмена; – участие с докладами в конференциях различного уровня. Были получены следующие результаты: – повышение интереса учащихся к научно-исследовательской деятельности (речь не только о непосредственных участниках, но и о студенческих группах в целом); – в 90% случаев (при отсутствии семейных, целевых либо др. обязательств) среди участников научно-исследовательских работ возникало желание продолжить обучение на следующем уровне образования, которое они реализовывали; – участие в научно-исследовательской работе кафедры повышало шансы поступления в аспирантуру и дальнейшее закрепление наиболее талантливых выпускников в вузе; – выпускники демонстрировали более тесную связь с вузом и кафедрой, научным и профессиональным сообществом; – процент трудоустройства по полученной специальности/направлению среди выпускников, получивших опыт НИР на кафедре, составил 95, причем они демонстрировали более стремительное продвижение по карьерной лестнице по сравнению с другими выпускниками.

В настоящей работе более подробно коснемся опыта реализации дисциплины «Проектная деятельность», в рамках которой студенты осуществляли элементы НИР. Являясь руководителем образовательной программы бакалавриата по направлению 05.03.02 «География», автор курировала проектную деятельность студентов. На первом занятии проводился опрос и собеседование со студентами о мотивации к поступлению на данное направление, об ожидаемых ими результатах и планах на будущее трудоустройство/обучение на следующих ступенях высшего образования, а также об отношении к участию в НИР кафедры. Далее обозначались цели и задачи проектной деятельности, представлялись примеры уже реализованных проектов, студентам была дана информация о видах проектов, формах их реализации и открывающихся возможностях и предоставлена полная свобода выбора тематики проекта. Следующие несколько занятий были посвящены обсуждению выбранных тем, когда каждый студент озвучивал тему своего будущего проекта, обосновывал её актуальность и каким образом планирует реализовывать исследование. Остальной группе предлагалось задавать любые интересующие вопросы по теме, таким образом реализовывался своеобразный мозговой штурм. Следующим этапом была самостоятельная работа студентов над проектом. На занятиях обсуждался ход работ, озвучивались возникающие сложности, и находились пути их решения. По мере готовности работы озвучивались в виде докладов. По окончании первого семестра студенты подготовили и оформили работы, в которых нужно было отразить: тему проекта; обоснование актуальности; цели, задачи; проблемы, которые будут решены после реализации проекта; методы, которые планируется применять; планируемые к получению результаты; сложности/ограничения, которые могут возникнуть при реализации. На последнем зачетном занятии обучающимся было предложено ознакомиться с проектами одногруппников и провести перекрестную оценку работ. Авторы набравших максимальные баллы работ в дальнейшем получили возможность представить их на студенческой конференции, проводимой в рамках Недели академической мобильности в Институте наук о Земле. В итоге на конференции 2019 г. участвовало 3 студента 1 курса, вышедших со своими проектами: Тельнова Юлия Алексеевна с проектом «Беспризорные животные как одна из проблем го-

родской среды. Географический аспект»; Арбис Дмитрий Михайлович с проектом «Реверсивное движение как метод устранения пробок в г. Ростове-на-Дону»; Величкина Марина Михайловна с проектом «Актуальность и особенности разработки алгоритма электронного приложения для изучения физической географии России». Всего в конференции участвовало 22 студента, в том числе бакалавры старших курсов, магистранты. В результате на основании открытого голосования члены жюри решили присудить призовое место (3-е) Величкиной М. М., также студентка получила возможность опубликовать статью в сборнике конференции [7]. Осенью 2019 г. на базе подопечной группы географов-бакалавров создано студенческое научное общество (СНО) «Комфортная окружающая среда» (руководитель Величкина М. М., научный руководитель Овсепян А. Э.). Студенты-участники СНО выступили с докладами на всероссийской научно-практической конференции с международным участием Прогород-2019 (31 октября-2 ноября 2019 г., г. Ростов-на-Дону), где также представили итоги исследований после первого года работы. На втором курсе одной из задач проектной деятельности являлась конкретизация результатов относительно прикладного аспекта. Наиболее активным и успевающим студентам было предложено осуществить самостоятельные исследования при непосредственном руководстве и участии преподавателя. Здесь упомянем о специфике набора 2018 гг (и некоторых последующих) – когда вследствие улучшения позиций ЮФУ в рейтингах передовых университетов мира (по данным таких агентств, как «Academic Ranking of World Universities», «QS World University Rankings» и «The Times Higher Education World University Rankings»), руководство государства Туркменистан внесло ЮФУ в число нескольких российских вузов, дипломы о высшем образовании которых признаются в Туркменистане. В результате возросшего интереса абитуриентов из Туркменистана, треть группы бакалавров-географов 2018 года набора составили иностранные студенты из этой страны. Для направления «География» такая массовость проявилась впервые. До этого года число иностранных студентов в группах варьировалось в пределах 1-3 человека, и такой фактор, как языковой барьер, – не был критичным ни для преподавателя, ни для группы студентов. Как показывает опыт – для студентов-иностранцев, не обучавшихся на русском языке ранее, а изучавших его в качестве иностранного – проблема языкового барьера остается в большинстве случаев даже после обучения на подготовительном факультете. В данной работе затронем лишь вопросы, касающиеся реализации проектной деятельности с учетом специфики группы. После первого года обучения возникло понимание, что для части группы иностранных студентов для достижения ими результатов, аналогичных остальной части группы – необходимо ставить более конкретные задачи, а также усилить контроль за выполнением самостоятельной работы и количество контактных часов. На втором году обучения студентам было предложено разработать небольшой цикл лекций по географии Туркменистана, и составить методическую разработку для закрепления пройденного материала в виде игры «географическое лото». Они были разделены на несколько бригад, у каждой из которых была своя задача: подбор теоретического и методического материала, разработка лекций, подбор графического материала, формулировка вопросов, оформление карточек с вопросами и ответами, апробация игровой разработки на студентах/школьниках. В итоге к окончанию второго курса студентам удалось разработать, апробировать и представить на конференции Неделя науки 2020 г. свою игру «географическое лото» на тему: Природа Туркменистана. Всего в 2020 г. на конференции было представлено 6 докладов студентов-бакалавров 2-го курса, подготовленных по итогам реализации ими проектной деятельности (это треть от общего числа представленных докладов). Среди тем фигурировали такие: Древесная растительность г. Ро-

стова-на-Дону: оценка состояния парковых зон (Карпова Я. В.); Путешествие на Урал. Разработка авто маршрута Ростов-на-Дону-Челябинск (Мельникова Д. Е.); Пластиковое загрязнение пляжей на примере р. Дон (Меняйленко А. А.); Опыт разработки географического лото на тему: «Природа Туркмении» и оценка перспектив её использования в учебном процессе (Таганов Т., Эрешова А.) и др. Отметим, что студентке Меняйленко А. удалось занять 2-место, в то время как остальные призовые места распределились между представителями 4-го курса. В настоящее время группа обучается на третьем курсе и одной из важных задач для дальнейшего развития проектов (либо разработки новых) является выбор студентами наставников (научных руководителей) – это безусловно поможет персонализировать, углубить и развить проекты студентов наилучшим образом, придать им новый импульс. Также многими авторами отмечается положительная роль привлечения к реализации дисциплины «Проектная деятельность» работодателей [8]. Несомненно, считаем, что подобная практика полезна для студентов, способствует повышению соответствия профессионально-квалификационных характеристик выпускника современным требованиям рынка труда, и отчасти реализуется при прохождении производственной и преддипломной практик.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "Об образовании в Российской Федерации" [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/)(дата обращения: 03.09.2020).
2. Горчакова А. Ю. К вопросу о значении научно-исследовательской деятельности в педагогическом вузе в подготовке будущих учителей // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27775> (дата обращения: 01.09.2020).
3. Коурова С. И., Шарыпова Н. В., Павлова Н. В. Система научно-исследовательской деятельности студентов по биологии, географии и химии с учетом инновационных тенденций в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. URL: <http://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=28308> (дата обращения: 31.08.2020)
4. Слепцова С. С., Гуляева Н. А., Петрова Л. И., Дьячковская П. С., Семенова В. К. Роль студенческих научных кружков в профессиональном становлении выпускников-медиков // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 3. С. 32-39.
5. Глущенко А. Г., Глущенко Е. П., Жуков С. В. Повышение мотивации профессионального образования через студенческую научно-исследовательскую работу // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. С. 100-108.
6. Овсепян А. Э. Научно-исследовательская работа студентов и её роль в профессиональном становлении выпускников на примере отдельно взятой научной темы // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. С. 44-52.
7. Величкина М. М. Актуальность и особенности разработки алгоритма электронного приложения для изучения физической географии России // Неделя науки 2019. Сборник тезисов: в 2 ч.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. Часть 1, С. 78-81
8. Кудинова О. С., Скульмовская Л. Г. Проектная деятельность в вузе как основа инноваций // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27928> (дата обращения: 17.10.2020).

**ДИССИПАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ И ГЕОСФЕРНЫХ РЕСУРСОВ В  
ГЛЯЦИАЛЬНО-НИВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО  
ПРИЭЛЬБРУСЬЯ**

Онищенко В. В.<sup>1</sup>, Липилин Д. А.<sup>2</sup>, Тохчуков Ш. Ю.<sup>1</sup>  
Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева  
Карачаевск

E-mail: ovv333@mail.ru

<sup>2</sup>Кубанский государственный университет  
Краснодар

**DISSIPATION OF THERMAL AND GEOSPHERIC RESOURCES IN THE GLACIAL-  
NIVAL LANDSCAPES OF THE NORTHWESTERN ELBRUS**

Onishchenko V.V.<sup>1</sup>, Lipilin D.A.<sup>2</sup>, Tokhchukov Sh.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karachay-Cherkess State University named after U.D. Alieva  
Karachayevsk

<sup>2</sup>Kuban State University  
Karachayevsk

**Аннотация.** В гляциально-нивальном секторе высотно-поясной дифференциации Северо-Западного Приэльбрусья, который представляет собой особые сопряженные ландшафтно-генетические системы (ПТК низшего ранга), прослеживаются последовательные этапы ландшафтообразования, в условиях современного климата и рельефа. Это направление ландшафтной экологии, которое исследует «опорные механизмы» формирования, развития и распада ландшафтно-экологических связей в высокогорьях, их орогенических смен имеет прямое отношение к перспективному направлению современной географии – проблеме экотона. Современный, регрессивный этап развития гляциально-нивальных ландшафтов характеризуется направленной динамикой компонентов геосистем (метеоэлементов климата, ледников, озер, тепловых полей и радиационного режима), которая отражает качественные изменения в климатогенном тренде и формирует необратимые изменения в высокогорных ландшафтах.

**Ключевые слова:** высокогорья КЧР, гляциально-нивальная система, экотон, климат, рельеф, тепловые поля, радиация, динамика, дифференциация ландшафтов

**Abstract.** In the glacial-nival sector of the altitudinal-belt differentiation of the North-West Elbrus, which is a special conjugate landscape-genetic systems (NTC of the lowest rank), successive stages of landscape formation are traced under the conditions of the modern climate and relief. This direction of landscape ecology, which investigates the "support mechanisms" of the formation, development and decay of landscape-ecological relations in the highlands, their orogenic changes is directly related to the promising direction of modern geography – the problem of ecotone. The modern, regressive stage in the development of glacial landscapes is characterized by directional dynamics of the components of geosystems (meteorological elements of climate, glaciers, lakes, thermal fields and radiation regime), which reflects qualitative changes in the climatogenic trend and forms irreversible changes in alpine landscapes.

**Keywords:** highlands of the KCR, glacial-nival system, ecotone, climate, relief, thermal fields, radiation, dynamics, differentiation of landscapes

Понятие экотон [1, 9] определено, как переходное пространство между внеледниковой и ледниковой (гляциальной) областями гор. Между ландшафтами верхнего среднегорья и ледникового высокогорья, каркас экотона составляют ступенчато расположенные кары из фаций и урочищ образующие высотно-экологические местности, в совокупности формирующие ландшафтный пояс. В этом пространстве проявляется повышенный динамизм факторов природной среды и активность экзогенных и экологических процессов, которые возрастают вверх гляциально-нивального пояса. Что позволяет выделять внутри экотона ранговые ландшафты, в которых природные процессы проявляют наибольший и наименьший динамизм.

По определению многих исследователей [1, 9], проблемы ландшафтной дифференциации горных экотонов разработаны слабо и пока не находят должного практического применения.

Чтобы выявить малозаметные, но накапливающиеся изменения ландшафтов необходимо усовершенствование методологических подходов и в первую очередь методов комплексного мониторинга, основанного на принципах ландшафтно-экологического (экотонного) подхода. Для этого осуществлялся сбор и анализ эмпирических данных: 1) проведение на основе экспедиционных исследований геодезических, навигационных, гидрохимических и других измерений с профильным описанием отдельных компонентов ландшафтов; 2) составление ландшафтно-топографических картосхем, отражающих пространственно-временную организацию ландшафтов; 3) комплексное описание структуры ландшафтов (морфологической, вертикальной, хронологической) по ландшафтно-геофизической методике; 4) гидротермических показателей по шести метеостанциям; 5) серии космоснимков, выполненных с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS и фотоснимков с постоянных точек фотографирования.

В пространственно-временном развитии гляциально-нивальных ландшафтов выделяются трансгрессивные и регрессивные этапы, обусловленные колебаниями климата [8]. Регрессивное развитие геосистем северного склона Западного Кавказа характерно для современного этапа, который характеризуется потеплением климата, в высокогорной климатической зоне. С 1972-2016 гг. увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 2,1 °С, наибольшее повышение температуры воздуха отмечалось зимой и осенью. Атмосферных осадков за этот же период выпадало на 20 мм больше, в основном в весенний период. Изменение метеоэлементов, вызванное потеплением климата, нашло свое отражение в динамике гляциально-ниваальной зоны региона за последние годы.

Изменение морфоструктуры и режима динамики гляциально-ниваальных геосистем рассматривался нами, в том числе на основе сценариев изменений климата, в частности изменения средней для гляциальных районов границы питания ледников – фирновой линии (С. В. Панова и др.). Дешифрирование космоснимков с применением методики расчетов палеоклиматического сценария, показало повышения высоты снеговой и фирновой линии в 2015 г. соответственно до отметок 3195 и 3549 м над уровнем моря.

Превышение фирновой линии в 2000 г составило 40 м, в 2015 г – 65 м по отношению к отметке 1976 г. В настоящее время этот процесс продолжается

Снеговая линия [6] является уровнем баланса (прихода-расхода) снега за пределами гляциальных зон, а фирновая – на гляциальной составляющей. Средняя скорость отступления языков ледников ГНК в регионе изменялась. В 2015 г. она увеличилась до 9,5 метров в год [3, 5]. Такая динамика гляциального компонента продолжается и приводит к смене интенсивности гляциально-ниваального ландшафтообразования.

Анализ баз данных гидрометеорологических показателей по многолетним наблюдениям указывают на потепление климата, в том числе и в области ГНП. Значения абсолютных максимумов среднегодовой температуры воздуха на метеостанции "Клухорский перевал" за 45-летний период увеличились на 1,5 °С, а абсолютных минимумов соответственно на 0,5 °С. В высокогорной зоне за эти же сроки температура воздуха увеличилась на 2,1 °С.

Годовое количество осадков возрастает до высот 2700– 2900 м. Последующее их уменьшение с высотой определяется тем, что уровень конденсации находится ниже 3000 м и, следовательно, осадки здесь выпадают лишь при помощи вертикальной конвекции М. Б. Дюргеров(1984). На высотах 2500 – 2700м в пределах Главного Кавказского хребта выпадает 2130 мм осадков, на Боковом – 1850 и Передовом – 1600 мм. В высокогорной зоне (на высотах более 2300 м) твердые осадки выпадают практически во все месяцы года, составляя на высотах 3000 – 68 % и 4000 м – 100 % [6].

Толщина снежного покрова за сезон увеличивается до отметок около 2700 м., в среднем на 34 см. Дальнейшее повышение абсолютной высоты или не отражается на накоплении снежной массы, или имеет тенденцию к ее снижению. Видимо это связано с тем, что снежное поле выше отметки 2700 м в меньшей степени подвержено влиянию физико-географических процессов – лавин, оползней и снежных наносов [7].

Опыт изучения динамики ГНК в высокогорных районах региона при дешифрировании космоснимков с применением ГИС-технологий позволил уточнить границы моренных отложений. У бортов практически всех гляциальных систем расположены весьма значительные боковые морены, высота которых у современных концов достигает 100-200 м. Исследования этапов формирования стадияльных морен позволяют моделировать трансформации высотных морфологических поясов для каждого этапа деформации гляциально-нивальных геосистем по стадиям их стабилизации.

Динамика линейных показателей трансформации оледенения в гляциально-нивальных геосистемах региона, за период с 1967 – 2030 гг, с учетом прогноза развития процессов по климатическому сценарию, приводится в таблице 1 [2, 3, 4, 6].

Таблица 1

**Линейное отступление языков ледников северного склона Западного Кавказа в связи с изменением регионального климата**

Название ГНК, № ледника по каталогу	Площадь ледника, км <sup>2</sup>	1967-2000 гг.		2000 – 2015 гг.		2015 – 2030 гг.	
		общее м	среднее за год, м	общее, м	среднее за год, м	общее, м	среднее за год
Марухский, №108	3.3	168	5.6	132	8.8	111	7.4
Алибекский, №138	5.2	70	2.4	217	14.5	182	12.3
Восточно-Клухорский, №177	0.4	160	5.3	170	11.3	143	9.5
Другие 9 обследованных урочищ	21.3 / 2.4	966 / 107	32.2 / 3.6	1126 / 125	75.1 / 8.3	948 / 105	62.7 / 6.9
<i>Среднее</i>	<i>2.5</i>	<i>114</i>	<i>3.8</i>	<i>137</i>	<i>9.1</i>	<i>115</i>	<i>7.7</i>

*Примечание: 1967 – 2015 гг. – экспериментальные величины; – 2015 – 2030 гг. – прогнозируемые значения, согласно расчета по палеоклиматическому сценарию.*

Для большинства гляциальных комплексов долинного типа длина отступления языков ледников определялась путем непосредственных промеров с 2000 г. За 1967 – 2015 годы площадь оледенения в регионе уменьшилась на 54,1 км<sup>2</sup>, или 26,3 % (Ю. Г. Ильичев). В среднем на 1,1 км<sup>2</sup>/год. При этом с 2000 г. скорость сокращения площади гляциальной части ГНК существенно увеличилась. По состоянию на 2030 год, в горах Северо-западного Приэльбрусья ожидается увеличение температуры воздуха. За летне-осенний период на 2,1 °С, а сумма осадков в период аккумуляции возрастет на 9,6% [5].

Выявленные факторы (температура, осадки, распределение снежного покрова), влияющие на динамику ледниковых языков указывают на степень деградации оледенения и является механизмом действия этих факторов на структуру гляциально-нивальных ландшафтов в современных условиях, прошлом и будущем.

В процессе продолжающейся деградации современного оледенения, от крупных гляциальных комплексов (ГК) происходит отделение малых гляциальных геосистем (ГГ), которые далее, постепенно деградируя существуют самостоятельно [6]. В пределах Главного Кавказского хребта находится до 65% малых гляциальных геосистем от общего их количества. На Боковом хребте – 34%, а на Передовом только 1%. По бассейнам рек Западного Кавказа малые гляциальные системы распространены неравномерно.

Можно предположить, что к 2050 г. на высотах 2200-2500 м малые формы оледенения исчезнут, на высотах 2500-2700 меще сохранятся, а на высотах 2700-3200 м начнут образовываться вначале «снежники-перелетки», а затем фирновые поля и даже малые глетчеры. Ориентировочно можно оценить сокращение площади малых форм ГГ на 20%, а увеличение их числа на 25%. Основные тенденции динамики ГНП в регионе, на современном этапе, находятся в векторе ускоренной трансформации.

Для изучения структуры и функционирования ландшафтов, в единстве климатических, гидрологических и геоморфологических процессов выделена модельная территория «Северный Клухор», которая представляет собой экотон, сопряженных ландшафтов (фаций, урочищ...), в том числе криосферных.

На модельной территории «Северный Клухор» проведены исследования изменений ландшафтной структуры экотона высокогорий Северо-Западного Приэльбрусья с применением метода дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне [7]. Диссипация тепловой энергии в пространство горных территорий создает поля пространственного распространения температуры и солнечной радиации в горном и горно-денудационном рельефе, с учетом градиента географической среды.

Интенсивность теплового излучения или структура теплового поля определяется способностью подстилающей поверхности аккумулировать и отражать тепло. Использовались исходные спутниковые снимки с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS. Оценка структуры теплового поля подстилающей поверхности ЛГК «Северный Клухор» производилась с применением 10 канала.

Сложная мозаика горных климатических режимов и типов растительного покрова определяется в основном ориентацией и крутизной склонов и, в меньшей степени превышением и окружающим рельефом.

В 1-м водосборном каре модельного гляциально-нивального комплекса «Северный Клухор» излучаемое ландшафтами тепло, в диапазоне 20-25 °С преобладает практически на всей территории, лишь на отдельные участки, 10-12% от общей площади, распространяется температурный диапазон излучения от 15 до 20 °С.

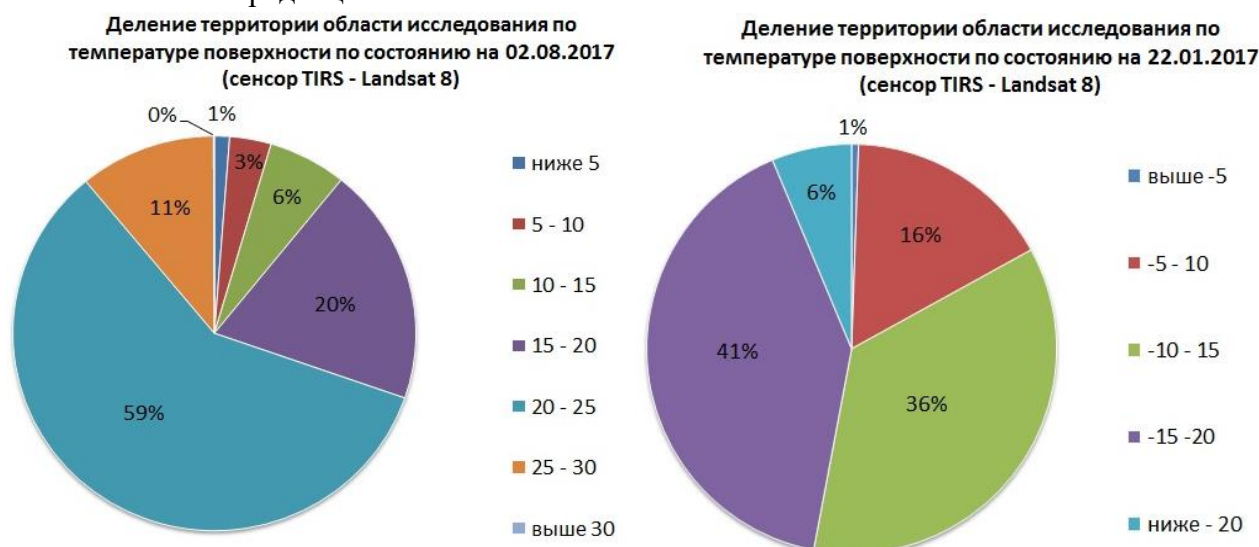
Лесные геосистемы, доминирующие в первом водосборе ГНК «Северный Клухор» до высоты 2500 м встречаются в самых разнообразных условиях теплообеспеченности. Для групп лесных геосистем выделены относительно четкие температурные диапазоны их наибольшей встречаемости – от 25 до 30 °С летом и от -10 до -20 °С зимой.

Отличительной особенностью теплового поля второй каровой ступени ГНК является повышение распространения температурного поля от 15 – 20 °С до 50% площади ступенчатого водосбора.

Территориальная изменчивость теплового поля третьей каровой ступени НГК, где расположены Большое и Малое Клухорские озера, с сохранившимися остатками ледника и отдельными снежниками характеризуется распределением значений от 10 до 15 °С и, от 5 до 10 °С соответственно 60 и 40%.

Четвертая, Восточно-Клухорская, озерно-ледниковая каровая ступень, на высоте 2980 – 3400 м над уровнем моря отмечается еще большим снижением диапазона территориальной изменчивости температуры поверхности гляциально-нивальная геосистемы до 5 °С и ниже.

В целом, площади, занятые ландшафтами с температурной обеспеченностью от 20 до 25 °С и от 15 до 20 °С составляют соответственно 59 и 20 % (рис. 1) от общей территории исследуемого полигона. С увеличением абсолютной высоты отражение температуры подстилающей поверхности закономерно снижается, что может свидетельствовать об уменьшении воздействия прямой солнечной радиации на подстилающую поверхность, т. е. понижение баланса солнечной радиации.



**Рис. 1.** Сезонная ординация тепловых полей на модельной территории.

Изменение тепловых полей водосборных каров ГНК «Северный Клухор» отражается на других характерных особенностях, таких как последовательность смены типов почв, литологии, или геоморфологических формах от речного аллювия в поймах рек до скалистых обнажений на водоразделах.

Структура исследуемого температурного поля в зимних условиях имеет существенное отличие. Диапазон территориальной изменчивости температуры поверхности ландшафтов составил приблизительно от -5 °С и выше, до -20 °С и ниже.

Изменение метеоэлементов, вызванное потеплением климата, наиболее выражено в динамике гляциально-нивальная зоны исследуемого региона за последние годы. В гляциаль-



но-нивальном поясе, солнечная радиация расходуется на таяние ледников, скорость отступления которых увеличилась на 9% в 2000 г. и на 19% в 2015 г. по сравнению с 1967 г.

Гидрохимическим изучением [2, 3, 4, 5] определяются жизненные процессы, протекающие в горных озерах ледникового происхождения.

Гидрохимическая структура гляциально-нивальных комплексов является индикатором состояния не только сопряженных элементарных ландшафтов, но и степени минерализации, органолептических свойств и биологического освоения компонентов геосистем.

Вода во всех приледниковых озерах относится к категории пресных вод гидрокарбонатного класса, где жесткость воды изменяется от 0,75 до 1,0 ммоль/л эквивалента. Большинство гидрохимических показателей не превышает предельно допустимых концентраций воды рыбохозяйственного значения. Органолептическая оценка воды и в целом ее качество показали хорошее состояние. Отмечается несколько повышенное содержание растворенного кислорода в воде, что свидетельствует о низкой температуре и минерализации воды, повышенной турбулентности водной среды.

Весьма значительные изменения происходят в верхних гляциально-нивальных ландшафтах, где общее потепление климата находит отражение в динамике радиационного баланса, в свою очередь способствующей территориальному перераспределению тепловых полей. Режим сокращения оледенения закономерно связан с эффектом излучающего теплового переустройства гляциально-субнивальных участков.

Анализ суточной, сезонной и многолетней динамики тепловых полей гляциально-нивальных геосистем, с использованием материалов дешифрирования разновременных снимков показал.

- Распределение состояний ландшафтов в структуре тепловых полей весьма информативно для понимания связи между отдельными геосистемами.
- Ландшафтно-динамическая ситуация в определенный момент времени характеризует сезонные закономерности перераспределения тепловых полей, которые, в свою очередь являются регуляторами сохранения ландшафтного равновесия.
- Сезонные различия тепловых полей отражают качественные изменения термического параметра в климатогенном тренде и формируют необратимые изменения в высокогорных ландшафтах

#### Список литературы

1. Гуня А. Н., Машкова Р. А., Гежаев А. М. Динамика и трендовые изменения высокогорных ландшафтов в горно-рекреационных районах Северного Кавказа. // Вопросы географии. / Исследования гор. Горные регионы Северной Евразии. Развитие в условиях глобальных изменений. М.: изд. дом «Кодекс», 2014. Сб. 137. С. 521-543.
2. Дега Н. С., Онищенко В. В., Петропавловский Б. С. Влияние техногенной трансформации воздушной среды на устойчивость хвойных лесов Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий, Владикавказ, 2018. Т.10. № 1 (35). С. 69-76.
3. Онищенко В. В., Дега Н. С., Тохчуков Ш. Ю. Геоэкологические особенности трансформации современного оледенения Карачаево-Черкесии // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. № 1 (34), 2016. С. 97-103

4. Онищенко В. В., Дега Н. С. Экосистемный мониторинг горных районов Карачаево-Черкесии в условиях техногенного прессинга и изменения климата // Безопасность в техно-сфере. М.: Изд-во «Русский журнал», 2009. Вып. 6. С. 14-18.
5. Онищенко В. В., Дега Н. С., Тохчуков Ш. Ю. Ледниковый баланс Карачаево-Черкесии в глобальных и региональных природно-антропогенных преобразованиях / Успехи современного естествознания. М., 2016. № 6. С. 174-178.
6. Панов В. Д., Ильичев Ю. Г. Колебания ледников Северного Кавказа за XIX-XX столетия // Труды Тебердинского заповедника. Кисловодск: Северокавказское издательство МИЛ, 2008. Вып. 47. 331 с.
7. Погорелов А. В., Липилин Д. А. Тепловой « портрет» города Краснодара по данным спутниковых снимков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 4.1. С. 32-45.
8. Севастьянов Д. В., Селиверстов Ю. П. Горы и лимно-гляциальные комплексы / Состояние и развитие горных систем. СПб.: РГО, 2002. С. 127 – 135.
9. Шальнев В. А., Конева В. В., Дегтярева Т. В. Ландшафтно-экологический подход в изучении биоты верхней границы леса Западного Кавказа / Монография. Ставрополь: Сев-КавГТУ, 2011. 134 с.

**ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ  
НА ОСНОВЕ  $^{210}\text{Pb}$  (Р. ОЛЬХОВКА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)**

Опекунов А. Ю., Григорьев В. А., Опекунова М. Г.  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Санкт-Петербург  
a\_opekunov@mail.ru

**EXPERIENCE OF DETERMINING THE RATE OF TECHNOGENIC SEDIMENTATION  
BASED ON  $^{210}\text{Pb}$  (THE OLKHOVKA RIVER, SAINT PETERSBURG)**

A.Yu. Opekunov, V.A. Grigoriev, M.G. Opekunova  
St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia  
a\_opekunov@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты изучения химического состава колонки донных отложений мощностью 60 см, отобранной в устье р. Ольховка (Санкт-Петербург). Участок акватории находится под воздействием сбросов сточных вод предприятия по производству свинцово-кислотных аккумуляторов. Отмечен аномально высокий уровень загрязнения Sb, Cd, Co и Pb. Концентрация последнего в нижней части разреза осадков достигает 5,54 мас.%. С учетом сложного распределения  $^{210}\text{Pb}$  по разрезу донных отложений, возраст и скорости осадконакопления определялись на основе модели постоянной начальной концентрации  $^{210}\text{Pb}$  по отдельным слоям осадков, которые характеризуются относительно равными содержаниями общего свинца. При этом учитывалась история развития водохозяйственной обстановки на водотоке. Полученные результаты показали, что скорость осадконакопления на изученном участке менялась на протяжении последних 90 лет от 0,25 до 1,85 см/год.

**Ключевые слова:** свинец, техногенные осадки, скорость осадконакопления, активность  $^{210}\text{Pb}$ , загрязнение металлами.

**Abstract.** The article presents the results of studying the chemical composition of a 60 cm thick column of bottom sediments sampled at the mouth of the Olkhovka River (St. Petersburg). The water area is affected by wastewater discharges from a lead-acid battery production facility. An abnormally high level of contamination with Sb, Cd, Co and Pb was found. The concentration of the latter in the lower part of the sediment section reaches 5,54%. Considering the irregular distribution of  $^{210}\text{Pb}$  in sediments, the age and sedimentation rates were determined on the basis of a model of constant initial concentration of  $^{210}\text{Pb}$  for individual layers of sediments, which are characterized by relatively equal contents of total lead. In this case, the history of the development of the water management situation in the watercourse was considered. The obtained results indicate that the sedimentation rate in the studied area has varied over the past 90 years from 0,25 to 1,85 cm/year.

**Keywords:** lead, technogenic precipitation, sedimentation rate,  $^{210}\text{Pb}$  activity, metals pollution.

Скорости осадконакопления в водных объектах под влиянием техногенеза характеризуются высокими значениями, которые превосходят показатели, наблюдаемые в природных условиях. Это несет в себе высокие риски не только химического загрязнения, но и заиления

водоема [6]. Высокие значения скорости рассматриваются как один из индикаторов техноседиментогенеза [5, 7, 10]. Исследования показали, что эта величина на водотоках Санкт-Петербурга составляет 0,5-4,0 см/год [4].

Как правило, на урбанизированных водотоках скорости осадконакопления определяют исходя из водохозяйственной ситуации и истории водоотведения на основе литостратиграфического метода [5]. В последние годы в практику внедрено определение абсолютного возраста с применением метода не поддержанного равновесием  $^{210}\text{Pb}$  [1, 2, 8, 9, 11, 12]. Этот метод успешно применяется для осадков городских прудов, озер, а также во внутренних морях, в эстуарных и шельфовых зонах Мирового океана. Возможности определения скоростей осадконакопления с использованием  $^{210}\text{Pb}$  в водотоках существенно сужены в связи с относительно высокой подвижностью вод и вероятностью выноса течением изотопа  $^{210}\text{Pb}$ , поступающего из атмосферы, а также продуктов его распада.

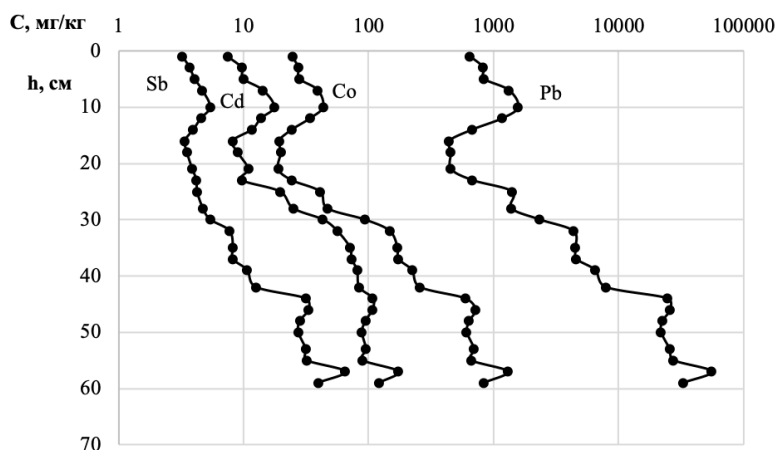
Городские водотоки центральной части Санкт-Петербурга в целом отличаются небольшим расходом воды и низкими скоростями течений, граничащими в межень с застойными условиями. Для определения скорости техногенного осадконакопления был выбран устьевой участок р. Ольховка при впадении в р. Екатерингофка. Последняя вытекает из Невы, омывает Гутуевский остров и впадает в Невскую губу. Средний расход воды выше Обводного канала 15 м<sup>3</sup>/с, ниже – 30 м<sup>3</sup>/с. Река Ольховка имеет длину около 1000 м, ширину 15-25 м, глубину до 4 м. На устьевом участке этой реки с 20-30-х годов прошлого века производится сброс промышленных сточных вод предприятия по производству свинцово-кислотных аккумуляторов (в советское время Ленинградский аккумуляторный завод). В 30-х годах была засыпана основная часть русла реки. После этого оставшийся участок водотока характеризовался минимальной проточностью, что позволяет надеяться на условия устойчивой аккумуляции и отсутствие перемешивания осадков.

В устье р. Ольховка на глубине 1,5 м по воде отобрана колонка донных отложений мощностью 60 см. Осадки представлены черным илом с запахом нефтепродуктов и химии, без включений, с постепенным уплотнением вниз по разрезу. Ниже 48 см появляются включения, представленные кусочками древесины (коры) и каменного угля (шлака, конкреций), неокатанные диаметром до 1,0 см. На химический состав из изучаемого разреза было проанализировано 27 проб, на абсолютный возраст – 22 образца.

Геохимические исследования показали очень высокий уровень загрязнения донных осадков Sb, Cd, Co и особенно Pb (рис. 1). Содержание металлов и сурьмы постепенно увеличивается вниз по разрезу, при этом характеризуясь высокой положительной корреляцией между собой  $r=0,91-1,0$  (при  $p=0,05$  критическое значение  $r=0,38$ ). Содержание Pb в верхней части разреза (0-6 см) составляет 644-835 мг/кг. Ниже происходит рост концентрации до 1570 мг/кг (слой 9-11 см). Затем наблюдается снижение содержания до 441-455 мг/кг в слое 15-22 см от поверхности. Это минимальные значения в изучаемой колонке отложений. Ниже 22 см вновь отмечается постепенное увеличение концентрации металла, наблюдаемое до 42 см, где оно достигает 7900 мг/кг. Затем отмечается резкий рост содержания до 2,46 мас.%, которое сохраняется в слое 43-56 см. Диапазон здесь составляет 2,18-2,75%. В слое 56-58 см вновь наблюдается резкое увеличение содержания в 2 раза до 5,54%, а в самом нижнем слое снижение до 3,29%. Следует отметить, что фоновое содержание свинца в осадках рек бассейна р. Невы составляет 14,2 мг/кг.

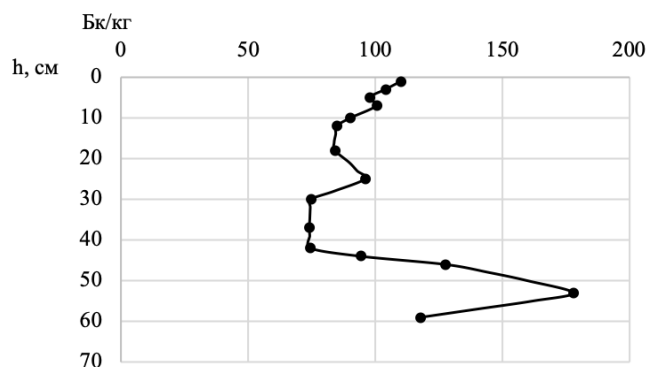
Характер распределения ТММ в осадках в условиях устойчивой аккумуляции техногенного материала отражает этапы становления предприятия по производству аккумуляторов, которое заработало на полную мощность ориентировочно с 1930 г., а также развитие

экологического законодательства с ужесточением требований к качеству сбрасываемых сточных вод. В целом распределение концентрации металлов и Sb по разрезу, имеющие высокую степень корреляции позволяет говорить об отсутствии существенного воздействия гидрологических факторов или технологических операций (дноуглубительные работы) на аккумуляцию материала. Однако аномальное содержание свинца в нижней части колонки, соответствующее рудным концентрациям (0,6-8,0%), может оказать влияние на достоверность определения возрастных характеристик по  $^{210}\text{Pb}$ .



**Рис. 1.** Распределение Pb, Cd, Co и Sb в разрезе техногенных отложений устьевого участка р. Ольховка

Результаты изучения активности  $^{210}\text{Pb}$  в колонке донных отложений показали, что ее распределение носит сложный характер (рис. 2). В верхней части (до глубины около 12 см) наблюдается слабо выраженный тренд на снижение активности изотопа. В средней части колонки (до глубины 40 см) активность  $^{210}\text{Pb}$  колеблется в пределах узкого диапазона значений. В нижней части наблюдается резкий рост активности  $^{210}\text{Pb}$ , что, вероятно, обусловлено выявленными высокими валовыми содержаниями свинца глубже 40 см. Вероятно, поступление в донные осадки избыточного количества металла увеличивает активность  $^{210}\text{Pb}$ , который поступает в данном случае не только с атмосферными осадками, но и в составе сбрасываемого со сточными водами материала. Его доля в валовой концентрации будет определяться массовой долей среди природных изотопов свинца. Результатом является скачкообразный характер распределения  $^{210}\text{Pb}$  (рис. 2). Подтверждением этой зависимости служит положительная корреляция между валовым содержанием Pb и его изотопом  $^{210}\text{Pb}$   $r=0,60$  (при критическом значении  $r=0,42$ )



**Рис. 2.** Активность (Бк/кг)  $^{210}\text{Pb}$  в разрезе отложений устьевого участка р. Ольховка

Методика расчета абсолютного возраста по  $^{210}\text{Pb}$  и используемые модели подробно изложены в монографии [3]. Полученное распределение  $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$  в верхней части колонки (до глубины около 12 см) хотя и выявляет слабый тренд на снижение активности  $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ , однако не даёт экспоненциальной зависимости ( $R = -0,75$ ) концентрации  $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$  от глубины, что не позволяет прямое использование модели постоянной начальной концентрации для расчета возраста слоев и скорости осадконакопления.

Применение модели постоянного потока [3], учитывающей вероятное непостоянство скорости осадконакопления в исследуемом временном интервале, позволило получить следующие характеристики. Верхняя толща осадков (0-22 см) накопилась за 97,0 лет, а средняя скорость осадконакопления за этот период составила примерно 2,3 мм/год. Такие результаты не укладываются в ту историческую ретроспективу, которая выстраивается по литостратиграфическим данным и истории водоотведения на данном участке водотока. Кроме того, здесь также не учитывается возможная добавка  $^{210}\text{Pb}$  через сбросы аккумуляторного производства.

Предлагаемый альтернативный подход позволяет вернуться к модели постоянной начальной концентрации, но только в пределах тех интервалов колонки, которые характеризуются примерно равными концентрациями общего Pb (0-12; 32-39 и 44-56 см). Это заметно снижает точность расчетов, но сохраняет возможность ориентировочных оценок. Расчеты необходимо увязать с основными маркерами развития водопользования на данном участке реки: началом работы Ленинградского аккумуляторного завода, основными водоохранными мероприятиями на заводе и регионе, экономический кризис 90-х годов. Хотя последний на аккумуляторном производстве сказался в меньшей степени, чем в других отраслях промышленности.

Ленинградский аккумуляторный завод вышел на полную мощность ориентировочно в 1930 г. К этому времени можно привязать максимальный пик концентрации в забое колонки. Расчеты по модели постоянной начальной концентрации дают следующие результаты: 13 см нижней части колонки накопились за 7 лет (1930-1937), и скорость составила 1,85 см/год. Затем интенсивность поступления техногенного материала снизилась вместе с концентрацией в осадках валового Pb. Это вполне увязывается с тем фактом, что в 1936 году на предприятии проведена глубокая технологическая модернизация с установкой иностранного оборудования. За последующие 40 лет накопилось ориентировочно 34 см осадков. Маркером служит слой на глубине 20-22 см, где происходит резкое снижение и стабилизация валового содержания Pb в отложениях. Это можно объяснить водоохранными мероприятиями, которые стали проводиться после 1976 г. в связи с принятием постановления Совета Министров СССР «О мерах по усилению охраны от загрязнения бассейна Балтийского моря» (16 июля 1976 года N 567). Следовательно, средняя скорость осадконакопления за этот период (без учета военного времени, когда завод был эвакуирован) составила 0,75 см/год.

В верхней части колонки (0-20 см) отложения накапливались в течение 40 лет (т. е. с 1980 г.) со средней скоростью около 0,5 см/год. Однако здесь можно провести детализацию с по слоям осадков, в которых активность  $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$  аппроксимируется экспоненциальной зависимостью. Условно выделяется три этапа: с 1980 по 1995 гг. – скорость 0,6 см/год, 1995-2005 гг. – 0,25 и 2005-2019 гг. – 0,40 см/год.

Таким образом, определение абсолютного возраста в сочетании с геохимией донных отложений и учетом водохозяйственной обстановки позволяют ориентировочно определить скорости техногенного осадконакопления в условиях выраженного загрязнения свинцом.

Полученные результаты отражают несколько этапов осадконакопления, проходившего с разными скоростями: с 1930 по 1937 г. – 1,85 см/год; 1938-1941 и 1948-1980 гг. – 0,75; 1980-2019 гг. – 0,5 (от 0,25 до 0,6) см/год. Однако следует подчеркнуть, что эти скорости привязаны к конкретному участку, т. к. мощность осадков в устье р. Ольховка сильно варьирует, достигая местами 2,0 м.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00508.

#### Список литературы

1. Григорьев В. А. Современные скорости осадконакопления в Южной глубоководной впадине Каспийского моря по данным  $^{210}\text{Pb}$ -датирования / Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной Научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 2015, Т. 3. С. 309 – 311.
2. Григорьев В. А. Новые данные о современных скоростях осадконакопления в северной части Бассейна Белого моря / В сборнике: Морские исследования и образование (MARESEDU-2017) Труды VI Международной научно-практической конференции, М., 2017. С. 302-305.
3. Купцов В. М. Абсолютная геохронология донных осадков океанов и морей. М.: Наука. 1986. С. 171-187.
4. Опекунов А. Ю., Митрофанова Е. С., Шейнерман Н. А. Особенности техногенного осадконакопления в водотоках центральной части Санкт-Петербурга / Биосфера, т. 6, № 3, 2014. С. 250-256.
5. Опекунов А. Ю., Холмянский М. А., Куриленко В. В. Введение в экогеологию шельфа. Учебн. пособ. СПб, Изд-во С-Петербургского университета, 2000. 176 с.
6. Финский залив в условиях антропогенного воздействия. Коллектив авторов /Под ред. В. А. Румянцева, В. Г. Дробковой. СПб, 1999. 368 с.
7. Янин Е. П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М: НП «АРСО», 2018. 415 с.
8. Bookman R., Driscoll R.T., Engstrom D.R., Effle S.W. Local to regional emission sources affecting mercury fluxes to New York lakes / Atmospheric Environment, Vol. 42, Issue 24, August 2008. 6088-6097.
9. Joshi S. R., McNeety R. Detection of fallout  $^{155}\text{Eu}$  and  $^{207}\text{Bi}$  in  $^{210}\text{Pb}$ -dated lake sediment core. / J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, v. 122, 1988. 183-191.
10. Lesven L., Lourino-Cabana B., Billon G., Recourt P., Ouddane B., Mikkelsen O., Boughriet A. On metal diagenesis in contaminated sediments of the Deûle river (northern France). / Applied Geochemistry, 25, 2010. 1361–1373.
2. Li H.B., Yu S., Li G.I., Dehg H. Lead contamination and source in Shanghai in the past century using dated sediment cores from urban park lakes / Chemosphere. Vol. 88, Issue 10, August 2012. 1161-1169.
3. Xue, B., Yao, S.C., Xia, W.L., Zhu, Y.X., Li, S.J. Lead pollution recorded in sediments of three lakes located at the middle and lower Yangtze River basin, China. / Quatern. Int. 208, 2009. 145–150.

**РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ АРКТИКИ**

М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, С. Ю. Кукушкин, С. А. Лисенков

Санкт-Петербургский государственный университет

г. Санкт-Петербург, Россия

s.kukushkin@spbu.ru

**THE RESULTS OF COMPLEX ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL STUDIES OF  
LANDSCAPES IN THE REGIONS OF OIL AND GAS PRODUCTION IN THE ARCTIC**

M.G. Opekunova, A.Yu. Opekunov, S.Yu. Kukushkin, S.A. Lisenkov

St. Petersburg State University

St. Petersburg, Russia

s.kukushkin@spbu.ru

**Аннотация.** Многолетние исследования, охватившие территорию 40 лицензионных участков Надым-Пур-Тазовского региона, показали, что значимое загрязнение окружающей среды носит локальный характер и наблюдается, главным образом, на стадии проведения буровых работ, а уровень химического загрязнения компонентов окружающей среды существенно ниже, чем в пределах нефтяных месторождений. Для фиксации малозаметных изменений окружающей среды в условиях добычи углеводородного сырья необходимо совместно оценивать как химический состав почв, так и растений.

**Ключевые слова:** почвы, донные отложения, тяжелые металлы, север Западной Сибири, нефтегазоконденсатные месторождения.

**Abstract.** The studies covered the territory of 40 oil and gas condensate fields in the Nadym-Pur-Taz region, showed that significant environmental pollution is local in nature and is observed mainly at the stage of drilling operations, and the level of chemical pollution of environmental components is lower than within oil fields. Studies have shown that in order to fix subtle environmental changes in hydrocarbon production conditions, it is necessary to jointly evaluate both the chemical composition of soils and plants.

**Keywords:** soils, bottom sediments, heavy metals, north of Western Siberia, hydrocarbon deposits

**Введение**

Север Западной Сибири относится к числу активно развивающихся регионов. В последние десятилетия здесь интенсивно разрабатываются нефтегазоконденсатные месторождения (НГКМ). На территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) сосредоточено более 70% российских и 18% мировых запасов газа. В округе открыто 236 месторождений углеводородного сырья.

Многочисленные публикации свидетельствуют о значительном загрязнении окружающей среды нефтяных месторождений [1,2,3]. Однако, как показали проведенные исследования, охватившие территорию 40 лицензионных участков Надым-Пур-Тазовского региона, на НГКМ значимое загрязнение окружающей среды носит локальный характер и наблюдает-



ся, главным образом, на стадии проведения буровых работ, а уровень химического загрязнения компонентов окружающей среды существенно ниже, чем в пределах нефтяных месторождений [4,5,6]. Вместе с тем эксплуатация месторождений приводит к малозаметным изменениям окружающей среды, плохо фиксируемым используемыми физико-химическими методами анализа, без учета региональных особенностей и различия природно-территориальных комплексов (ПТК).

### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводились в период 1993-2019 гг. на территории НГКМ севера Западной Сибири. На пробных площадках осуществлялся отбор пробы воды, донных осадков, почв, почвенных вод и индикаторных видов растений. Анализ общего содержания металлов в почве, донных отложениях и растениях (Na, K, Ca, Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Ba, Sr, Cd и Mn), а также в воде (за исключением Sc, Zr, Al) выполнен методом ICP-MS в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского. Определение хлоридов, сульфатов, фосфатов и нитратов, подвижных форм металлов и биотестирование почв с применением дафнии *Daphnia magna* Straus. и хлореллы *Chlorella vulgaris* L. осуществлялось в лаборатории Геоэкологического мониторинга Института наук о Земле СПбГУ.

### **Результаты**

Основными факторами, определяющими химический состав компонентов природной среды региона, служат почвообразующие породы и зонально-азональная ландшафтно-геохимическая дифференциация, выражающаяся в интенсивности торфонакопления.

Низкий уровень содержания химических элементов в озерно-аллювиальных, аллювиальных и ледниковых отложениях сочетается с высокой концентрацией сидерофильных (V, Cr, Co, Ni) и халькофильных элементов (Zn, Cu, Pb) в глинах аллювиально-морских отложений третьей и четвертой морских террас, что определяет дифференциацию химического состава всех компонентов ландшафтов.

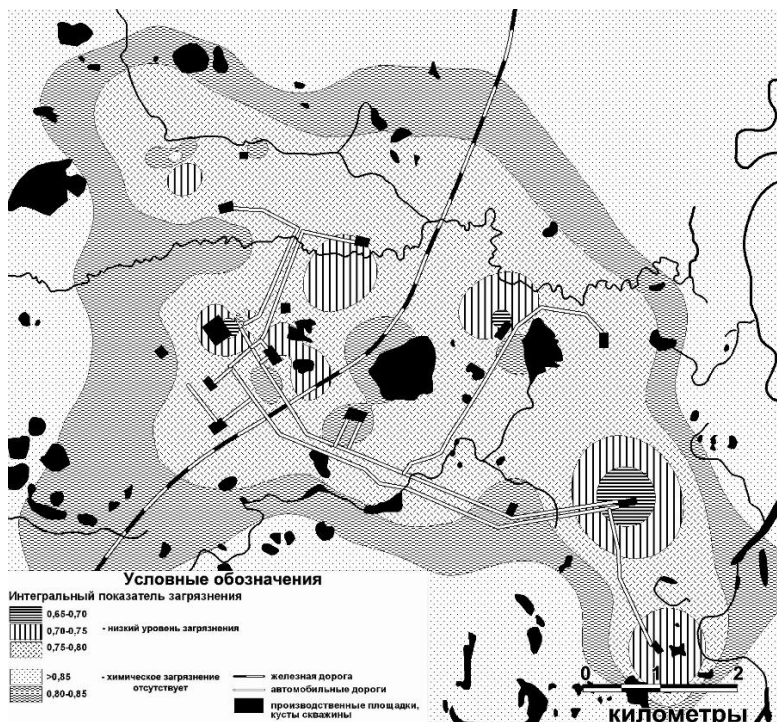
Основное влияние на состав поверхностных вод оказывают атмосферные осадки, талые снеговые воды, а также, минерализованные подземные воды. Техногенное воздействие сопровождается трансформацией анионно-катионного состава и загрязнением небольших озер. Вблизи производственных объектов на освоенных НГКМ отмечается повышение в природных водах концентрации Ba, Cu и V. Химический состав водотоков и крупных водоемов остается стабильным.

По результатам проведенных исследований рассчитаны фоновые содержания микроэлементов в трех типах донных осадков: илах (торфянистых илах), илистых песках (алеури-тах) и в мелкозернистых песках [4]. Среднее содержание в илах Fe и Mn в 11 раз, Ni – в 8.5, Co – в 6.5, Zn, Cu, Cr, V – в 5 раз выше, чем в мелкозернистых песках.

Почвы севера Западной Сибири отличаются сравнительно низкими природными концентрациями химических элементов. Максимальные значения большинства микроэлементов отмечаются в глинистых и суглинистых иллювиальных горизонтах почв; концентрация их в 2-8 раз выше, чем в торфяниках [4]. Исключение составляют Hg и Cd, уровень которых в торфяниках в 3-4 раза выше, чем в иллювиальных горизонтах.

Под влиянием объектов инфраструктуры нефтегазовых промыслов наблюдается локальное загрязнение поверхностных горизонтов почв (рис 1.). При сбросе бурового шлама отмечен высокий уровень концентрации хлоридов, фосфатов, общего азота, нефтяных углеводородов, Na, Sr, Ba и V; пластовые воды являются источником поступления также ПАУ, фенолов, хлоридов,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ba}^{2+}$ . Доля техногенности (*Tg*) Ba в почвах в импактной зоне со-

ставляет до 44%, Cu – до 57%, Ni – до 68%, Co – до 62%, Fe – до 60%, Sr – до 67%, Mn – до 89%. Для металлов велика доля подвижных форм, что обусловлено антропогенным загрязнением почв: Mn – 68%, Zn – 19%, Ba – 17%, Co – 23%, Cd – 30%, Sr – 38%, Na – 20%, Cu – 25%. Геохимические барьеры, формирующиеся в почвенном профиле и связанные с мощностью сезонно-талого слоя, близостью многолетнемерзлых пород, выраженностью глеевых процессом и торфонакопления, создают контрастные условия аккумуляции металлов в почвенно-геохимической катене и нивелируют влияние техногенных факторов в перераспределении микроэлементов.



**Рис. 1.** Химическое загрязнение ландшафтов территории Пырейного лицензионного участка

Пятна загрязнений локализованы в радиусе 100-150 м от локальных источников воздействия. В целом на долю загрязненных почв приходится порядка 7-10% от общей площади.

Растения севера Западной Сибири отличаются низким содержанием химических элементов, концентрация большинства металлов ниже кларка по В. В. Добровольскому (2003) [8]. Исключение составляют Ba, Sr, Pb, Cd и Ni, уровень которых близок или немного выше кларка. Сравнительный анализ химического состава 16 видов растений, широко распространенных на территории исследований, показал, что химизм растений определяется биологическими особенностями растений (систематическим положением видов, фенологической фазой, возрастом и т. д.) и условиями окружающей среды (химизмом почв, степенью доступности химических элементов растениям, уровнем техногенного загрязнения и др.) Выявлены индикаторы изменения экосистем под влиянием антропогенной нагрузки, к которым отнесены увеличение концентрации Sr, Fe, Mn, Cr, Pb, Ba в багульнике *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd. ex Steud. и лишайнике *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vezda.

Результаты биотестирования с применением тест-объектов *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna* показали высокую степень сходимости: коэффициент парной корреляции между процентом гибели *D. magna* и снижением оптической плотности *C. vulgaris* составил 0,96. Токсичность изученных образцов обусловлена, главным образом, засолением почв хло-

ридами, сульфатами и фосфатами при загрязнении окружающей среды пластовыми водами и отходами бурения [7].

### Выводы

Проведенные исследования позволяют сказать, что загрязнение характеризуется в целом низким уровнем (рис. 2). В поверхностных водах отмечается относительно низкий фон содержания микроэлементов, за исключением меди, марганца и железа, что обусловлено высокой подвижностью этих металлов в тундровых ландшафтах. При изучении состава пластовых вод установлена индикаторная значимость TDS, pH, фенола,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ba^{2+}$  в определении загрязнения продуктами бурения. Почвенный покров характеризуется низким уровнем содержания загрязняющих веществ. Однако для органогенного горизонта выделен техногенный фактор в структуре химического состава почв. Он связан с загрязнением ПТК шламовыми водами при буровых работах. Антропогенное воздействие проявляется в незначительном увеличении относительно средних показателей в органогенном горизонте pH и концентрации сульфатов, хлоридов, фосфатов, НУ, а также халькофилов (Cd, Zn, Pb, Cu).

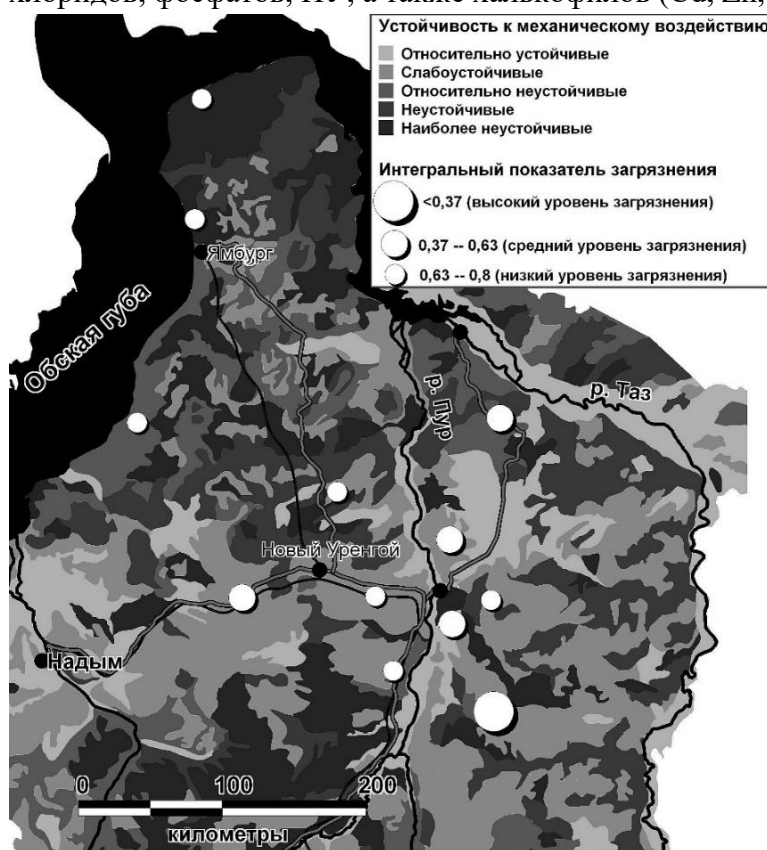


Рис. 2. Геоэкологическая карта ЯНАО

Загрязнение почв зафиксировано вблизи шламовых амбаров. Парагенезис Ba-Sr в гумусовом горизонте отражает поступление прямое влияние отходов бурения. Во всех изученных видах растений при росте техногенных нагрузок отмечены значимые изменения химического состава и зольности. Выявлено, что для участков с высокой техногенной нагрузкой характерен рост концентрации в растениях Mn, Ba, V и Sr. Индикаторами общего загрязнения выступают повышенные содержания Ni, Pb, Cd и Co.

Для фиксации малозаметных изменений окружающей среды в условиях добычи газа и газоконденсата изучение только химического состава почв мало эффективно. Индикаторные виды растений реагируют на малозаметные изменения через возрастание зольности и рост

интенсивности поглощения металлов. При анализе воздействия объектов нефтегазодобычи на компоненты окружающей среды наиболее показательно изменение в них концентрации Na, Ba, Sr, Fe, Mn, Zn, V и Cr.

Биотестирование целесообразно использовать для оценки токсичности среды, особенно вблизи объектов техногенеза, тестируя пробы из органического и иллювиального горизонтов, что обусловлено активной латеральной и радиальной миграцией поллютантов.

**Благодарности.** Исследования выполнены при поддержке гранта РГО-РФФИ № 17-05-41070 «Разработка инновационных решений по оптимизации и унификации экологического мониторинга нефтегазовых месторождений в северных регионах России» и гранта РФФИ 19-29-05081 «Почвы районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири: устойчивость к химическому загрязнению и потенциал самоочищения в условиях изменения климата».

### Список литературы

1. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 году». Салехард, 2017. 237 с.
2. *Лаверов Н. П., Богоявленский В. И., Богоявленский И. В.* Фундаментальные аспекты рационального освоения ресурсов нефти и газа Арктики и шельфа России: стратегия, перспективы и проблемы // Арктика экология и экономика. 2016. № 2 (22). С. 4.
3. *Свириденко С. П., Питерских А. С.* Экологическое состояние почвенного покрова на территории Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник КрасГАУ. 2012. № 4. С. 67-80.
4. *Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г.* Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири // Почвоведение. 2019. № 4. С. 422-439. DOI: 10.1134/S0032180X19020114.
5. *Кукушкин С. Ю., Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю.* Экологический мониторинг районов нефтегазодобычи в Ямало-Ненецком автономном округе // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. 2019. Т. 10. № 4 (41). С. 70-76
6. *Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г.* Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2012. № 4. С. 86-100.
7. *Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Арестова И. Ю., Кукушкин С. Ю., Спаский В. В., Никитина М. А., Елсукова Е. Ю., Шейнерман Н. А., Недбаев И. С.* Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке экологического состояния территории газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири // Вестник СПбГУ сер. Науки о Земле. 2018. 63(3). С. 326-344.
8. *Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Арестова И. Ю.* Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2018. № 1. С. 122–138. DOI: 10.15372/SEJ20180111.

## ДИНАМИКА И СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОКСИДОВ АЗОТА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ Г. ВОЛОГДЫ

Павлов И. Н.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Санкт-Петербург

IiaNikPavlov@Gmail.com

## DYNAMICS AND SEASONAL VARIATIONS OF THE NITROGEN OXIDES CONCENTRATIONS IN THE AIR OF VOLOGDA

Pavlov I. N.

Russian State Hydrometeorological University

Saint Petersburg

IiaNikPavlov@Gmail.com

**Аннотация.** Произведен анализ многолетней динамики и межсезонных вариаций концентраций оксида азота (NO) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>) в атмосферном воздухе г. Вологды. Выявлена значимая взаимосвязь между концентрациями NO и NO<sub>2</sub> на постах наблюдения. Показано снижение среднегодовых концентраций NO и неоднородная многолетняя динамика концентраций NO<sub>2</sub> с пиком концентраций в 2013-2014 годах. Установлено, что средние месячные концентрации NO слабо зависят от времени года, в то время как концентрации NO<sub>2</sub> имеют выраженную сезонную изменчивость.

**Ключевые слова:** оксид азота, диоксид азота, загрязнение воздуха

**Abstract.** The analysis of long-term dynamics and inter-seasonal variations of concentrations of nitrogen oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) in the atmospheric air of Vologda was made. A significant relationship was found between NO and NO<sub>2</sub> concentrations at the observation posts. A decrease in average annual NO concentrations and heterogeneous long-term dynamics of NO<sub>2</sub> concentrations with a peak in 2013-2014 are shown. It was found that the average monthly NO concentrations are weakly dependent on the season, while the NO<sub>2</sub> concentrations have a pronounced seasonal variability.

**Keywords:** nitrogen oxide, nitrogen dioxide, air pollution

Оксиды азота относятся к основным антропогенным загрязнителям атмосферного воздуха. Образование оксидов азота (NO<sub>x</sub>) происходит в процессе горения органического топлива при высоких температурах. Основными источниками выбросов содержащих оксиды азота является промышленность, транспорт и электроэнергетика. Среди соединений азота с кислородом, встречающихся в атмосферном воздухе, наибольшие концентрации характерны для оксида азота (NO) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>). Концентрации других оксидов обычно не принимаются во внимание из-за их незначительности [1, 3].

Диоксид азота является вторичной примесью, которая образуется в атмосфере в результате фотохимических реакций. Оксиды азота, поступающие в атмосферу с выбросами, частично переходят в NO<sub>2</sub>, а частично сохраняются в виде исходных оксидов длительное время. Оксиды азота являются важной составляющей фотохимических процессов, как в тропосфере,

так и в стратосфере и могут являться причиной образования фотохимического смога и повышенных концентраций озона в приземном слое воздуха [1].

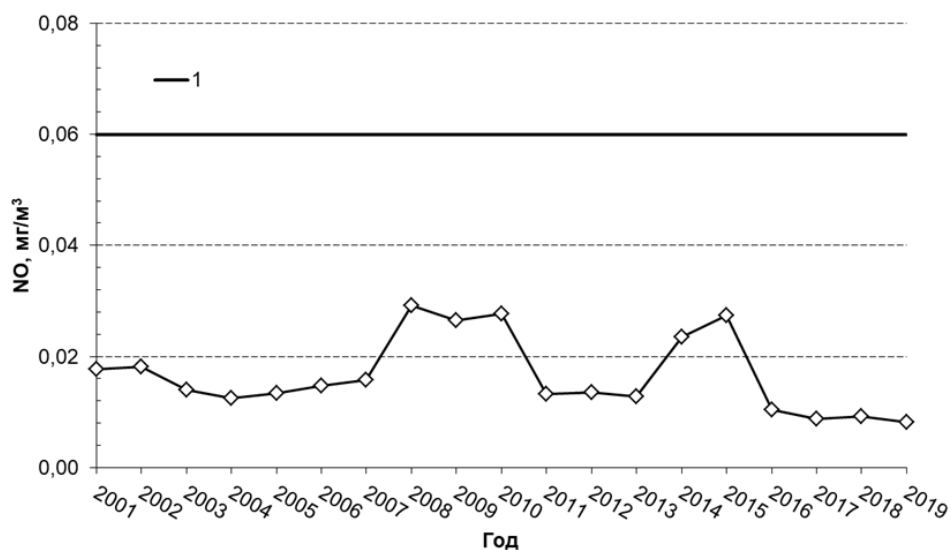
По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) негативные эффекты для здоровья наблюдаются при среднегодовых концентрациях диоксида азота от  $0,04 \text{ мг/м}^3$ . Длительное влияние повышенных концентраций  $\text{NO}_2$  связывают с усилением симптомов бронхита у детей с астмой, а так же с увеличением числа детей с проблемами с дыханием. Результаты экспериментальных исследований на животных, а также с участием человека показывают, что кратковременное воздействие концентраций превышающих  $0,2 \text{ мг/м}^3$  представляет значительную угрозу для здоровья [4].

В РФ в качестве нормативов для атмосферного воздуха городских и сельских поселений установлены максимальные разовые ПДК (ПДКм. р.)  $0,4 \text{ мг/м}^3$  и  $0,2 \text{ мг/м}^3$  для  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  соответственно, а также среднесуточные ПДК (ПДКс. с)  $0,06 \text{ мг/м}^3$  и  $0,04 \text{ мг/м}^3$  для  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  соответственно [2]. Как видно, установленные в нашей стране нормативы для диоксида азота соответствуют критериям установленным ВОЗ. Оба вещества относятся к третьему классу опасности.

Материалами для исследования послужили данные наблюдений на двух постах Государственной сети наблюдения за загрязнением атмосферы Вологодского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период с 2001 по 2019 гг. Пост 1 расположен по адресу ул. Горького, д. 114, пост 2 – по адресу ул. Чехова, д. 9. Наблюдения на обоих постах производятся по неполной программе с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного времени. Наблюдения не проводятся в воскресенье и праздничные дни. Наблюдения за концентрациями  $\text{NO}$  проводятся только на посту 1.

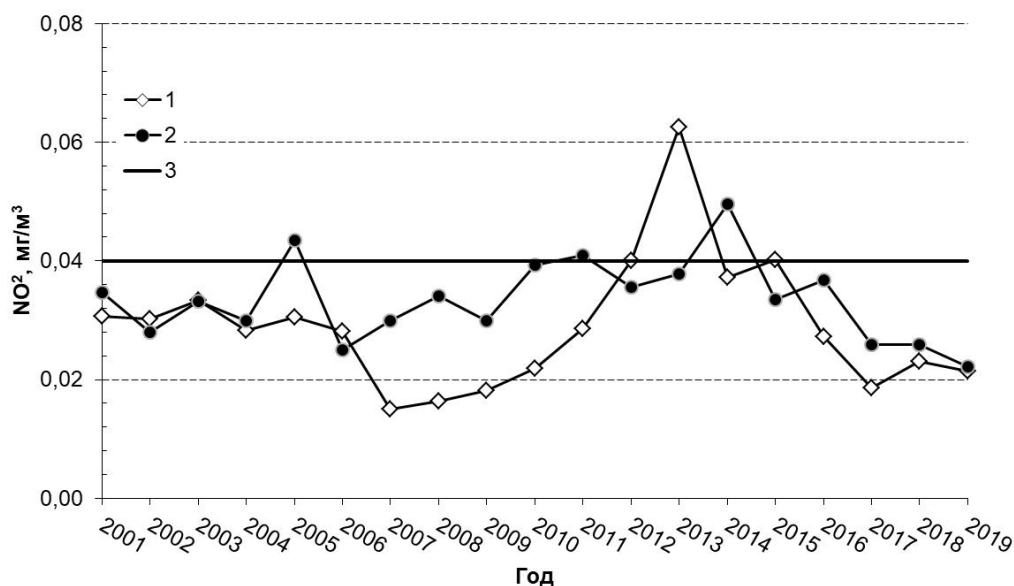
Анализ среднесуточных значений концентраций  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , показал, что между концентрацией  $\text{NO}$  на посту 1 и концентрациями  $\text{NO}_2$  на постах 1 и 2 отмечается статистически значимая взаимосвязь ( $p < 0,0005$ ), однако коэффициенты корреляции невелики – 0,24 и 0,30 для постов 1 и 2 соответственно.

Как видно из рисунка 1 в период с 2001 по 2019 гг. отмечается постепенное снижение среднегодовых концентраций  $\text{NO}$ , при этом в периоды с 2008-2010 гг. и 2014-2015 гг. отмечались повышенные концентрации этого загрязнителя. На протяжении всего рассматриваемого периода среднегодовые концентрации  $\text{NO}$  были ниже ПДКс. с более чем в 2 раза.



**Рис. 1.** Средние годовые концентрации оксида азота ( $\text{мг/м}^3$ ) на посту наблюдения 1 г. Вологды в период с 2001 по 2019 г. 1 – ПДКс. с

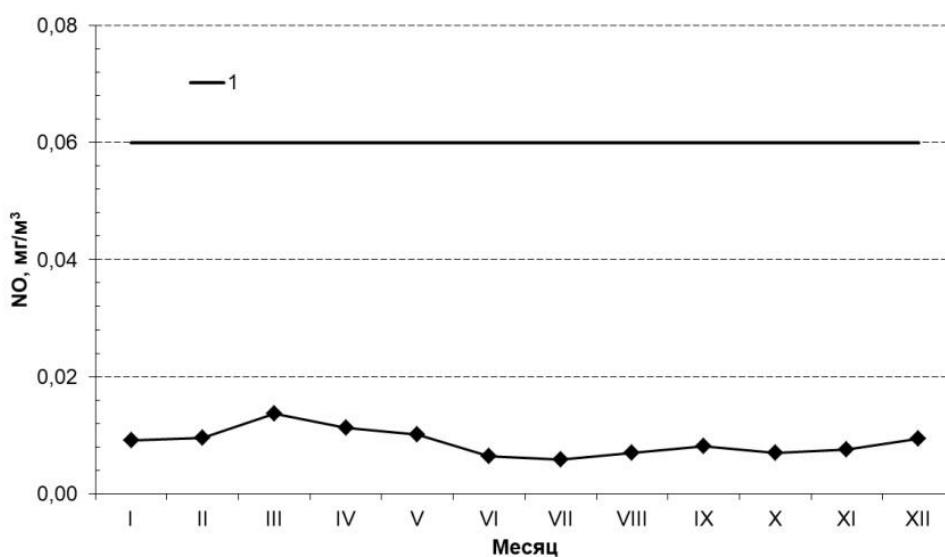
Среднегодовые концентрации диоксида азота на обоих постах наблюдения существенно не изменялись в период с 2001 по 2006 гг., после чего последовал рост концентраций с пиком в 2013 и 2014 гг (рисунок 2). В 2013 году среднегодовая концентрация  $\text{NO}_2$  на посту 1 составила  $>1,5$  ПДКс. с., в 2014 году на посту 2 среднегодовая концентрация превышала 1,2 ПДКс. с. После 2013-2014 гг. отмечается снижение концентраций  $\text{NO}_2$  на обоих постах.



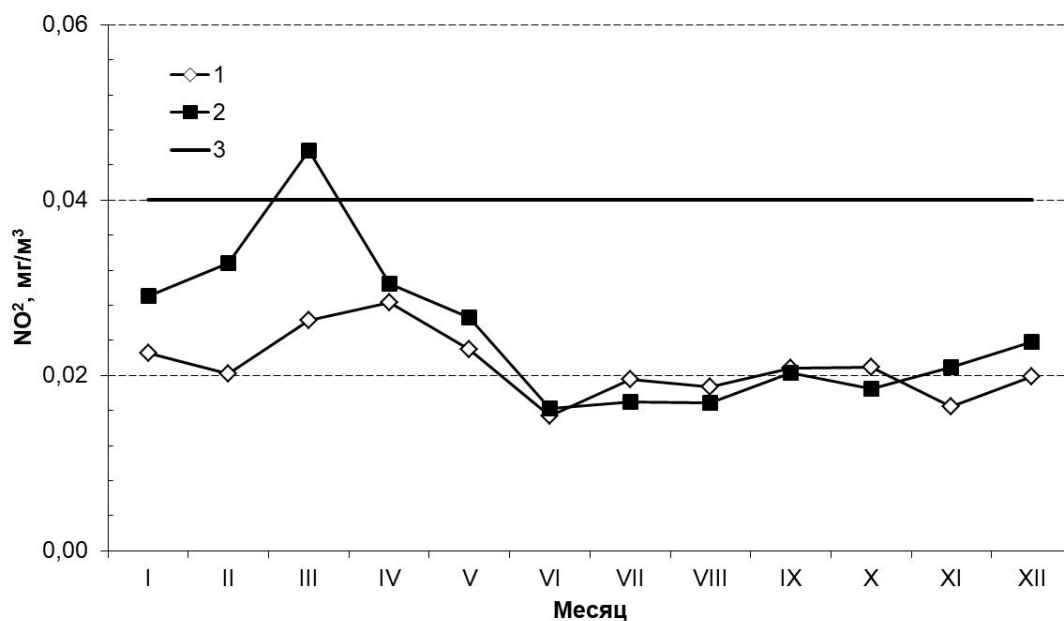
**Рис. 2.** Средние годовые концентрации диоксида азота ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) на постах наблюдения г. Вологды в период с 2001 по 2019 г. 1 – пост 1, 2 – пост 2, 3 – ПДКс. с,

Для анализа сезонной изменчивости концентраций оксидов азота были взяты данные за последние три года – с 2017 по 2019 гг. На рисунках 3 и 4 показаны средние месячные концентрации  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  за указанный период.

На протяжении всего года средние месячные концентрации  $\text{NO}$  существенно меньше ПДКс. с., при этом сезонная изменчивость выражена слабо. Максимальные концентрации  $\text{NO}$  отмечаются в период с марта по май, минимальные – в июне и июле.



**Рис. 3.** Средние месячные концентрации оксида азота ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) на посту наблюдения 1 г. Вологды в период с 2017 по 2019 г. 1 – ПДКс. с.



**Рис. 4.** Средние месячные концентрации диоксида азота ( $\text{мг/м}^3$ ) на постах наблюдения г. Вологды в период с 2017 по 2019 г. 1 – пост 1, 2 – пост 2, 3 – ПДКс. с,

По сравнению с NO сезонные вариации концентраций  $\text{NO}_2$  выражены намного сильнее, в особенности на посту 2. На посту 1 максимальные концентрации  $\text{NO}_2$  наблюдаются в период с марта по май, на посту 2 максимальные концентрации отмечаются с января по май, при этом средняя месячная концентрация в марте превышает ПДКс. с. В период с июня по декабрь на обоих постах отмечаются пониженные концентрации  $\text{NO}_2$  с некоторым ростом в декабре.

Таким образом, оксиды азота являются одними из главных антропогенных загрязнителей атмосферного воздуха городов, являются причиной образования фотохимического смога и повышения концентраций приземного озона. Поступая в атмосферу оксиды азота становятся важной составляющей фотохимических процессов в атмосфере.

Выявлено что за последние два десятилетия отмечается постепенное снижение концентрации оксида азота (NO) в атмосфере г. Вологды. Наблюдаемые концентрации диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) увеличивались до 2013-2014 гг., после чего отмечается их отчетливое снижение. В отдельные годы средние годовые концентрации  $\text{NO}_2$  превышали ПДКс. с.

В ходе анализа значений концентраций оксидов азота за последние три года (2017-2019 гг.) показано, что сезонная изменчивость концентраций NO выражена слабо. В течение всего года средние месячные концентрации существенно меньше установленного норматива. Для  $\text{NO}_2$  характерно повышенное содержание в период с января по май, пониженное содержание с июня по декабрь. При этом средняя месячная концентрация  $\text{NO}_2$  на посту 1 в марте превышает ПДКс. с.

#### Список литературы

1. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб: Астерион, 2008. – 254 с.



2. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 22.12.2017. – Введ. 20.01.2018

3. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 2018 г.: ежегодник / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гл. геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова; подготовлен Ануфриевой А. Ф. [и др.]. — 2019. – 250 с.

4. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005 – Summary of risk assessment, WHO, 2006.

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ**

Пестрякова К. А., Чердакова А. С., Гальченко С. В.

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина», г. Рязань

e-mail: cerdakova@yandex.ru

**ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR PROCESSING WASTE FROM THE  
RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY IN RUSSIA**

Pestryakova K.A., Cherdakova A.S., Galchenko S.V.

Ryazan State University named for S. Yesenin, Ryazan

e-mail: cerdakova@yandex.ru

**Аннотация.** Отходы радиоэлектронной промышленности являются источником поступления в окружающую среду более тысячи различных токсичных веществ, таких как соединения тяжелых металлов, углеводороды, поливинилхлориды и др. Ввиду интенсивного развития данной отрасли в РФ возрастают и объемы образующихся отходов. В статье приводится обзор наиболее распространенных технологий переработки отходов радиоэлектронной промышленности.

**Ключевые слова:** радиоэлектроника, отходы, переработка.

**Abstract.** Waste from the radio-electronic industry is a source of more than a thousand different toxic substances entering the environment, such as heavy metal compounds, hydrocarbons, polyvinylchlorides, etc. Due to the intensive development of this industry in the Russian Federation, the volumes of generated waste are also increasing. The article provides an overview of the most common technologies for processing waste from the radio-electronic industry.

**Keywords:** radio electronics, waste, processing.

В настоящее время отечественная радиоэлектронная промышленность занимает высокую позицию на мировом рынке наукоёмких технологий. Производимое в России радиоэлектронное оборудование имеет высокий потенциал для увеличения функциональных возможностей человека не только на Земле, но и в космосе. Усовершенствование производительности электронных устройств выступает причиной роста количества, устаревшего морально и физически оборудования, а также обуславливает увеличение количества отходов. Острота проблемы заключается в том, что уровень переработки отходов радиоэлектронной промышленности отстает от процессов производства в несколько раз [4].

Ввиду содержания значительных количеств цветных и драгоценных металлов, отходы радиоэлектронной промышленности имеют весьма высокий потенциал в аспекте вторичного использования [6,7].

Металлы могут составлять до 50 % от общей массы отходов радиоэлектронной промышленности. Как правило, в составе радиоэлектронного лома присутствуют медь (до 50 %), железо (до 20 %), олово (до 10 %), никель, свинец, алюминий, цинк (до 5 % каждого), а также золото (0,05-0,09 %) [5,7].

Процессы переработки радиоэлектронного лома осложняются его разнородностью и многокомпонентностью. Так, в состав лома входят смеси различных металлов, которые соединены, покрыты и смешаны с разнородными видами пластика или керамики. В этой смеси присутствуют благородные металлы в виде покрытий переменной толщины, припоев и, в небольших количествах, в виде компонентов сплавов.

По указанной причине технологии комплексной переработки, которые используют для извлечения металлов из многокомпонентного радиоэлектронного лома, обязательно включают в себя операции демонтажа, предварительной сортировки элементов аппаратуры, измельчения и сепарации лома. По способности к разделению отходы радиоэлектронной промышленности делят на три группы: легко сепарирующиеся, трудно сепарирующиеся и вовсе не сепарирующиеся.

Процесс разделения многокомпонентного радиоэлектронного лома включает в себя несколько этапов (рисунок 1).



**Рис. 1.** Технологическая схема разделения многокомпонентного радиоэлектронного лома [1]

Переработку смешанного радиоэлектронного лома лучше производить непосредственно на предприятиях. Такие операции, как фрагментация, дробление и измельчение лома позволяют обеспечить разделение металлов и неметаллических компонентов с последующим получением механической смеси.

В настоящее время в РФ наиболее активно применяются четыре основных способа переработки радиоэлектронного лома:

- механический;
- гидрометаллургический;

- механический в сочетании с гидрометаллургической переработкой;
- механический в сочетании с пиро- и гидрометаллургическими процессами.

Механические способы позволяют извлекать из радиоэлектронного лома платы с навесными радиодеталями. Для удаления крупных радиодеталей чаще всего применяют ручные и механизированные инструменты. В свою очередь, мелкие радиодетали удаляются с использованием пневмомолотков с плоскими зубилами. Но современные существующие механические технологии позволяют отделить от радиоэлектронного лома далеко не все детали. К таковым относятся: платы без радиодеталей, которые содержат в отверстиях плат остатки впаянных «ножек» радиодеталей, покрытых драгоценными металлами, и токопроводящие луженые медные дорожки. В платах без радиодеталей содержится небольшое количество драгоценных металлов, но их значимость как вторичного сырья определяется значительным содержанием в них меди и оловянно-свинцового припоя [1, 4].

Для извлечения из радиоэлектронного лома драгоценных металлов чаще всего применяют гидрометаллургические процессы, которые осуществляются в два этапа. Во время первого этапа вскрывают перерабатываемый продукт в водном растворе с использованием минеральных и органических реагентов. На втором этапе из раствора извлекают ценные компоненты путем электрорафинирования [4].

Существуют и другие технологии переработки отходов радиоэлектронной промышленности. Так, запатентована технология, благодаря которой можно извлекать благородные металлы из печатных плат с помощью растворения материала в кислоте путём с последующим добавлением нитрозила. Затем в данный раствор добавляют гидроксилламин, формальдегид или гипофосфат щелочных металлов [2].

Также известен способ, с помощью которого из отходов радиоэлектронной промышленности извлекают золото и ценные металлы. На первом этапе измельчают отходы и потом загружают их в изготовленную из титана анодную корзину, её поверхность покрыта катализатором, затем добавляют в электролит соли металлов переменной валентности и комплексообразователь. После этих манипуляций золото выпадает из электролита в осадок; другие металлы, содержащиеся в электролите, осаждаются на катоде. На втором этапе переплавляют анодное золото в слитки. После чего с помощью анодного растворения с наложением переменного асимметричного тока в электролите, который содержит водный раствор золотохлористоводородной кислоты, осаждают золото на катоде, а содержащееся в растворе серебро выделяется в виде осадка (хлорид), и скапливается на дне электролизера. В конце процесса электролиза образуется раствор, который содержит примеси с частью золота, их извлекают на дополнительный катод, имеющий анионитовую или пористую диафрагму [4].

Для переработки отходов радиоэлектронной промышленности применяются и другие электролизные технологии, например, пиро- и гидрометаллургические. Применяется технология, согласно которой сначала выплавляют слитки из электронного лома, которые потом загружают в электролизную ванну, наполненную раствором азотной кислоты. Затем с помощью электролита пропускают переменный электроток промышленной частоты с требуемой величиной напряжения и плотностью. Шлам, который содержит в себе золото и олово, оседает и скапливается на дне ванны; цветные металлы, палладий и серебро сохраняются и накапливаются в растворе. Потом шлам при температуре около 550 °С подвергает прокаливанию, это позволяет перевести содержащееся в нём олово в инертное состояние и далее производят выщелачивание в «царской водке». С помощью данной технологии можно повысить извлечение драгоценных металлов 1-4 % [3].

Таким образом, существующие технологии позволяют экологически безопасно утилизировать отходы радиоэлектронной промышленности с извлечением из них полезных компонентов, в первую очередь, цветных и драгоценных металлов. Но учитывая перманентно растущие объемы производства в радиоэлектронной отрасли возникает необходимость научного поиска новых эффективных способов переработки образующихся отходов.

#### Список литературы

1. Отходы радиоэлектронной промышленности. Способ переработки электротехнических и радиотехнических отходов. Изучение вещественного состава радиоэлектронного лома. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kemavrora.ru/othody-radioelektronnoi-promyshlennosti-sposob-pererabotk> (дата обращения 01.03.2020).
2. Пат. 2176279 Россия, МКИ6 С 22 В 11/00, С 25 С 1/20. Способ переработки вторичного золотосодержащего сырья в чистое золото (варианты) / Крыщенко К. И., Нейланд А. Б. – № 2001107586/02; Дата регистрации: 23.03.2001; Дата регистрации: 27.11.2001.
3. Пат. RU 2090633 С1. Способ переработки электронного лома, содержащего благородные металлы / Караев В. Г., Масликов С. Т., Давыдов А. М., Ступин В. А., Чантурия А. В., Породнов В. П.; Дата регистрации: 16.12.1994. Дата публикации: 20.09.1997.
4. Патрушева Т. Н., Барашков В. А., Чурбакова О. В., Петров С.К. Экологические проблемы производства и утилизации электронных средств // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2018. № 11 (6). С. 15-25.
5. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы / Под ред. Ю. А. Карпова. М.: Госкомдрагмет. Гиналмаззолото, 1996. 290 с.
6. Теляков А. Н., Горленков Д. В., Теляков Н. М. Технология переработки радиоэлектронного лома // Цветные металлы. 2015. № 9 (873). С. 68-72
7. Теляков А. Н., Рубис С. А., Александрова Т. А. Переработка отходов радиоэлектронной промышленности с максимальным извлечением драгоценных металлов // Записки Горного Института. 2013. Т. 202. С. 171-172

## ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОУСТОЙЧИВЫХ БАКТЕРИЙ И БИОЧАРА НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Погонышев П. Д., Горовцов А. В., Зинченко В. В., Федоренко Е. С., Минкина Т. М.,  
Бауэр Т. В., Лобзенко И. П.

Южный Федеральный Университет, Академия биологии и биотехнологии  
Ростов-на-Дону  
gaarhord@gmail.com

## INFLUENCE OF METAL-RESISTANT BACTERIA AND BIOCHAR ON MICROBIAL COMMUNITIES OF CONTAMINATED SOILS

Pogonyshv P.D., Gorovtsov A.V., Zinchenko V.V., Fedorenko E.S., Minkina T.M.,  
Bauer T.V., Lobzenko I.P.

**Аннотация.** Исследовалось влияние металлоустойчивых бактерий и двух видов биочара на микробные сообщества почвы, загрязненной тяжелыми металлами. Было установлено, что внесение данных ремедиационных агентов может оказывать разное влияние на изучаемые группы микроорганизмов. Эффект от совместного внесения оказался намного выше, чем при использовании ремедиантов по отдельности, однако выраженные положительные эффекты на рост и численность исследуемых сообществ, наблюдались только для аминоавтотрофных микроорганизмов.

**Ключевые слова:** биочар, пиролиз, ремедиация, металлоустойчивые бактерии, секвестрация.

**Abstract.** The influence of metal-resistant bacteria and two types of biochar on microbial communities of soil contaminated with heavy metals was studied. It was found that the introduction of these remediation agents can create different effects on the studied groups of microorganisms. The effect of joint use was much higher than when the remediants were used separately, however, pronounced positive effects on the growth and number of the studied communities were observed only for aminoautotrophic microorganisms.

**Keywords:** biochar, pyrolysis, remediation, metal-resistant bacteria, sequestration.

Биочар представляет собой углеродистый сорбент, который получают путем пиролиза различного рода биомассы, в первую очередь, из растительных остатков.

Одна из главных целей изучения и производства биочара это использование с целью повышения продуктивности почвы, секвестрирования углерода (С), а также фильтрации воды при просачивании в почву [2]. Биочар способен улучшать физико-химические свойства почвы: влагоудерживающую способность [5,9], изменять кислотно-щелочной баланс за счет повышения рН [6]. В настоящее время биочар широко применяется в целях повышения плодородия почв, изменения физико-механических свойств почв и ремедиации загрязненных различными поллютантами почв.

Биочар эффективно используется микроорганизмами при внесении в почву, так как обеспечивает новые ниши для колонизации [4]. Данное явление обеспечивает пористая структура биочара, что обеспечивает активное заселение почвенными микроорганизмами

подходящих по размеру пор. В структуре биочара выделяют микро (<2 мкм), мезо (2-50 мкм) и макро- (>50 мкм) поры, все они в той или иной степени выступают в качестве среды обитания для бактерий и грибов [3]. Крупные поры колонизируются быстрее, однако они не защищают бактерий от поедания почвенной микрофауной и других угроз внешней среды [8].

Процесс колонизации биочара микроорганизмами зависит в первую очередь от исходной структуры и состава биочара, которые, в свою очередь, определяются исходным сырьем и условиями пиролиза. Другими факторами являются свойства почв и время контакта биочара с почвой.

От условий получения биочара зависят его начальные свойства и их изменение со временем, что оказывает существенное влияние на микроорганизмы. Температурой пиролиза определяется степень пористости и дисперсности биочара, от которых зависит колонизация и размножение почвенных микроорганизмов. Поэтому при внесении биочара в почву стоит учитывать степень его пиролиза и происхождение сырья, из которого он изготовлен.

Микроорганизмы привлекают к себе все большее внимание специалистов в связи с возможностью их использования для ремедиации загрязненных почв. Загрязняющие вещества разной природы часто накапливаются в биологически активной части почвы, в наиболее биогенных ее горизонтах. Таким образом, основную роль в очищении почвы играют микроорганизмы и их консорциумы с высшими растениями.

Клетки бактерий имеют небольшие размеры и поэтому имеют большую площадь поверхности по отношению к объему, поверхность, которая может взаимодействовать с растворенными в почве потенциально токсичными элементами. Относительно высокая мощность катионного обмена была зарегистрирована для микроорганизмов по сравнению с другими компонентами почвы [10]. Следовательно, микроорганизмы обладают значительной способностью накапливать металлы, а также могут проявлять значительную селективность в отношении поллютантов.

Некоторые штаммы микроорганизмов, как природные, так и полученные в ходе селекции, обладают повышенной устойчивостью к токсическому действию ТМ. Данные штаммы перспективны для биоремедиации загрязненных металлами почв. Металлоустойчивые бактерии способны жить и развиваться при высокой концентрации различных ионов металлов, тогда как жизнедеятельность других организмов в подобных условиях будет угнетаться. Из данных литературы известно, что бактерии рода *Bacillus* способны к биоаккумуляции тяжелых металлов [1]. Таким образом можно сказать, что использование бактерий в качестве ремедиационного агента имеет высокие перспективы и ряд преимуществ перед другими средствами.

Целью данной работы была оценка влияния металлоустойчивых бактерий и биочара, полученного при разных температурах пиролиза, на численность некоторых групп микроорганизмов в черноземе обыкновенном.

#### **Материалы и методы.**

Экспериментальные образцы биочара были получены в результате термического разложения лузги подсолнечника при температурах пиролиза 500 и 700 °С. Для этого исходное сырье загружали в стальную реторту, которую герметично закрывали крышкой с приваренным штуцером для отвода газообразных продуктов и помещали в муфельную печь, подавая в реторту азот для создания инертной атмосферы. В несколько этапов реторту нагревали с определенной скоростью подъема температуры и выдерживали при температуре желаемого нагрева в течение 10 минут.

В качестве объекта исследования выбран верхний (0-20 см) слой чернозема обыкновенного мощного слабогумусированного тяжелосуглинистого на лессовидных суглинках. Для выполнения поставленной цели был заложен модельный эксперимент по следующей схеме: контроль, почва с внесением биочара, полученного при температуре пиролиза 500°C (Биочар 500), почва с внесением биочаром, изготовленного при температуре пиролиза 700°C (Биочар 700). Все варианты опыта закладывались в трехкратной повторности.

Для внесения в почву металлрезистентных бактерий был произведен посев чистых культур: *Bacillus pumilus*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus cereus* на чашки Петри для накопления биомассы. Далее был произведен смыв и получен концентрированный жидкий биопрепарат. Для установления числа клеток была измерена мутность бактериальных суспензий на денситометре Biosan DEN-1. Соотношение единиц Макфарланда и числа микробных клеток было принято, как 1 и  $3 \cdot 10^8$  соответственно. После нахождения числа микробных клеток культуральные жидкости были разведены в нужных пропорциях для внесения в почву. Штаммы бактерий были смешаны поровну так, что число вносимых клеток составляло  $10^7$  на 1 грамм почвы. Микробный раствор вносился послойно и равномерно по всему объему почвы. Жидкость с внесенной культурой учитывалась в объеме полива – 60% от полевой влагоемкости.

Почва помещалась в вегетационные сосуды объемом 500 мл, в количестве 465 г на горшок. Затем вносили биочар в количестве 2,5% от массы почвы. Был произведен посев ярового ячменя *Hordeum vulgare* сорта Ратник в количестве 10 семян на горшок, ячмень был заранее пророщен. Растения выращивались в течение 1 месяца. По окончании вегетации растений почва подвергалась микробиологическому анализу. Бралась навески массой 10 г и разведения почвенной суспензии высевались на питательные среды: МПА (мясопептонный агар), КАА (крахмало-аммиачный агар). Чашки инкубировались в течение 7 суток после чего производился учет выросших колоний.

### Результаты и обсуждение.

В результате учета колоний на чашках Петри были получены следующие данные, представленные в виде графиков (Рис. 1 а, б).

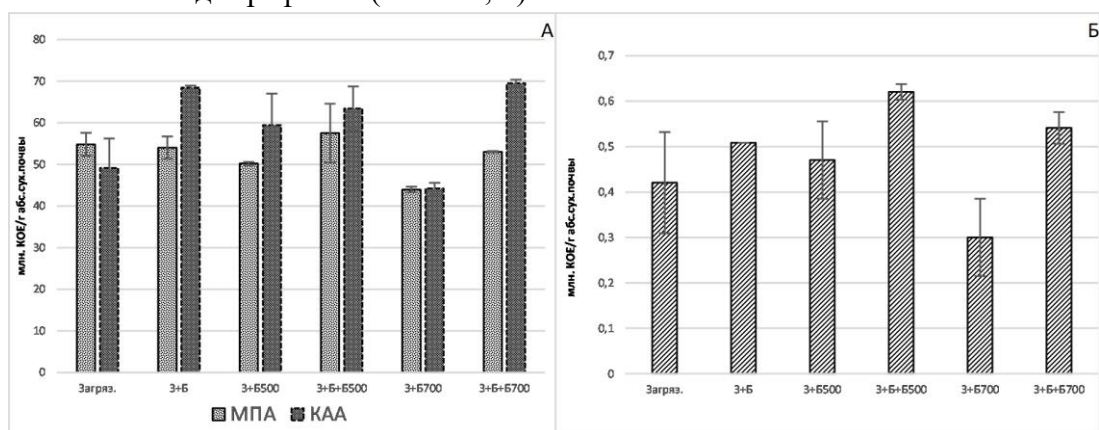


Рис. 1. Численность бактерий на МПА и КАА (Рис. 1а), актиномицетов (Рис. 1б).

На рисунке 1 видно, что внесение биочара разных температур пиролиза, металлоустойчивых бактерий вместе и по отдельности не оказало достоверно положительного эффекта на сообщество бактерий, использующих органические источники азота (МПА). В то же время картина, полученная для аминоавторофов, имеет другой характер: значительного прироста в численности, максимально +40% относительно



контроля, достигли образцы с внесением бацилл и совместным внесением бактерий и обоих типов биочара. Однако, внесение биочаров 500°C и 700°C не показало статистически достоверного прироста их численности. Повышение численности сообщества аминоавтотрофов (КАА) при внесении бактерий возможно является следствием того, что представители р. *Bacillus* продуцируют большое количество экзогенных гидролаз и значительно ускоряют минерализацию органики, что может стимулировать рост использующих минеральный азот аминоавтотрофов.

На среде МПА наблюдается отсутствие прибавки роста, а в некоторых случаях и снижение численности бактерий, использующих органические формы азота. Это связано с тем, что лимитирующим фактором для данной группы микроорганизмов является общее количество доступной свежей органики, и почвенные бактерии находятся в конкуренции за органические формы азота с внесенными бациллами. Также в сравнении видно, что биочар 700 оказал отрицательное влияние на обе группы почвенных бактерий, в отличие от биочара 500. Можно сделать вывод, что в пиролиз биомассы при температуре 700 делает структуру биочара не оптимальной для колонизации внесенными микроорганизмами, за счет снижения размера пор. Кроме того, при более высокой температуре пиролиза высвобождается больше побочных продуктов, таких как органические кислоты, фенол, альдегиды и др. [7]. Эти вещества токсичны практически для всех живых существ, в том числе и металлоустойчивых бактерий. Отдельную нишу в почвенных сообществах занимают актиномицеты. Данные микроорганизмы имеют мицелиальное строение и их гифы могут прорасти в поровое пространство гранул биочара. По результатам исследований, актиномицеты (рис. а) показали достоверное увеличение численности на образцах с совместным внесением бактерий и обоих типов биочара. По-видимому, как и в случае с общей численностью аминоавтотрофов, внесение бацилл дало мощный толчок в минерализации органики за счет выделения гидролитических ферментов, что привело к росту численности данной группы почвенных микроорганизмов.

#### **Выводы.**

Внесение металлоустойчивых бактерий р. *Bacillus* дало прирост практически во всех случаях. Использование биочаров в качестве самостоятельных ремедиационных агентов, в результате данного опыта оказалось неэффективным. Однако совместное использование биочара как 500, так и 700 и спорообразующих бактерий дало высокий прирост численности аминоавтотрофных микроорганизмов почти во всех вариантах опыта, что говорит о синергическом эффекте биочара в сочетании с культурами микроорганизмов.

Исследования поддержаны грантом РФФИ №19-74-10046

#### Список литературы

1. Сизенцов А. Н., Гальченко Т. А., Мартынович Ю. И. Аккумуляция тяжелых металлов пробиотическими препаратами на основе бактерий рода *Bacillus* в условиях *in vitro* // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2013. – Т. 216. – №. 4.
2. Barrow C. J. Biochar: potential for countering land degradation and for improving agriculture // *Applied Geography*. – 2012. – Т. 34. – С. 21-28.
3. Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. In *Biochar for environmental management: Science and Technology*, (pp. 13-32).

4. Egamberdieva, D., Hua, M., Reckling, M., Wirth, S., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2018). Potential effects of biochar-based microbial inoculants in agriculture. *Environmental Sustainability*, 1(1), 19-24.
5. Haider, G.; Steffens, D.; Moser, G.; Müller, C.; Kammann, C.I. Biochar reduced nitrate leaching and improved soil moisture content without yield improvements in a four-year field study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2017, 237, 80–94.
6. Latawiec, A.E.; Strassburg, B.B.N.; Silva, D.; Alves-Pinto, H.N.; Feltran-Barbieri, R.; Castro, A.; Iribarrem, A.; Rangel, M.C.; Kalif, K.A.; Gardner, T.; et al. Improving land management in Brazil: A perspective from producers. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2017, 240, 276–286
7. Spokas K. A. et al. Qualitative analysis of volatile organic compounds on biochar //Chemosphere. – 2011. – T. 85. – №. 5. – C. 869-882.
8. Noyce et al. (2016). European Commission JRC 66955 – Joint Research Center – Institute for Reference Material and Measurements // Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) fact-sheet – 4th Edition. Ed. Donata Lerda, 2011, 27 pp.
9. Vanclay, F. Social principles for agricultural extension to assist in the promotion of natural resource management. *Aust. J. Exp. Agric.* 2004, 44, 213–222.
10. Zwarun A. A., Bloomfield B. J., Thomas G. W. Effect of soluble and exchangeable aluminum on a soil Bacillus //Soil Science Society of America Journal. – 1971. – T. 35. – №. 3. – C. 460-463.

**ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КОМПОНЕНТОВ УРБОГЕОСИСТЕМЫ  
(ПО ДАННЫМ КРАСНОДАРА)**

Погорелов А. В., Киселёв Е. Н.  
Кубанский государственный университет  
г. Краснодар

**REMOTE MONITORING OF URBOGEOSYSTEM COMPONENTS  
(ACCORDING TO KRASNODAR DATA)**

Pogorelov A. V., Kiselev E.N.  
Kuban State University  
Krasnodar  
pogorelov\_av@bk.ru

**Аннотация.** Город Краснодар в последние два десятилетия по темпам жилищного строительства и увеличения площади застройки – один из наиболее динамично растущих городов в России. Рост города сопровождается трансформацией его антропогенного и природно-экологического «каркасов», соотношений площадей разных типов городской поверхности. По данным спутниковых снимков Landsat построены соответствующие карты и определены изменения основных типов городской поверхности (городская застройка, растительность, открытая почва, водные объекты) в 2002-2019 гг. Показатели застройки анализируются с позиции соотношений экологического и антропогенного каркасов города.

**Ключевые слова:** урбогеосистема, рост города, спутниковый снимок, дистанционный мониторинг, Краснодар.

**Abstract.** In the last two decades, the city of Krasnodar is one of the most dynamically growing cities in Russia in terms of the pace of housing construction and the increase in the building area. The growth of the city is accompanied by the transformation of its anthropogenic and natural-ecological "frames", the ratio of the areas of different types of urban surfaces. According to Landsat satellite images, corresponding maps were built and changes in the main types of urban surfaces (surface of buildings, vegetation, open soil, water bodies) in 2002-2019 were determined. Urbanization indicators are analyzed from the standpoint of the ratio of the ecological and anthropogenic frames of the city.

**Keywords:** urbogeosystem, urban sprawl, satellite image, remote monitoring, Krasnodar.

В начале XXI века город Краснодар демонстрирует феноменально высокие для России темпы роста, отразившиеся, в частности, в динамике численности населения и увеличении площади застройки. Увеличение численности населения в Краснодаре в 2011–2019 гг. достигло 24%; в сентябре 2018 г. Краснодар официально обрёл статус города-миллионера. На фоне резкого увеличения площади и одновременно физических объёмов застройки, наблюдается территориальная экспансия и уплотнение города Краснодара. Для обозначения феномена роста городов широко употребляется термин «urban sprawl» (расползание города) [4]. Как правило, подобное расползание на фоне повышающейся мобильности населения характеризуется поглощением городами сельскохозяй-

ственных земель, природных и слабоизменённых ландшафтов. Ранее возник термин «городская экспансия» [9]. Процесс экспансии города осуществляется как радиальное расширение в виде тенденции внутренних городских зон (центральной, транзитной) увеличивать свою территорию путем проникновения во внешние зоны («спальные» районы, пригороды).

Рассматривая город как систему во множестве измерений и взаимодействующих компонентов, обратим внимание на следующие обстоятельства, определяющие направленность нашего анализа. Рост города в его разных аспектах (физических, технических, геоэкологических и др.) влечет за собой изменение его общественной организации. Неуправляемая или плохо контролируемая экспансия с возможным избыточным ростом города, сопровождаемая увеличением численности населения, количеством иммигрантов, изменениями возрастной структуры и разного рода сложившихся в городе социальных дифференциаций, способна ослабить управляемость общественными процессами, усилить элементы общественной дезорганизации и одновременно ускорить её реорганизацию. Значимым фактором общественной организации служит сложно формализуемый показатель качества городской среды, оказывающей прямое и опосредованное воздействие на демографические и прочие процессы.

Резкое увеличение показателей жилищного строительства в Краснодаре отмечено с 2005 г. Если в посткризисный 2001 г. по объёмам введенной жилой площади (77 тыс. м<sup>2</sup>) Краснодар оказался на уровне 1957 г., то уже к 2005 г. этот показатель возрос более чем в 3 раза, а к 2010–2012 гг. по числу построенных домов (147–258) Краснодар приблизился к Москве (140–202) (<http://mingkh.ru/>). После 2008 г. по показателям ежегодного строительства, включая количество квартир, Краснодар обогнал ближайшие города-миллионеры Воронеж и Ростов-на-Дону, выйдя на принципиально новые масштабы капитального строительства (рис. 1).

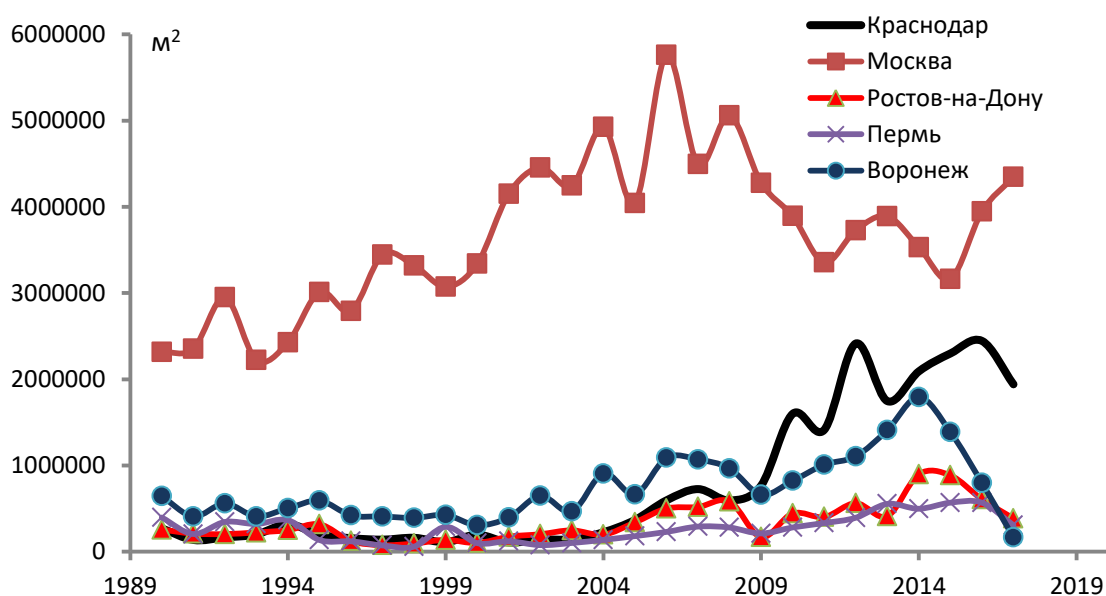


Рис. 1. Динамика общей площади построенных домов

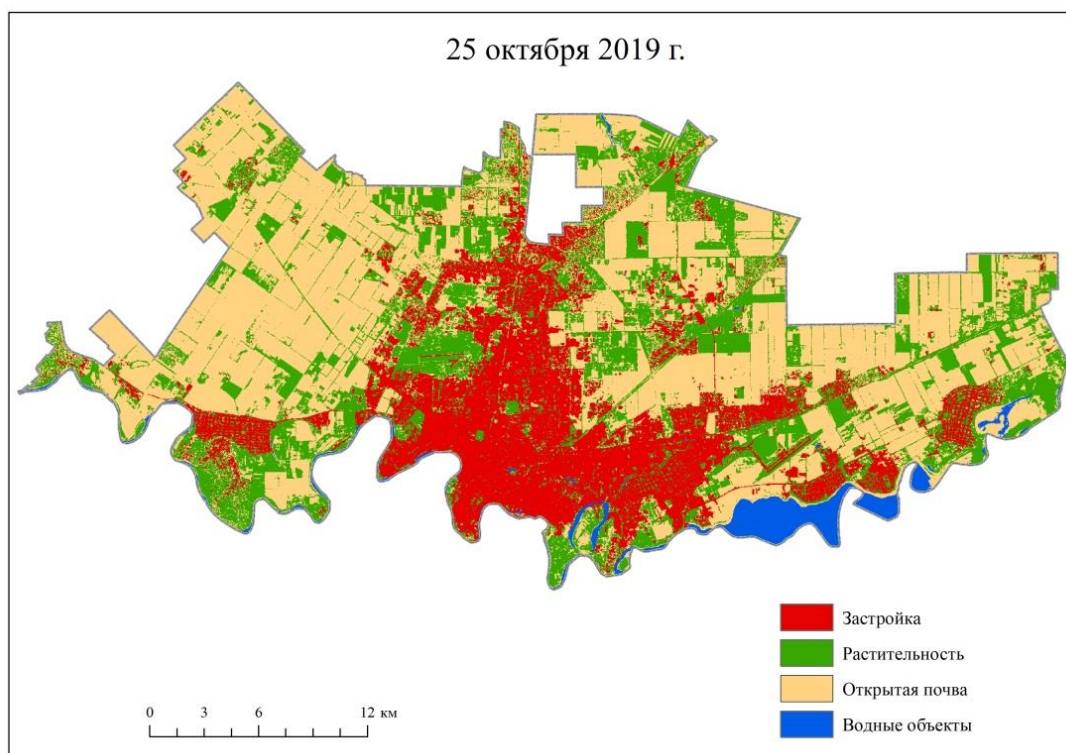
Рассмотрим пространственно-географический и экологический аспекты преобразований, происходящих в Краснодаре. Известно, что для гармонично развивающейся урбогеоси-

стемы желателен пропорциональный рост её компонентов. Наличие диспропорций сдерживает развитие. Основой длительного устойчивого развития города служит экологическая сбалансированность формируемых природно-экологического и антропогенного каркасов [1]. В анализе мы обращаемся к двум условно противостоящим и одновременно сопряжённым сущностям, формирующим урбогеосистему Краснодара: природно-экологическому и антропогенному каркасам города. На данном этапе анализа мы ограничились рассмотрением некоторых пространственных показателей за 2002–2019 гг.

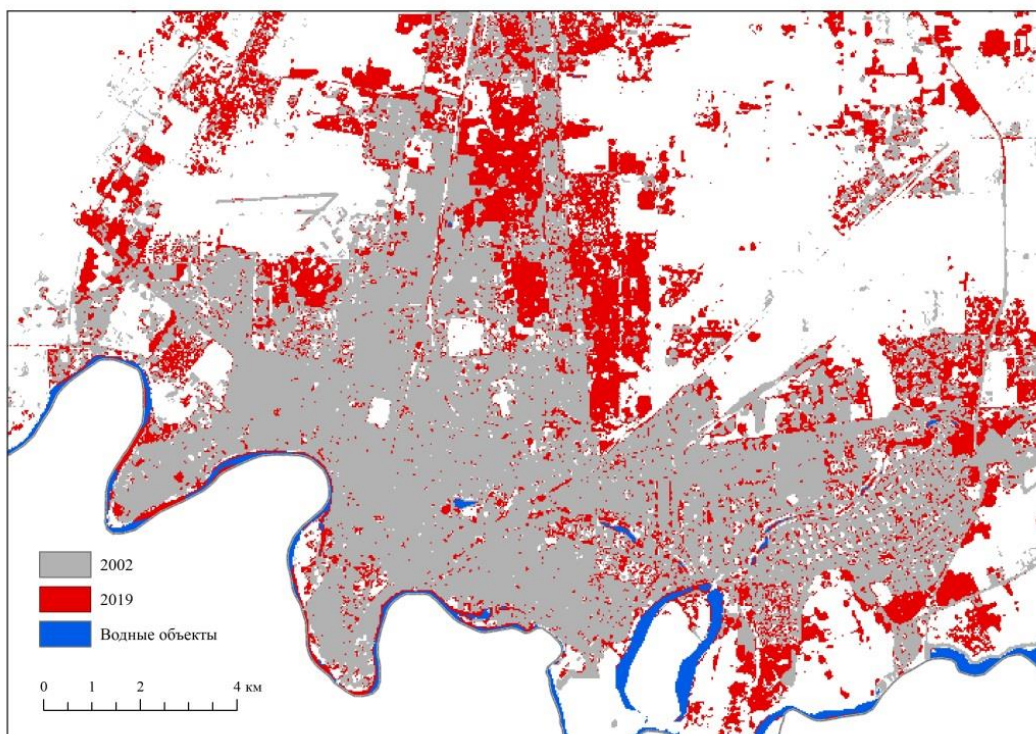
Согласно [1, с. 80] антропогенный каркас представляет собой застроенные территории, развивающиеся вдоль транспортных и инженерных коммуникаций, а природно-экологический каркас – это территории зелёных насаждений и акваторий, связанных между собой участками бульваров и (или) элементами гидрографической сети. Термины «природно-экологический каркас территории», «экологический каркас», «природный каркас» в разных вариациях используются во множестве исследований [2; 7 и др.]. Объединяет их, независимо от дефиниций, средообразующая и защитная функции, направленные на создание благоприятной и устойчивой городской среды за счет городской сети природных и квази-природных элементов. Под «антропогенным каркасом» города здесь мы понимаем застроенные территории, ключевое свойство которых с позиции формирования среды, кроме собственно застроенности, – запечатанность поверхности почв. Запечатанные поверхности, включающие застроенные поверхности и дорожную сеть [3], объединены в один класс – застройка. Запечатанность почвенного покрова хорошо отражает степень антропогенной преобразованности городской среды через воздействие на местный тепло- и радиационный обмен, водный баланс, органический обмен и пр.

По данным спутниковых снимков оценим площадь и соотношение застроенных (запечатанных) территорий и территорий, включающих зеленые насаждения, открытые почвы и поверхности водных объектов в границах МО город Краснодар (на территории около 840 км<sup>2</sup>). Для анализа использованы спутниковые снимки высокого разрешения Landsat-7 ETM+ (18.10.2002) и Landsat-8 (25.10.2019). В качестве основного метода классификации изображений выбран метод максимального правдоподобия (Maximum Likelihood). Преимущество метода – четкое разграничение пикселей со сходными спектральными характеристиками [8]. Для решения задач анализа выделялись 4 класса поверхностей – городская застройка, растительность, открытая почва, водные объекты. Распознаванию на снимках каждого класса предшествовал выбор эталонов с учётом положения эталонов на соответствующих кадастровых участках, а также избирательная верификация эталонных поверхностей на местности. В результате классификации построены карты (рис. 2, 3).

По нашим расчётам площадь городской застройки в пределах МО город Краснодар за 2002–2019 гг. увеличилась с 11,9 тыс. га до 18,2 тыс. га, то есть в сравнении с 2002 г. на 52,9% (рис. 3). Вместе с тем, для объективного оценивания свойств городской среды и физических свойств застройки показатель проективной площади следует дополнить характеристиками объема застройки. В новых и изменённых жилых микрорайонах качество пространства по соотношению площадь застройки / незапечатанные поверхности оказалось значительно ниже, чем в микрорайонах, построенных в 60-е и 70-е гг. XX в. С увеличением площади и плотности застройки и, одновременно, площади запечатанных поверхностей в Краснодаре, сокращается площадь земель, пригодных для озеленения. Это вызывает, в свою очередь, снижение комфортности городской среды по ряду показателей, включая микроклиматические характеристики.



**Рис. 2.** Выделенные в границах МО город Краснодар классы поверхностей



**Рис. 3.** Рост городской застройки Краснодара в 2002–2019 гг.

Урбанизация территории в границах МО город Краснодар происходит как за счёт повышения плотности существующих застроенных территорий, так и в результате экспансии. В силу естественных географических причин Краснодар, располагаясь в степной зоне, фактически лишен зеленого пояса. Это не только ухудшает компенсационные экологические

возможности при сравнительно малой площади зелёных массивов, но и потенциально способствует экспансии застройки на окружающие территории. Внутри основного урбанизированного пространства в Краснодаре (рис. 2) отсутствует непрерывность и целостность зелёных насаждений в форме «каркаса»; кроме того, сокращаются площади незапечатанных поверхностей (рис. 3). Последнее относится, принимая во внимание динамику зелёных насаждений [5; 6], и к пространству муниципального образования в целом.

В заключение отметим назревшую необходимость построения по данным воздушного лазерного сканирования полноценной трехмерной модели города, включающую модели объектов недвижимости и зеленых насаждений. Это создаст предпосылки для последующих обоснованных расчётов ряда пространственно распределенных показателей, включая микроклиматические.

#### Список литературы

1. Евплова И. Б., Митягин С. Д. Экологические задачи развития планировочной структуры Санкт-Петербурга // Вестник. Зодчий. 21 век. 2012. № 2 (43). С. 104–107.
2. Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. С. 127–146.
3. Кошелева О. Ю. Оценка запечатанности почвенного покрова города Волгограда // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 1. С. 12–18.
4. Нестерова А. И. Регулирование роста городов // Управление развитием территории. № 2. 2011. С. 64–65.
5. Погорелов А. В., Липилин Д. А. Зеленые насаждения города Краснодара. Оценка и многолетние изменения // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. №3 (27). С. 192–205.
6. Погорелов А. В., Прокопенко Х. С., Липилин Д. А. Лесные полосы в городе Краснодара: оценка состояния и изменения // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2019. №4 (36). С. 77–91.
7. Пономарев А. А., Байбаков Э. И., Рубцов В. А. Экологический каркас: анализ понятий // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2012. Т. 154. Кн. 3. С. 228–238.
8. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. 307 с.
9. Burgess E.W. The Growth of the City: An Introduction to a Research Project // Park R.E., McKenzie R.D. The City. Chicago^ The University of Chicago Press, 1925. P. 47–62.

**ОБ ЭВТРОФИКАЦИИ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ФАКТОР  
ФИТОПЛАНКТОНА)**

Погорелов А. В.<sup>1</sup>, Лагута А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кубанский государственный университет

<sup>2</sup> ООО «АГМ Системы»

г. Краснодар

**TO EUTROFICATION OF THE KRASNODAR RESERVOIR (PHYTOPLANKTON  
FACTOR)**

Pogorelov A.V.<sup>1</sup>, Laguta A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kuban State University

<sup>2</sup> AGM Systems LLC

Krasnodar

pogorelov\_av@bk.ru

**Аннотация.** Исследование нацелено на определение значимости фактора эвтрофикации в процессах преобразования Краснодарского водохранилища. По данным 51 спутникового снимка Sentinel-2 за 2015-2020 гг. представлены результаты расчётов концентрации хлорофилла «а» – показателя биомассы фитопланктона. Сенсор MSI позволяет рассчитать концентрацию хлорофилла «а» (хл «а») на основе нормализованного разностного индекса хлорофилла. Оценки хл «а» получены для общей площади 277,5 км<sup>2</sup>, т. е. основной чаши Краснодарского водохранилища и отчленившегося от него Тщикского водоёма.

**Ключевые слова:** Краснодарское водохранилище, заиление, спутниковые снимки, Sentinel-2, фитопланктон, индекс хлорофилла NDCI, хлорофилл «а», пространственное распределение, сезонная изменчивость, трофический статус.

**Abstract.** The study is aimed at determining the significance of the eutrophication factor in the transformation of the Krasnodar reservoir. Based on 51 Sentinel-2 satellite images for 2015-2020 presents the results of calculations of the concentration of chlorophyll «a» – an indicator of the biomass of phytoplankton. The MSI sensor calculates the concentration of chlorophyll «a» (chl «a») based on the normalized chlorophyll difference index. The estimates of chl «a» were obtained for a total area of 277.5 km<sup>2</sup>, i.e. the main bowl of the Krasnodar reservoir and the Tshchik reservoir, which was cut off from it.

**Keywords:** Krasnodar reservoir, siltation, satellite images, Sentinel-2, phytoplankton, chlorophyll index NDCI, chlorophyll «a», spatial distribution, seasonal variability, trophic status.

Краснодарское водохранилище, введенное в эксплуатацию в 1973 г., подвержено заметной трансформации: на фоне уменьшения площади, полезного объема и средних глубин непрерывно меняются конфигурация водоёма и морфология дна [3, 4, 7]. На изменение конфигурации и сокращение площади зеркала существенно повлияло формирование надводной «перемычки» с отчленением бывшего Тщикского водохранилища, ставшего, по сути, автономным. Трансформация водохранилища с преобразованиями интенсив-



ности водообмена неизбежно влияет на гидробиологический режим, сезонную изменчивость концентрации органического вещества (фитопланктона в первую очередь).

Фотосинтетические пигменты фитопланктона, в частности, хлорофилл «а» (хл «а»), служат биологическими маркерами процессов образования, миграции и трансформации органических веществ внутри водоема. Сам хл «а», преобладающий во всех группах водорослей, является общепринятым показателем биомассы фитопланктона. Для определения биологической продуктивности морских акваторий и оценок концентрации хлорофилла «а» в последние годы эффективно применяются данные дистанционного зондирования Земли [5, 8, 9, 10, 12; и др.]. В настоящей работе поставлена задача по спутниковым снимкам оценить распределение и временную изменчивость хл «а» в Краснодарском водохранилище и Тщикском водоеме на общей площади около 277 км<sup>2</sup>. Фитопланктон, представляющий главную автотрофную составляющую водоемов, вызывает повышенный интерес именно в связи с реакцией биоты и возможных проявлений эвтрофикации на достаточно быструю трансформацию водохранилища как водной экосистемы.

Использованы материалы дистанционного зондирования Земли спутниками Европейского космического агентства Sentinel-2 с оптическими сенсорами MSI. Исследования временной и пространственной изменчивости фитопланктона в Краснодарском водохранилище – крупнейшем на Северном Кавказе искусственном водоёме – до сих пор не проводились. Относительная оценка содержания взвешенного вещества (включая органическое) выполнена путем расчета нормализованного разностного индекса хлорофилла *NDCI*. Непосредственно для расчётов хл «а» применена двухканальная модель, использующая изображения в красном (665 нм) и ближнем инфракрасном (705 нм) диапазонах. Оценка концентрации хл «а» (мг/м<sup>3</sup>) из индекса *NDCI* производилась по эмпирической формуле [11]. Фрагмент результатов расчётов показан в таблице 1.

Таблица 1

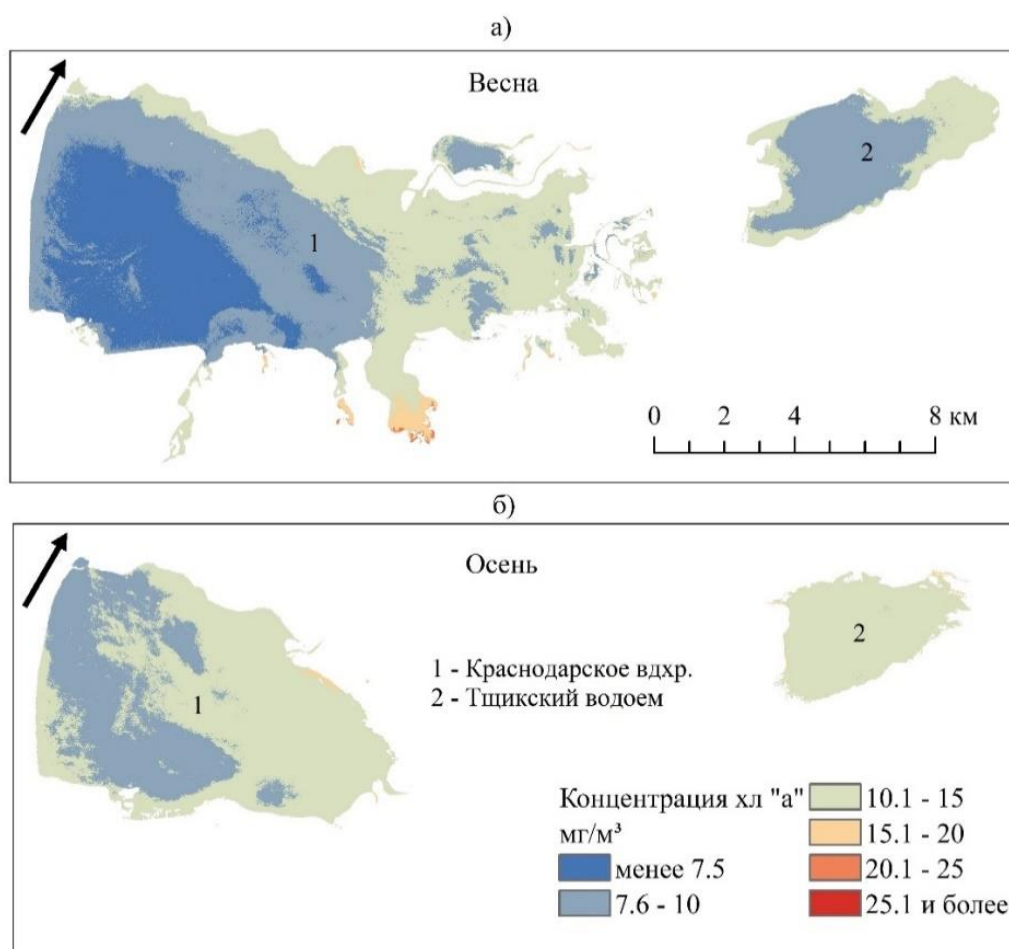
**Показатели концентрации хл «а» (мг/м<sup>3</sup>) в Краснодарском водохранилище и Тщикском водоеме по данным спутниковых снимков Sentinel-2**

Дата	Тщикский водоем			Краснодарское водохранилище		
	ХЛ «а» <sub>сред.</sub>	ХЛ «а» <sub>min</sub>	ХЛ «а» <sub>max</sub>	ХЛ «а» <sub>сред.</sub>	ХЛ «а» <sub>min</sub>	ХЛ «а» <sub>max</sub>
20.02.2019	14,36	6,25	46,68	9,94	4,50	108,29
07.03.2019	13,56	5,33	42,23	9,99	4,60	76,83
29.08.2019	13,39	5,21	96,69	13,52	7,78	46,50
03.09.2019	-	-	-	11,05	4,57	62,63
13.10.2019	9,28	4,50	88,38	11,17	4,50	67,32
17.11.2019	-	-	-	9,85	4,91	52,01
07.12.2019	-	-	-	10,16	4,50	106,05
16.01.2020	8,99	4,50	58,77	11,69	4,53	76,80
10.02.2020	-	-	-	14,14	4,50	59,90
16.03.2020	14,68	6,01	53,34	-	-	-

Особенность Краснодарского водохранилища – высокие объёмы ежегодной сработки, приводящие к внутригодовым колебаниям площади зеркала (в 2,3 раза и более) и объёма (в 6 раз и более), а также соответствующей интенсивности обменных процессов. На развитие фитопланктона в Краснодарском водохранилище, кроме небольших глубин водоёма, оказывают

влияние относительно длительный период вегетации и высокая температура воды [2, 6]. В целом в составе альгофлоры в водохранилище весной доминируют диатомовые водоросли, летом и осенью – синезелёные.

Анализ пространственного распределения хл «а» с построением карт средних за сезон значений выполнен для весны и осени. Сложность построения карт для лета вызвана большой изменчивостью уровня воды. Весна характеризуется уровнями водохранилища, близкими к нормальному подпорному уровню (НПУ = 32,75 м). Как видим (рис. 1), относительно неглубокой северо-восточной части водоёма в каждый из сезонов свойственны повышенные средние значения хл «а». В верхней части водохранилища очевидно влияние речного стока (Кубань, Пшиш) с повышенной концентрацией биогенных веществ. Кроме того, высокие концентрации хл «а» свойственны областям стокового течения и участкам эстуариев левобережных притоков. В устье р. Марты весной средняя величина хл «а» достигает 35,3 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1а).

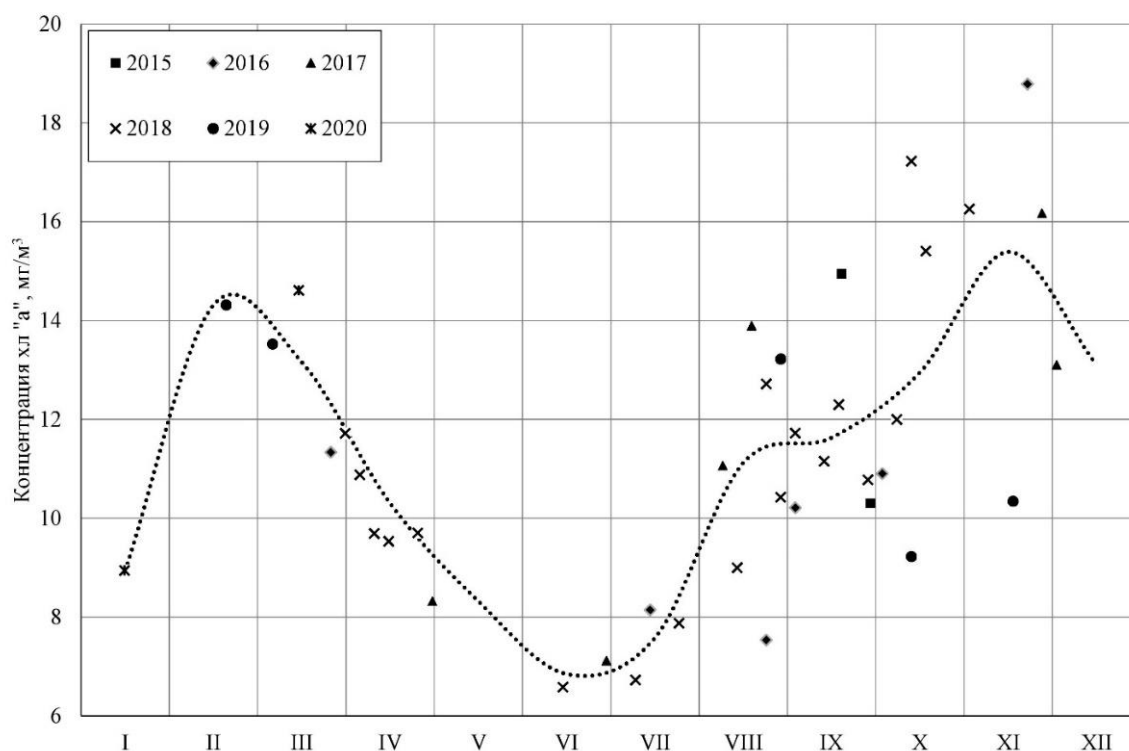


**Рис. 1.** Пространственное распределение средней концентрации хл «а» весной (а) и осенью (б) в 2015–2020 гг.

Пространственная изменчивость хл «а» в Краснодарском водохранилище в конкретные даты заметно отличается от распределения средних показателей. Так, 26.04.2018 значения хл «а» изменялись в диапазоне 4,5...68,4 мг/м<sup>3</sup> при среднем для акватории 9,3 мг/м<sup>3</sup>; при этом среднее квадратическое отклонение оказалось равным 3,3 мг/м<sup>3</sup>, а коэффициент асимметрии 2,2. В структуре пространственного распределения хл «а» отчётливо маркируются как локальные русловые струи в эстуариях, так и течения, отражающие общую циркуляцию

водных масс на дату съёмки. В Тщикском водоёме с ослабленной циркуляцией и преобладающими глубинами 1,6-1,7 м изменчивость хл «а» менее выражена: при диапазоне значений 5,6...33,9 мг/м<sup>3</sup> средняя величина равна 9,7 мг/м<sup>3</sup>, среднее квадратическое отклонение – 2,2 мг/м<sup>3</sup>, коэффициент асимметрии – 0,6.

Изменения средней концентрации хл «а» имеют выраженный сезонный характер. В акватории Тщикского водоема весенний пик, соответствующий цветению диатомовых водорослей, со средними для всей акватории значениями до 14,7 мг/м<sup>3</sup> наблюдается с конца февраля до середины марта (рис. 2). Максимальные концентрации в этот период достигали 46,4 мг/м<sup>3</sup>. После весеннего пика концентрация хл «а» монотонно снижается до 6-8 мг/м<sup>3</sup> в июне – июле, охватывающих непродолжительный период летней депрессии. Вслед за ним рост средних значений концентрации хлорофилла «а» продолжается до поздней осени, достигая своего пика (16-18 мг/м<sup>3</sup>) в ноябре. Максимальные из измеренных значения хл «а» (88 мг/м<sup>3</sup>) также соответствуют осеннему периоду. Отметим большую вариативность величин хлорофилла «а» в августе – ноябре в разные годы (рис. 2).



**Рис. 2.** Сезонные изменения средней концентрации хл «а» в Тщикском водоёме. Линия – тренд среднемесячной концентрации хл «а» за период 2015–2020 гг.

Определение трофического статуса водоёма с использованием шкалы для озёр умеренной зоны [1] выполнялось по данным средних многолетних значений концентрации хл «а». Весной часть акватории Краснодарского водохранилища на общей площади 94 км<sup>2</sup> соответствует мезотрофному статусу, остальные 145 км<sup>2</sup> – эвтрофные воды. Отдельно отметим наличие в эстуарии р. Марты локальных гипертрофных участков. В осенний период весь водоем относится к классу эвтрофных. Акватория Тщикского водоема оказалась однородной по трофическому статусу (эвтрофные воды) как в весенний период, так и осенью.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта МФИ-20.1/123.*

## Список литературы

1. Антонова Р. В., Севастьянов Д. В. К вопросу о влиянии морфометрических характеристик озер и их водосборов на трофический статус водоемов // Вестник СПбГУ. 2004. Сер. 7. Вып. 1. С. 83–87.
2. Каширин А. В., Сирота Ю. В. Потенциал повышения биопродуктивности Краснодарского водохранилища за счет резервов кормовой базы // Труды АзНИИРХ. Биоресурсные исследования. Ростов-на-Дону, 2017. С. 75–81.
3. Лагута А. А., Погорелов А. В. Особенности заиления Краснодарского водохранилища. Опыт оценки по данным батиметрических съёмок // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №4(47). С. 54–66. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-54-56 ISSN 2079-7877
4. Лагута А. А., Погорелов А. В. Трансформация Краснодарского водохранилища (1941-2018 гг.) // Известия высших учебных учреждений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2019. №3. С. 45–54. DOI: 10.23683/0321-3005-2019-3-45-54.
5. Матишов Г. Г., Поважный В. В., Бердников С. В. и др. Оценки концентрации хлорофилла «а» и первичной продукции в Азовском море с использованием спутниковых данных // Докл. РАН. 2010. Т. 432. № 4. С. 563–566.
6. Москул Г. А. Рыбохозяйственное освоение Краснодарского водохранилища // СПб: ГосНИОРХ, 1994.- 121 с.
7. Погорелов А. В., Лагута А. А. Краснодарское водохранилище: состояние и трансформация за период эксплуатации // В сборнике: Региональные географические исследования Сборник научных трудов. Под общей редакцией А. В. Погорелова. Краснодар, 2019. С. 34–42.
8. Сапрыгин В. В., Бердников С. В., Кулыгин В. В., Дашкевич Л. В., Местецкий Л. М. Пространственное распределение и сезонная динамика концентрации хлорофилла “а” в Азовском море по данным спутниковых снимков спектрометра MERIS // Океанология. 2018. Т.3. С. 751–762.
9. Augusto-Silva P.B., Ogashawara I., Barbosa C., Carvalho L., Jorge D., Fornari C.I., Stech J.L. Analysis of MERIS Reflectance Algorithms for Estimating Chlorophyll-a Concentration in a Brazilian Reservoir // Remote Sens. 2014, 6, 11689-11707
10. Gitelson A.A., Gao B.C., Li R.R., Berdnikov S.V., Saprygin V.V. Estimation of chlorophyll-a concentration in productive turbid waters using a Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean – the Azov Sea case study // Environmental Research Letters. 2011. V. 6. № 2. (6 pp.) doi 10.1088/1748-9326/6/2/024023
11. Mishra S., Mishra D.R. Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters // Remote Sensing of Environment 117 (2012) PP. 394–406.
12. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S., Povazhnyy V. Estimation of chlorophyll-a concentration in case II waters using MODIS and MERIS data – successes and challenges // Environ. Res. Lett. 2009. V. 4. № 4 (8 pp.) doi 10.1088/1748-9326/4/4/045005

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА РЕКЕ ТИГОДА В ЧЕРТЕ ГОРОДА ЛЮБАНЬ

Поливач М. С., Решин Н. А., Винокуров И. О.

Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург.  
vinig@rshu.ru

## DETERMINATION OF FLOOD ZONE ON TIGODA RIVER NEAR LUBAN

Polivach M.S., Reshin N.A., Vinokurov I.O.

Russian State Hydrometeorological University. St.Petersburg.  
vinig@rshu.ru

**Аннотация.** Приводится методика определения зоны затопления на водном объекте, показан расчет и графическое представление на примере реки Тигода в черте города Любань.

**Ключевые слова:** зоны затопления, Тигода, уровень воды.

**Abstract.** The article presents determination of flood zone on Tigoda river by method of hydrological calculation.

**Keywords:** flood zone, Tigoda river, water level.

Определение границ зон затоплений является актуальной задачей как для прикладной инженерной гидрологии, так и для градостроительной деятельности, что объясняет регулярное совершенствование методики и обновление нормативной базы. С 2014 года согласно Постановлению Правительства РФ № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления» проходит программа по расчету, определению и анализу зон затопления на различных водных объектах. Однако существующие своды правил по инженерным изысканиям [6-8], многие из которых являются развитием строительных норм и правил советских времен, не дают однозначного ответа на вопрос как именно необходимо проводить работы. Некоторые части проведения работ или расчетов не прописаны в руководящих документах или упоминаются в качестве альтернативных или дополнительных, что дает возможность в части случаев не принимать их в расчет. Также важным пунктом является оценка земель. А учитывая, что объективная кадастровая оценка является не только важнейшим элементом управления земельными ресурсами в целом, но и основой определения различных земельных платежей, задача корректного определения зон затопления является социально остро значимой.

В данной работе проведено определение зон затопления на реке Тигода в черте города Любань. Для решения поставленной задачи использовались методы гидрологических обобщений и гидрологических расчетов. Следует отметить, что типовые методы гидрологических расчетов позволяют получить отметку наивысшего уровня только в расчетном створе. Определение расчетных гидрологических характеристик основывалось на данных гидрометеорологических наблюдений, опубликованных в официальных документах Росгидромета и на сайте автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [5].

Исходный ряд данных уровней воды предварительно был проверен на наличие грубых ошибок, произведена проверка на случайность и однородность, расчет параметров

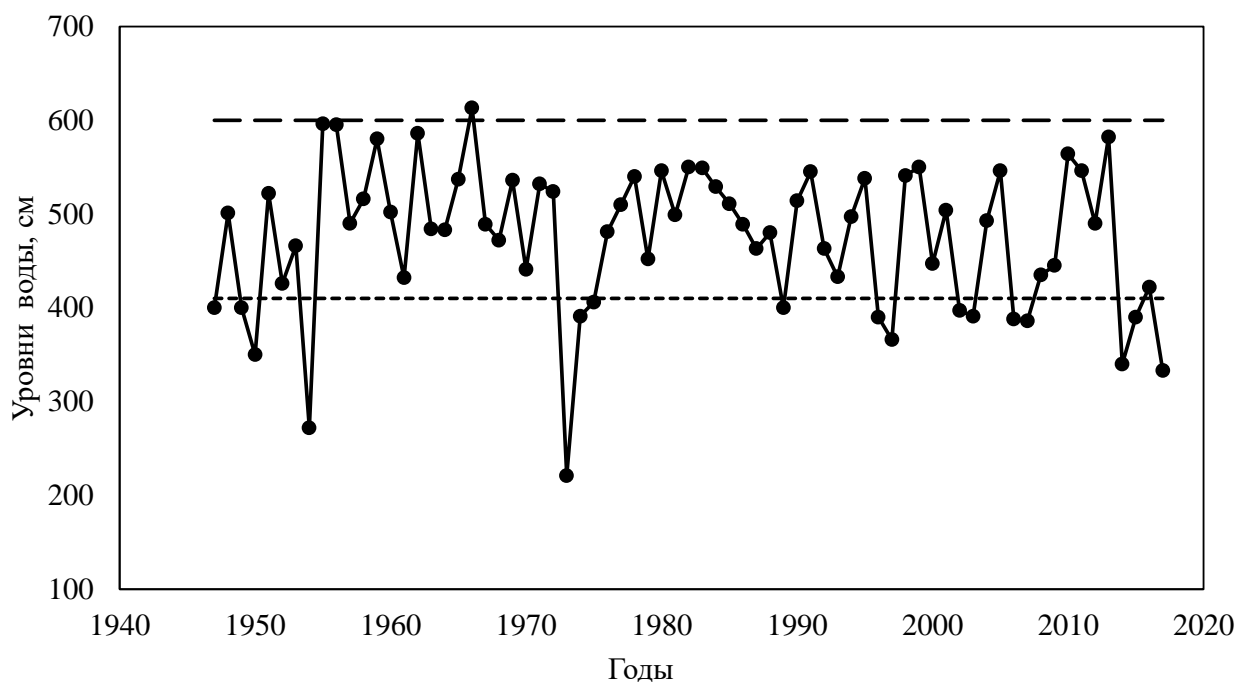
распределения произведен методом моментов, построены эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей. В целях сглаживания и экстраполяции эмпирической кривой распределения ежегодных вероятностей превышения применялось трехпараметрическое Г-распределение Крицкого-Менкеля [4, 8]. На ее основе была получена информация о распределении на выбранном участке наивысших уровней воды различной вероятности превышения (1%, 5%, 10%, 25%, 50%), которая представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Наивысшие уровни воды различной обеспеченности**

Уровень опасного явления	Наивысшие уровни воды (см, над "0" графика поста)				
	1%	5%	10%	25%	50%
600	660	598	584	527	473

На рисунке 1 приведен хронологический график наивысших уровней воды реки Тигода. Наиболее высокие за весь период наблюдений уровни воды, отмечались в 1955, 1956, 1962, 1966 и 2013 годах. Также на рисунке обозначены значения уровня, при котором вода выходит на пойму (410 см) и уровня воды, который считается критерием опасного явления (600 см). Опасное явление – такое гидрологическое явление или комплекс гидрометеорологических величин, которые по своему значению, интенсивности или продолжительности представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб объектам экономики и населению. Данные критерии публикуется на официальном сайте ФГБУ Северо-Западного УГМС [3]. Хорошо видно, что практически каждый год на рассматриваемом участке вода выходит на пойму.



**Рис. 1.** Многолетняя динамика наивысших уровней воды

При автоматизированном проектировании в качестве основного источника информации с местности служит ее цифровая модель. Под термином цифровая модель рельефа (ЦМР) подразумевается определенная форма представления исходных данных и способ их структурного описания, позволяющий восстанавливать объект путем

интерполяции, аппроксимации или экстраполяции [1], которая может быть получена различными способами в зависимости от методов получения исходных данных. Для построения цифровой модели рельефа была выбрана программа ArcGIS [2]. Данный программный комплекс обладает большим количеством рабочих инструментов необходимых для выполнения картографических вычислений, также имеет развитый интерфейс. Широкое распространение программного обеспечения ArcGIS позволяет использовать его при решении научных и прикладных задач, связанных с анализом, моделированием и прогнозированием. В данной работе применялась цифровая модель рельефа, полученная на основе топографических карт. Использовалась подробная топографическая карта Ленинградской области масштабом 1:100000. Однако в связи с невысоким сечением рельефа основных горизонталей на данной карте определенные границы зон затопления носят исключительно визуальный характер.

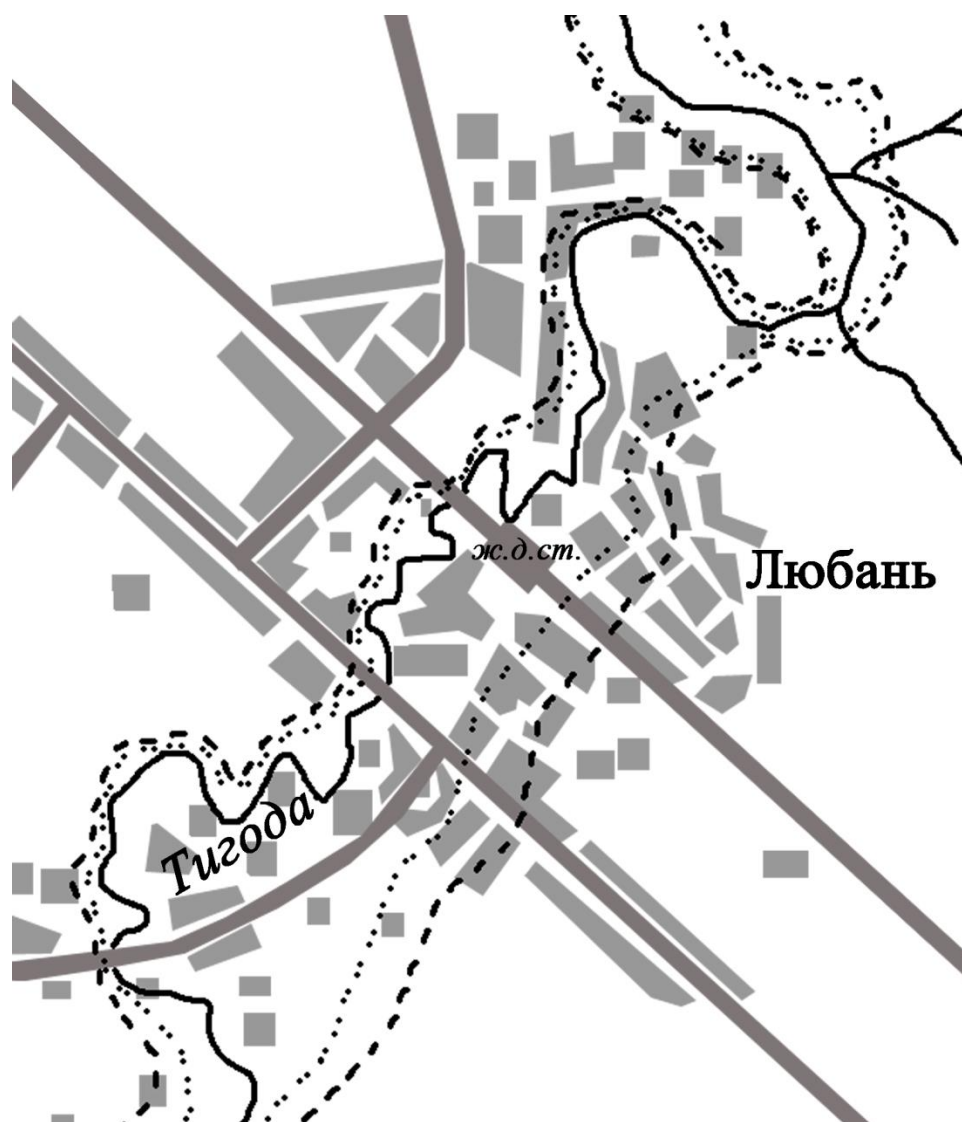


Рис. 2. Границы зон затоплений участка реки Тигода

На рисунке 2 представлена схема зоны затоплений для участка реки Тигода. На рисунке отмечены границы затопления соответствующие уровням обеспеченностью 1% (пунктирная линия) и 50% (точечная линия). Финальные отметки были получены путем суммирования уровня воды заданной обеспеченности с нулем графика поста, таким образом

приведены к Балтийской системе высот. Видно, что затопливается большая площадь, в которую попадают жилые дома, инфраструктура города и железнодорожная станция.

Определение границ зон затопления – это кропотливая, многоуровневая задача, требующая объемную, качественную и доступную гидрометеорологическую и картографическую информацию, надежное программное обеспечение, а также во многом индивидуальный подход к решению задачи. Методика, примененная в данной работе, является простым и эффективным методом, как минимум для визуального представления границ зон затоплений. Развитие этого вопроса позволит обеспечить безопасность территорий, прилегающих к водным объектам, а современное прогнозирование принять меры по предупреждению затоплений и смягчению возможных их последствий.

#### Список литературы

1. Новаковский Б. А., Прасолов С. В., Прасолова А. И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. – М.: Научный мир, 2003.
2. Платформа ArcGIS [Электронный ресурс] // Esri CIS URL: <https://www.esri-cis.ru/products/> (дата обращения: 15.05.2020)
3. Перечень и критерии опасных гидрометеорологических явлений, экстремально высокого загрязнения природной среды по территории Ленинградской области [Электронный ресурс] // ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» URL: <http://www.meteo.nw.ru> (дата обращения: 15.05.2020)
4. Сикан А. В., Малышева Н. Г., Винокуров И. О. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб: изд-во РГГМУ, 2014.
5. Состояние поверхностных вод [Электронный ресурс] // Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения 15.05.2020).
6. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М., 2016
7. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. М., 1997
8. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2003



## ВЫКОС ЖЕСТКОЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Д. С. Помазков<sup>1</sup>, А. Ю. Карасёва<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону  
e-mail: danil.pomazkov@gmail.com, alexandrakaraseva2508@mail.ru

### MOWING RIGID WATER GROWTH IN THE TSIMLYANSKY RESERVOIR

D.S Pomazkov., A., Yu. Karaseva

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена необходимость проведения мелиоративных работ в Цимлянском водохранилище в части удаления водных растений из водного объекта, в том числе уничтожение жесткой водной растительности камышекосилкой.

Этот вид работ необходим для того, чтобы подготовить места нагула, убежища и субстрат для нереста рыб, так как высокая концентрация растительности оказывает пагубное влияние на гидробионты из-за накопления органических веществ, заболачивания, сокращения нагульных и нерестовых площадей.

Развитие мягкой погружной растительности на 10-25 % водной площади считается допустимым в рыбохозяйственных водоемах. Однако чрезмерное развитие макрофитов может нанести большой ущерб водным биологическим ресурсам.

**Ключевые слова:** мелиорация, Цимлянское водохранилище, р. Мышкова.

**Abstract.** This article tells about the need for reclamation work in the Tsimlyansk reservoir regarding the removal of water plants from a water body, including the destruction of hard aquatic vegetation with a reed mower.

This type of work is necessary in order to prepare feeding grounds, shelters and a substrate for fish spawning. Since a high concentration of plants has a detrimental effect on aquatic organisms due to the accumulation of organic substances, waterlogging, reduction of feeding and spawning areas.

The development of soft submerged vegetation in 10-25% of the water area is considered permissible in fishery ponds. However, the excessive development of macrophytes can cause great damage to aquatic biological resources.

**Keywords:** land reclamation, Tsimlyansk reservoir, r. Myshkova.

#### Введение

Высшая водная растительность, являясь одним из основных компонентов биоценоза, играет важную роль в общем биологическом режиме водоема. Водные растения – это прежде всего незаменимый пищевой ресурс водоема, среда обитания важнейшей в кормовом отношении фитофильной фауны, субстрат для нереста многих промысловых рыб, убежище и место нагула молоди. Макрофиты обогащают воду кислородом, предохраняют берега от эрозии и др. Все это говорит о необходимости сохранения определенного количества растений в водоеме.

Из-за гибели растительности площадь мелководий в водоёме увеличивается. В целом для экосистемы, с одной стороны, это положительные тенденции: хорошая прогреваемость, высокая биологическая продуктивность автотрофов, формирование экологических ниш для беспозвоночных и водоплавающих птиц. С другой стороны, чрезмерно интенсивное развитие

высшей водной растительности в мелководной зоне вызывает негативные явления, такие как сокращение водного зеркала, препятствие для прохождения рыб на нерест, возникновение заморных зон, заиление заливов и устьевых участков рек, гибель рыб и других гидробионтов, существование потенциальной возможности нарушения структуры биоценозов и экосистемы в целом.

Существуют различные методы борьбы с водной растительностью, в данной работе рассматривается механический способ с помощью камышекосилки «Медведка» (рисунок 1).



**Рис. 1.** Камышекосилка «Медведка»

В 2018 году было выделено два участка для проведения мелиоративных работ (выкос жесткой водной растительности) на основании рекомендаций научной организации – устье р. Мышкова и оз. Калачик.

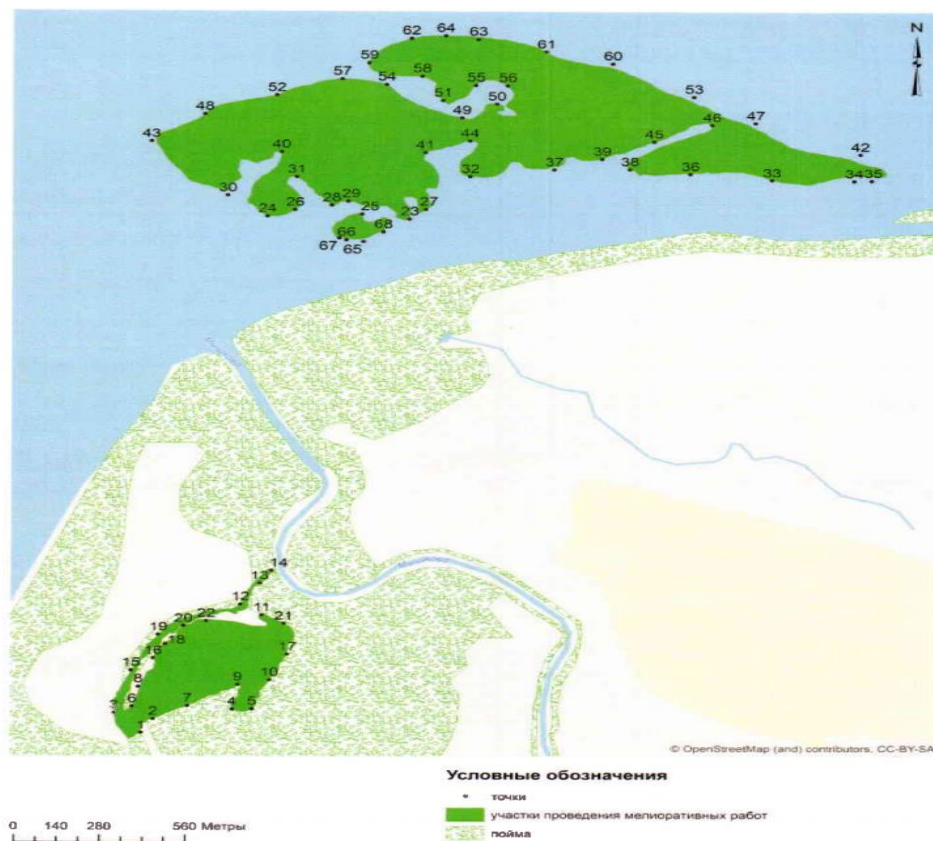
Высшая водная растительность оз. Калачик представлена рогозом (90%) и тростником (10%). Площадь зарастания высшей водной растительностью составила 19 га (рисунок 2).

Участок в устьевой части, обозначенный как разливы р. Мышкова в месте впадения в цимлянское водохранилище в правобережной части представлен высшей водной растительностью: рогоз (95%), тростник (5%). Площадь зарастания 95 га (рисунок 2).

#### **Материал, методика и условия проведения исследования**

Механический метод является наиболее давним способом уничтожения высшей водной растительности, суть его заключается в уничтожении растений при помощи режущих цепей, тяжелых тросов, разнообразных кос, тракторных цепных волокуш, драг, специальных неводов, разнообразных ножей.

Широко применяются камышекосилки. Использование этих устройств для выкашивания растений требует больших затрат рабочей силы при низкой производительности труда.



**Рис. 2.** Карта-схема

Применение механизированных приспособлений для уничтожения растительности значительно экономит рабочую силу по сравнению с ручной очисткой водохранилищ. Тем не менее, устранение зарослей в том числе и при помощи различных устройств малопродуктивно и в ряде случаев не имеет возможности использоваться в связи с различной морфологией водохранилищ, плохой подготовкой ложа (не ликвидированы пни кустарники, деревья и т. п.). Многие вырванные растения при использовании различных драг, цепей для удаления растительности, увлекаются течением и засоряют решетки и сетки водозабора, взмучивается масса, разрушаются берега. Многие водные растения после механического уничтожения продолжают развиваться. Из-за этого механический метод не дает гарантий на более или менее продолжительный срок удаления растительности и их уничтожение необходимо проводить несколько раз на протяжении вегетационного периода.

Впрочем, из-за отсутствия других возможностей, целесообразно использовать «механический метод». Применять камышекосилки наиболее рационально и экономично, так как с их помощью можно уничтожать растения с плавающими листьями, надводные и погруженные.

Камышекосилки представляют собой лодки, в передней части которых вмонтирован режущий аппарат. Лодка передвигается при помощи двух ходовых колес с лопастями. Двигатель, камышекосилки имеет мощность 4-6 л. с. Режущий аппарат сделан подъемно-опускным. В задней части лодки смонтировано рулевое управление. Работа проводится одним мотористом с помощью рычагов управления. Производительность камышекосилок при разреженных зарослях – 3-4 га, при густых – 2-3 га за 8 ч работы. Глубина кошения – от

проходимости лодки до 1, 2-1, 5 м. Камышекосилки предназначены для работы на небольших и неглубоких участках водохранилищ (Терентьев, 1970).

### **Результаты и их обсуждение**

В результате проведенных мелиоративных мероприятий по выкосу жесткой водной растительности в Цимлянском водохранилище было расчищено в общей сложности 114 га. Выкошенная водная растительность транспортировалась к берегу и складировалась вдоль береговой линии в осушной зоне водохранилища, чтобы избежать загнивания органики и гибели гидробионтов. По мере подсыхания растительность перемещалась за пределы водного объекта и утилизировалась согласно действующему законодательству.

### **Заключение**

Были восстановлены естественные нерестилища промысловых видов рыб, увеличена урожайность молоди, улучшены условия нагула молоди рыб, повышена численность промысловых видов и продуктивность водохранилища. Анализ материалов по учету урожайности молоди свидетельствует о высокой эффективности проведения мелиоративных работ. Так, в 2018 г. общая урожайность молоди в оз. Калачик составляла 1,15 шт./100м<sup>2</sup>. В летний период 2019 г. в протоке, соединяющей оз. Калачик с руслом р. Мышкова был произведен выкос макрофитов, и уже в 2019 г. на этих нерестилищах урожайность молоди увеличилась почти в 2000 раз и составила 2175 шт./100м<sup>2</sup>, причем, если в составе молоди в 2018 г. отмечалось всего 2 промысловых вида, то на следующий год после расчистки – 8 промысловых видов.

### **Список литературы**

1. Жукова, С. В. Аналитический обзор научно-исследовательских работ АЗНИИРХ, выполненных в 1980-1992 гг. по малым рекам донского района / С. В. Жукова, В. М. Шишкин, А. П. Куропаткин, Л. А. Лутынская, И. Ф. Фоменко, О. В. Стрельченко, И. Ф. Ковтун, А. А. Корнеев // РнД, 2006. – 74 с.
2. Терентьев, Н. Н., Шимвнский, Б. Н. Эксплуатация водохранилищ-охладителей электростанций // М.: СЦНТИ, ЭнергоНОТ, ОРГРЭС, 1970. – 212 с.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО ГАЗА  
НА ДРЕВОСТОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИКАМЬЯ**

А. С. Порозова, e-mail: porozova\_alena@mail.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет

г. Пермь, Россия

Научный руководитель кандидат географических наук, доцент Санников П. Ю.

**PROSPECTS FOR STUDYING THE IMPACT OF ASSOCIATED GAS COMBUSTION ON  
FOREST STANDS IN THE KAMA REGION**

A. S. Porozova, e-mail: porozova\_alena@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

Research advisor, Cand. Sc. Geography, assistant professor P.Yu. Sannikov

**Аннотация.** Сообщение посвящено влиянию сжигания попутного газа на состояние древостоя. Рассмотрен ряд научных работ, оценивающих такое влияние. Проведён анализ методов и видов деревьев, используемых в отмеченных публикациях. На основе литературного обзора составлена сводная карта. Предложено место, перспективное для проведения аналогичного исследования в Пермском крае.

**Ключевые термины:** попутный газ, древостой, дендрохронология.

**Abstract.** The paper is about impact of associated gas flaring on timber stand. A number of scientific papers assessing such impact are considered. The methods and tree species used in the mentioned publications are analyzed. A place promising for conducting a similar study in the Perm region is proposed.

**Keywords:** associated gas, timber stand, dendrochronology.

Нефтегазодобыча одна из основных развивающихся отраслей в Пермском крае, при этом её влияние на состояние окружающей среды крайне велико. В магистерской диссертации будет более подробно изучено влияние факельных стационарных установок по сжиганию неутилизованного газа при добыче нефти. Такая установка изменяет тепловой режим близлежащей территории, водный баланс, а так же состояние почвенного покрова. Все перечисленные факторы сказываются и на таком компоненте, как древостой, произрастающем в непосредственной близости от факела. В некоторых регионах России уже было изучено отрицательное воздействие факелов на древостой. В Пермском крае такие работы ещё не осуществлялись. Поэтому, было принято решение на собственном опыте убедиться, что установки по сжиганию газа имеют большую опасность для окружающей среды, а именно для такого важного природного компонента, как растительность [4-6, 8-9].

Целью публикации является анализ теоретического материала, построение в программе ArcGIS наглядного картографического материала, а также определение перспектив для исследования в Пермском крае.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и анализ источников информации по указанной тематике;
2. Собрать первичный материал для исследования в Пермском крае.

Основой для магистерской диссертации на начальном этапе послужили 7 научных публикаций и 1 методический материал. Данные материалы публиковались в промежутке с 2000 по 2016 года. Проанализировав все материалы и публикации, были выделены основные аспекты: район проведения и объект исследования, метод анализа данных. Информация из источников и полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Опыт изучения влияния установок [4-6, 8-9]**

Научная публикация	Участок проведения исследования	Объект исследования	Метод исследования
Кокорина Н. В., Татаринцев П. Б., Касаткин А. М.. Применение дендрохроноиндикационных методов в оценке воздействия сжигания попутного нефтяного газа на хвойные породы в условиях средней тайги западной Сибири	Приобское месторождение (ХМАО)	Сосна кедровая сибирская, ель сибирская	Дендрохроноиндикация*
Коротких Н. Н., Граб М. И., Вешкурцева Т. М. «Влияние факелов по сжиганию попутного нефтяного газа на экологическое состояние сосновых лесов»	Тальниковое и Северо-Даниловское месторождение нефти ТПП «Урайнефтегаз» (ХМАО)	Сосна обыкновенная	Морфологические параметры**хвои
Полищук Ю. М. п др. «Анализ биоиндикационных свойств сосны сибирской для оценки воздействия факельного сжигания попутного газа на природную среду»	Приобское месторождение (ХМАО)	Сосна кедровая сибирская	Морфологические параметры кроны, хвои, побегов
Полищук Ю. М., Хамедов В. А., Русакова В. В. «Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса»	Приобское месторождение (ХМАО)	Мелколиственный берёзовый лес	Вегетационный индекс NDVI рассчитанный с использованием космических снимков среднего пространственного разрешения с КА Landsat
Крючков К. В. Диссертация: «Влияние факелов по сжиганию попутного газа на лесные насаждения»	Мегионский и Нефтеюганский лесхозы (ХМАО)	Сосна обыкновенная	Морфологические параметры хвои, шишек, крон, подстилки
Казанцева М. Н., Аюпова А. Ф. «Влияние газового факела на репродуктивные показатели сосны обыкновенной в северной тайге ЯНАО»	Пуровский район, факел АО «Сибур ТюменьГаз» (ЯНАО)	Сосна обыкновенная	Морфологические параметры шишек
А. Е. Морозов. «Оценка степени жизнеспособности древостоев кедра, подверженных воздействию факелов для сжигания попутного газа»	Мегионский и Нефтеюганский лесхозы (ХМАО)	Сосна кедровая сибирская	Шкала жизнеспособности древостоя***

Примечание к таблице:

\*Дендрохроноиндикация – оценка корреляционных связей климатических условий и годового прироста [10];

\*\*Морфологические параметры – изучение внешних параметров (длина, толщина, вес и др.);

\*\*\* Шкала жизнеспособности древостоя – расчёт среднего индекса состояния древостоя в зависимости от доли участия каждого элемента леса в составе древостоя (жизнеспособность древостоев тем лучше, чем ниже индекс санитарного состояния) [8].

Во всех вышеперечисленных публикациях, территорией проведения исследований являлись северные районы страны: Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа – одни из регионов лидеров по добыче нефти и газа в России.

Результаты исследований из вышеперечисленных материалов показывали видоизменение годовых колец и других морфологических характеристик у деревьев, произрастающих в непосредственной близости от факельной установки.

Ознакомившись со всеми методическими и научными материалами, стало известно, что наиболее выгодным объектом для исследования являются хвойные породы, а именно сосна обыкновенная. Так как сосна широко распространена в районах холодного и умеренного климата (в том числе и на территории Пермского края), долговечна, а так же данная порода реагирует на любые изменения в природной среде и имеет хорошо различимые годовые слои прироста древесины.

В ходе анализа территории Пермского края, опираясь на природное зонирование территории и расположение крупных нефтегазоносных месторождений, а так же используя полученные теоретические знания, предложено провести исследование по влиянию сжигания попутного газа на древостой в Пермском крае на территории Озёрного месторождения нефти (Красновишерский район). Выбор данного месторождения объясняется тем, что оно располагается в зоне средней тайги, где основной древесной породой является сосна обыкновенная – интересующий нас объект.

Для проведения исследования были изучены материалы лесоустройства 2005 г. Нижне-Язьвинского участкового лесничества и Верхне-Язьвинского участкового лесничества Красновишерского лесничества, которые были предоставлены Кедровым Александром Владимировичем, заместителем директора по лесным вопросам ООО «МИП ЦКТиУ», а также проанализированы материалы с многолетних данных о преобладающих направлениях ветров [1, 7], для определения основного места отбора проб, а так же мест фоновой площадки.

По представленным данным стало известно, что на лесном участке вблизи факельной установки месторождение Озёрное, произрастает сосняк брусничный, средний возраст древостоя – 70 лет, класс товарности 1, средняя высота 18 метров, а диаметр 20 см. Учитывая все вышеперечисленные данные, нужно было выбрать фоновую площадку с таким же типом растительности, а так же нужно было учесть её доступность. Поэтому изучив векторные слои лесоустройства 2005 г. Нижне-Язьвинского участкового лесничества и Верхне-Язьвинского участкового лесничества Красновишерского лесничества была выбрана фоновая площадка в 11 км юго-восточнее от места отбора проб (рис.1). Критериями отбора послужили идентичность условий основной площадки, транспортная доступность, отсутствие значимого влияния каких-либо серьезных локальных антропогенных факторов [7].

Для исследования предполагается использовать метод дендрохронологии.

Метод дендрохронологии предполагает взятие керна с площадки у 10-15 деревьев, а так же с фоновой площадки. Далее уже в камеральных условиях, с помощью специального оборудования «LINTAB» (прибор для измерения годовых колец и прироста древесины в буровых кернах, на горизонтальных спилах (шайбах) и в других возможных образцах древесины) необходимо будет замерять разницу между кернами с места отбора проб и фоновой площадки. Таким образом, в процессе изучения материалов и анализа полученной информации предполагается, что будут прослеживаться следующие изменения, в месте отбора проб прирост до установки факела будет больше, чем после начала работы установки. А прирост годовых колец на фоновой площадке будет всегда примерно одинаковый. Более точные ре-

зультаты можно будет получить, если произвести замеры по пятилеткам до установки факела и после. Далее необходимо составить таблицу по полученным результатам [8].

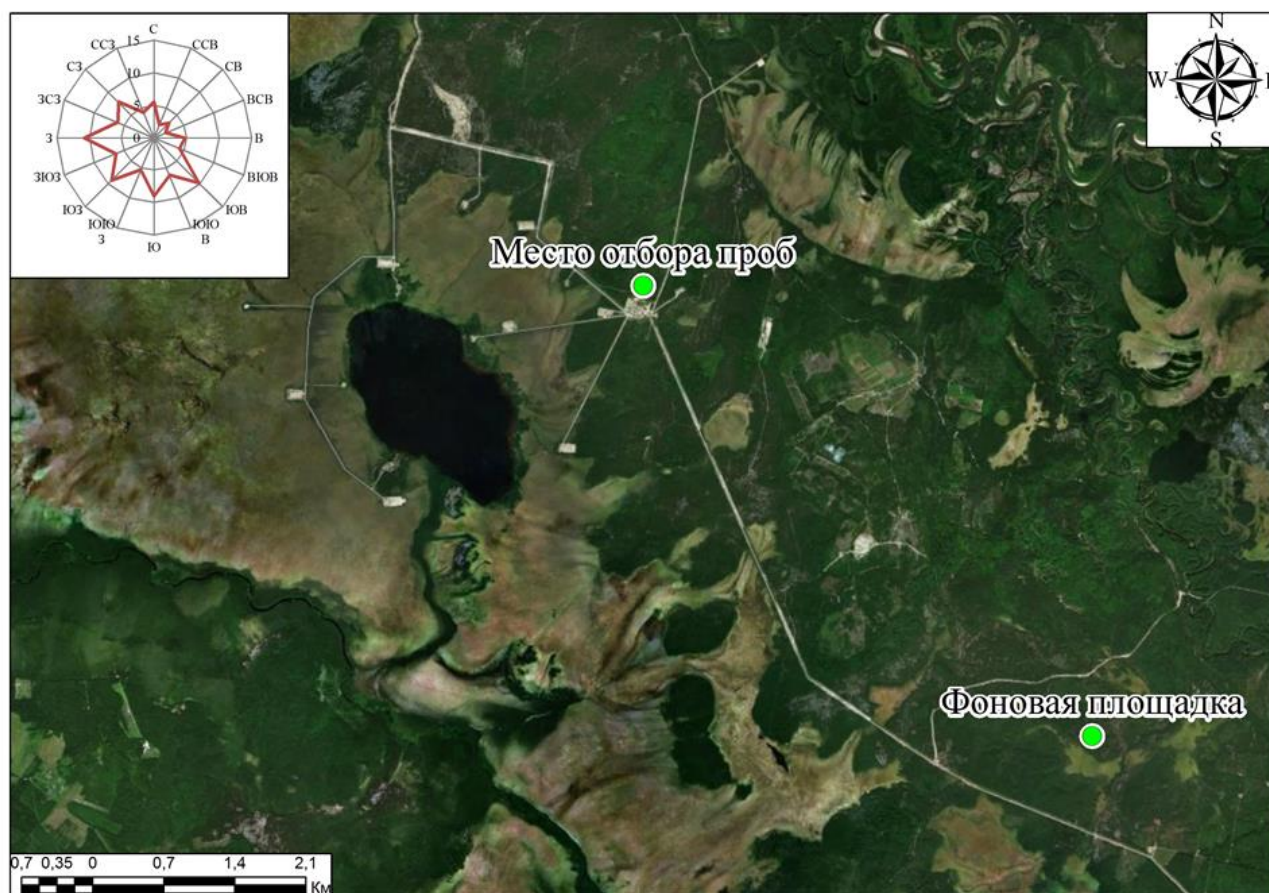


Рис.1. место отбора проб и фоновой площадки [7]

Проведённое исследование позволит расширить географию изучения влияния сжигания природного газа на древостой. Результаты анализов послужат обоснованием внедрения на территории Пермского края технологий для переработки попутного газа на нефтедобывающих месторождениях.

#### Список литературы

3. *Архив погоды в Чердыни* [Электронный ресурс] режим доступа: <https://rp5.ru/>
4. *Ботанико-географическое районирование Пермского края*. Фондовые данные кафедры биogeоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета.
5. *Влияние факелов по сжиганию попутного газа на лесные насаждения* [Электронный ресурс] режим доступа: <http://earthpapers.net/vliyanie-fakelov-po-szhiganiyu-poputnogo-gaza-na-lesnye-nasazhdeniya>
6. *Казанцева М. Н., Аюпова А. Ф.* Влияние газового факела на репродуктивные показатели сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) В северной тайге ЯНАО [Электронный ресурс] режим доступа: [http://science-bsea.bgita.ru/2018/les\\_2018/kazantseva\\_vl.htm](http://science-bsea.bgita.ru/2018/les_2018/kazantseva_vl.htm)
7. *Кокорина Н. В., Татаринцев П. Б., Касаткин А. М.* Применение дендрохроноиндикационных методов в оценке воздействия сжигания попутного нефтяного газа на хвойные



породы в условиях средней тайги западной Сибири. Вестник удмуртского университета 19 биология. Науки о земле 2015. Т. 25, вып. 1. 19-23 с.

8. *Коротких Н. Н., Граб М. И., Вешкурцева Т. М.* Влияние аелов по сжиганию попутного нефтяного газа на экологическое состояние сосновых лесов (на примере Северо-Даниловского и Тальникового месторождений). Природный парк «Кондинские озера», г. Советский Тюменский государственный университет. 96-110.

9. *Материалы лесоустройства 2005 г. Нижне-Язьвинского участкового лесничества и Верхне-Язьвинского участкового лесничества Красновишерского лесничества.*

10. *Морозов А. Е.* Электронный архив Уральской государственной лесотехнической академии (электронный ресурс). Оценка степени жизнеспособности древостоев кедра, подверженных воздействию факелов для сжигания попутного газа [Электронный ресурс] режим доступа: [http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5046/1/lesa\\_urala\\_20\\_23.pdf](http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5046/1/lesa_urala_20_23.pdf)

11. *Нефтяные месторождения Пермского края.* Картографический материал кафедры биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета.

12. *Полищук Ю. М., Кокорина Н. В., Касаткин А. М.* Анализ биоиндикационных свойств сосны сибирской для оценки воздействия факельного сжигания попутного газа на природную среду. Вестник Югорского государственного университета 2006 г. Выпуск 4. С. 87-92 .

13. *Полищук Ю. М., Хамедов В. А., Русакова В. В.* Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1., 61–69 с.

14. *Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазена В. С., Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М.* Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.

**ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЖИМ МИНЕРАЛЬНЫХ  
ВОД ПЯТИГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Потапов Е. Г.<sup>1</sup>, Федоров Ю. А.<sup>2</sup>, Дьяченко И. И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Пятигорский НИИ курортологии ФМБА России, Пятигорск

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

ЗАО «Кавминкурортресурсы», Ессентуки

gidholod@mail.ru

**INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE REGIME OF MINERAL  
WATERS OF THE PYATIGORSK DEPOSIT**

Potapov E.G.<sup>1</sup>, Fedorov Yu.A.<sup>2</sup>, Dyachenko I.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FGBU "Pyatigorsk State Scientific Research Institute of Balneology of the Federal Medical and  
Biological Agency", Pyatigorsk

<sup>2</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don

<sup>3</sup>JSC "Kavminkurortresursy", Essentuki

**Аннотация.** Выполнен анализ ретроспективной информации об уровне и минерализации знаменитого озера Провал в 2016-2019 годах. Показано, что основным источником воды в озере являются углекисло-сероводородные воды Пятигорского месторождения. Режим минеральных вод этого месторождения формируется за счет природных и техногенных факторов. Наиболее показательным в этом отношении является режим минеральных вод в озере Провал, которое называют естественным пьезометром этого месторождения. Выполненные авторами экспедиционные работы продемонстрировали влияние гидрометеоров на минерализацию и уровень воды, которое во время отбора проб проявилось в его изливе из озера Провал.

**Ключевые слова:** озеро Провал, уровень, минерализация, минеральные воды, атмосферные осадки

**Abstract.** The analysis of retrospective information on the level and mineralization of the famous Proval lake in 2016-2019 has been carried out. It is shown that the main source of water in the lake is the carbonic-hydrogen sulphide waters of the Pyatigorsk deposit. The regime of the mineral waters of this deposit is formed by natural and man-made factors. The most indicative in this respect is the regime of mineral waters in Lake Proval, which is called the natural piezometer of this deposit. The expedition works carried out by the authors demonstrated the influence of hydrometeors on salinity and water level, which during sampling was manifested in its outflow from Lake Proval.

**Keywords:** Lake Proval, level, mineralization, mineral waters, precipitation

Пятигорское месторождение минеральных вод расположено в центральной части района КМВ, на склонах горы Машук. В 1954-1958 года на месторождении были проведены комплексные исследования с целью реконструкции и дальнейшего развития гидроминеральной базы Пятигорского курорта. В результате проведенных работ был вскрыт весь разрез осадочных пород, установлено самостоятельное значение четырех водоносных комплексов:

титон-валанжинского, апт-альбского, верхнемелового и палеоценового, открыты новые типы вод и увеличены ресурсы Пятигорских нарзанов и соляно-щелочных вод, обоснован генезис минеральных вод Пятигорского месторождения.

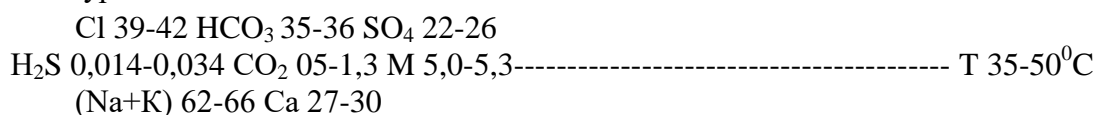
Известные на Пятигорском месторождении типы минеральных вод объединяются в пять генетических групп [3]:

1. Углекисло-сероводородные сложного ионного состава
2. Углекислые сложного ионного состава
3. Углекислые хлоридно-гидрокарбонатные натриевые (соляно-щелочные)
4. Радоновые слабоуглекислые сложного ионного состава
5. Слабоуглекислые сложного ионного состава (азотно-углекислые).

Такое разнообразие типов минеральных вод объясняется своеобразием геологического строения и гидрогеологических условий Пятигорского месторождения, при котором на участках развития глубоких полукольцевых разломов происходят перетоки и смешение вод различных комплексов. Разгрузка глубоких напорных вод в пределах Машука происходит не только на поверхность земли в виде источников, но и на глубине в окаймляющие его трещиноватые породы палеоценовых и четвертичных отложений. В результате процессов смешения вод различных комплексов и последующей их метаморфизации и образуются различные типы минеральных вод этого месторождения. По результатам совместного изучения изотопного состава водорода и кислорода и химического состава минеральных вод Пятигорского месторождения установлено, что они представляют собой смесь инфильтрационных и седиментогенных растворов [5-7]. В настоящее время на Пятигорском месторождении имеется 45 скважин и источников, из которых 25 являются эксплуатационными, а остальные наблюдательными и резервными. В состав наблюдательных объектов входит также озеро Провал [4].

*Углекисло-сероводородные* термальные воды выведены 18 скважинами и источниками из верхнемеловых отложений водоносной зоны полукольцевых разломов и травертинов горы Горячей (скважины 16, 33, Провальская, Пушкинская, Академическая, Народная, Варвацевская, Наклонные, Пироговский и Лермонтовские источники, озеро Провал и др.). Воды этого типа используются для бальнеологического и питьевого лечения.

Формируются углекисло-сероводородные воды путем смешения в глубоких трещинах северо-восточного простирания термальных углекислых валанжинских, термальных апт-альбских и пресных или маломинерализованных верхнемеловых вод, в результате чего образуется основной химический тип Пятигорских вод – сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый. В зоне глубоких полукольцевых разломов эти воды обогащаются сероводородом биохимического происхождения и воды из углекислых становятся углекисло-сероводородными. Обобщенный химический состав их может быть выражен следующей формулой Курлова:



Эксплуатационные запасы этих вод по категории А+В составляют 1740 м<sup>3</sup>/сутки.

Режим минеральных вод Пятигорского месторождения формируется за счет природных и техногенных факторов. Наиболее показательным является поведение режима минеральных вод в озере Провал, которое называют естественным пьезометром этого месторождения. Озеро Провал находится на дне карстовой воронки, образовавшейся при углекислотном выщелачивании верхнемеловых известняков в зоне южного полукольцевого разлома. В 1858 году к озеру Провал был проложен тоннель, по которому проходят люди, чтобы воочию

увидеть малахитово-мраморную поверхность знаменитого озера с сероводородной водой. Под полом тоннеля проходит канал (рис.1), по которому в периоды высокого уровня воды в озере происходит сброс минеральной воды на склоны горы Машук.

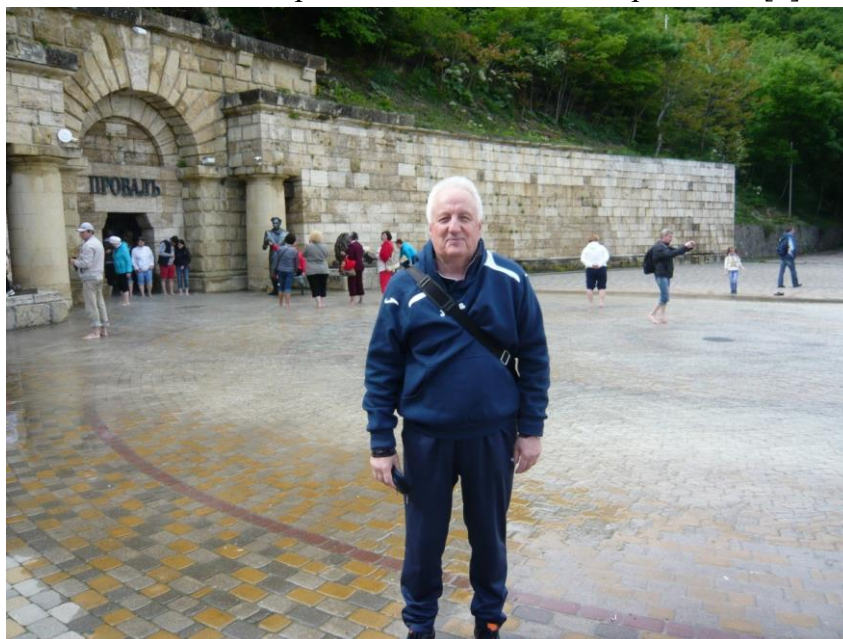
На Озере Провал, как и на других источниках и скважинах Пятигорского месторождения сотрудниками одноименного эксплуатационного участка (ранее гидрогеологическая режимно-эксплуатационная станция) АО «Кавминкурортресурсы» ведутся постоянные мониторинговые наблюдения за дебитом, температурой, химическим и газовым составом минеральных вод, их санитарно-бактериологическим благополучием. По данным этих наблюдений гидродинамический и гидрохимический режим минеральных вод Пятигорского месторождения во многом зависит от сезонных метеорологических факторов, в основном от количества атмосферных осадков, выпадающих в региональной области питания в районе Джинальского хребта, а также местной области питания, совпадающей с выходами верхнемеловых известняков на вершине горы Машук.



**Рис. 1.** Канал для сброса воды из озера Провал

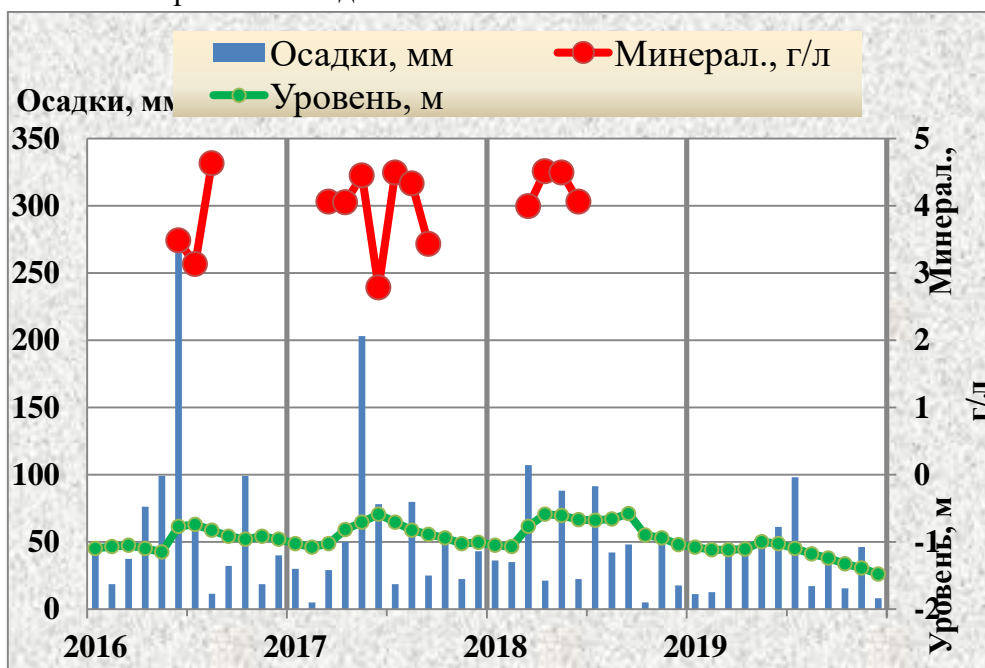
Установлено, что с периодичностью 8-10 лет из озера происходит неуправляемый излив минеральной воды с дебитом до  $500-800 \text{ м}^3/\text{сутки}$ , обычно в конце весны – начале лета [2]. Это явление, как правило, совпадает с периодами аномально высоких атмосферных осадков, превышающих 550-600 мм в год. Выявлена значимая связь ( $r=0,32\div 0,69$ ) между количеством атмосферных осадков, выпавших как в основной, так и в местной областях питания, с

изменениями уровней (напоров) и дебитов источников, выводящих минеральные воды из верхнемелового и хемогенного четвертичного водоносных горизонтов [1].



**Рис. 2.** Излив воды из озера Провал как следствие избыточного выпадения осадков в 2017 г.

В отдельные периоды наблюдаются ежегодные изливы воды из озера Провал в течение двух-трех лет подряд, которые сменяются отсутствием этого явления также в течение нескольких лет. Так, в период 2016-2018 годов наблюдался ежегодный перелив минеральной воды из озера, когда суммарное количество выпавших в местной области питания осадков превысило 640-810 мм в год (рис. 1). При этом уровень воды в озере повышался от -1,1 до -0,58 м, а минерализация воды снижалась с 4,5-4,6 г/дм<sup>3</sup> до 3,0-2,8 г/дм<sup>3</sup>. Следующие два года 2019 и 2020 были весьма засушливыми, количество выпавших за год осадков не превысило 450 мм и излива из озера не наблюдалось.



**Рис. 3.** Режим углекисло-сероводородных вод озера Провал Пятигорского месторождения в 2016-2019 годах

Аналогичные явления изменения в режиме углекисло-сероводородных вод верхнемелового и хемогенного (в травертинах) водоносных горизонтов в зависимости от метеорологических факторов наблюдаются практически во всех источниках и скважинах Пятигорского месторождения. Воды более глубоких водоносных горизонтов (нижнего мела и юрского) в меньшей степени реагируют на изменения в количестве атмосферных осадков, но и данных по этим горизонтам значительно меньше, чем по верхнемеловому и четвертичному горизонтам.

#### Список литературы

1. Бондарева Г. Л. Гидрогеодинамические и гидрогеохимические особенности Пятигорского месторождения минеральных вод. – Автореферат к. г.-м. н. – Пермь, 2011. – 24 с.
2. Замковая С. С., Осадченко Л. А. Гидрогеологический и производственный отчет Пятигорской ГГРЭС за 1973 г. – Кисловодск, 1974. – 469 с.
3. Кавказские минеральные воды. Труды ЦНИИКиФ, т. XX1. М., 1972. – 158 с.
4. Потапов Е. Г. Пятигорское месторождение минеральных вод в XX веке. – Тезисы докл. Международной научно-практической конференции, посвященной 200-летию КМВ «Природные лечебные ресурсы, курортология на рубеже веков». – Ессентуки, 2003. – С. 17-18.
5. Федоров Ю. А., Потапов Е. Г., Никаноров А. М. Изотопная идентификация природных вод Большого КМВ //Изотопы в гидросфере. Тез. докл. 3-го Всес. симп. Каунас, 29 мая -1 июня 1989г.- М.: ИВП, 1989, с.297.
6. Федоров Ю. А. Стабильные изотопы и эволюция гидросферы. – М.: МО РФ ЦЕНТР “Истина”, 1999. – 370с.
7. Fedorov Yu.A. Isotopic-chemical description of natural waters at the large district of CMW//In abstract of 5th working meeting «Isotopes in nature». Leipzig.- Academy of Sciences of the GDR, 1989.- P.23.

**ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ПАВЛОВСКГРАНИТ»**

Прожорина Т. И., Куролап С. А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

E-mail: coriandre@rambler.ru

**RISK ASSESSMENT FOR CHILDREN'S HEALTH,  
LIVING IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE MINING  
THE COMPANY "PAVLOVSKGRANIT»**

Prozhorina T. I., Kurolap S.A.

Voronezh state University, Voronezh

E-mail: coriandre@rambler.ru

**Аннотация.** В районах горнопромышленных комплексов помимо высокого уровня воздействия на все компоненты природной среды и человека, фиксируются значительные преобразования ландшафта, что связано с системой горных выработок, отвалообразованием, устройством хвостохранилищ. Цель данного исследования заключается в оценке риска для здоровья детского населения г. Павловска под влиянием химических веществ, загрязняющих почву, в зоне воздействия горнопромышленного комплекса ОАО "Павловскгранит".

Проведенные исследования и расчеты по оценке рисков показали, что величины индивидуальных канцерогенного и неканцерогенного рисков не превышают допустимых уровней, характеризуются как пренебрежимо малые, не требуют дополнительных мер по их снижению, но их уровни подлежат периодическому контролю.

**Ключевые слова:** оценка риска, канцерогенный и неканцерогенный эффект, детское население.

**Abstract.** In areas of mining complexes, in addition to a high level of impact on all components of the natural environment and humans, significant changes in the landscape are recorded, which is associated with the system of mining workings, dumping, and the arrangement of tailings. The purpose of this study is to assess the risk to the health of the children's population of Pavlovsk under the influence of chemicals that pollute the soil in the zone of impact of the mining complex of JSC "Pavlovsk granite".

Studies and risk assessment calculations have shown that the values of individual carcinogenic and non-carcinogenic risks do not exceed acceptable levels, are characterized as negligible, do not require additional measures to reduce them, but their levels are subject to periodic monitoring.

**Keywords:** risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic effects, children's population.

Территория Воронежской области богата месторождениями рудных и нерудных полезных ископаемых. Однако деятельность горнодобывающей предприятий, сопряжена с проблемой техногенной безопасности промышленных взрывов при разработке месторождений, особенно карьерным способом. В результате буровзрывных работ происходит выброс большого количества загрязняющих веществ, негативно влияющих на все компоненты окружающей среды (атмосферу, воду и почву).

Кроме того, фиксируются значительные преобразования ландшафта, что связано с системой горных выработок, отвалообразованием, устройством хвостохранилищ. В силу различных обстоятельств до сих пор не удалось оценить экологическую опасность отвалов при разработке твердых полезных ископаемых. Суммарные объемы вскрышных пород и некондиционных руд, накопившиеся за многие годы на территории Воронежской области, превышают 90 млн. тонн. Несмотря на то, что по общепринятой классификации считается, что содержимое отвалов относится к нетоксичным, исследования ученых подтверждают, что в них накоплено от десятков до сотен тонн токсичных тяжелых металлов. Например, в отвалах ОАО «Павловскгранит» объем которых составляет 80 млн. тонн., содержание меди составляет 0,25% , цинка- 0,3%. В них содержатся такие тяжелые металлы, как ртуть, свинец, талий, теллур, селен, мышьяк, сурьма, кадмий и другие опасные для здоровья людей [1].

Поэтому весьма актуальными и своевременными являются исследования и анализ статистических связей и закономерностей трансформации в системе «источники техногенного воздействия – геосферы» в пределах горнопромышленных районов и обоснование приоритетных показателей, определяющих экологические риски для здоровья населения, проживающего на этих территориях.

*Цель* данного исследования заключается в оценке риска для здоровья детского населения г. Павловска под влиянием химических веществ, загрязняющих почву, в зоне воздействия горнопромышленного комплекса ОАО "Павловскгранит".

Город Павловск является административным центром Павловского муниципального района Воронежской области. Расположен в 162 км к юго-востоку от г. Воронежа на левом берегу реки Дон при впадении в неё небольшой реки Осередь. Общая площадь территории города составляет 1175 га. В связи с ландшафтными ограничениями, влияющими на территориальное развитие, город Павловск имеет довольно плотную застройку. На 01.01. 2020 года численность населения составила 24453 человека.

Основным градообразующим звеном является предприятие ОАО "Павловскгранит" по добыче и переработке нерудных материалов – гранитного щебня, широко используемого в гражданском строительстве домов, автомобильных и железнодорожных магистралей, которое располагается к юго-западу от г. Павловска на расстоянии 10 км.

Работа проводилась Центром гигиены и эпидемиологии в Воронежской области совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

В г. Павловске расположено 6 мониторинговых точек контроля (м. т.к.) за санитарно-эпидемиологической безопасностью почвы, 3 из которых контролируют почву в селитебной зоне города, а другие – в зоне рекреации. В течение 2019 года было отобрано 18 проб почвы (по 3 в каждой м. т.к. соответственно).

В качестве методической основы использовалось приложение 2 Р.2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [2]. Основные задачи исследования включают несколько этапов.

*1 этап – Идентификация опасности.* Загрязнение почвы химическими веществами возможно как путем непосредственного контакта вещества с почвой (при разливах и рассыпании при техногенных авариях, несанкционированном размещении токсичных отходов, применении пестицидов и удобрений, противогололедных реагентов), так и опосредованно через контакт с загрязненными средами (атмосферный воздух, вода).



Большинство веществ, загрязняющих почву, являются компонентами аэротехногенных выбросов. Так, цинк, марганец, медь, кадмий, свинец входят в состав выбросов промышленных предприятий города и эмиссий автотранспорта; мышьяк, бенз/а/пирен – продукты сгорания органического топлива. Загрязнение почв ртутью обусловлено применением взрывчатых веществ (например, фульминат ртути), используемых в горнодобывающей промышленности, при проведении взрывных работ.

С целью идентификации опасности химических веществ, загрязняющих почву, использовался Перечень приоритетных опасных соединений, разработанный Агентством по регистрации токсических соединений и заболеваний (CERCLA Priority List of Hazardous Substances. ATSDR).

В соответствии с приложением 2 Р.2.1.10.1920–04 [2] были определены потенциальные

химические канцерогены, относящиеся к группам 1, 2А, 2В по классификации международного агентства по исследованию рака (МАИР).

*Канцерогенным эффектом* обладают 4 химические вещества: кадмий, никель, свинец, мышьяк. Превышение гигиенических нормативов в объектах окружающей среды отмечалось по цинку (почва). Содержание на уровнях в диапазоне 0,1-1,0 ПДК более чем в одном компоненте окружающей среды имело место для следующих веществ: медь (атмосферный воздух, почва), марганец (атмосферный воздух, почва), свинец (атмосферный воздух, почва).

К стойким токсичным соединениям (PTS) отнесены: кадмий, ртуть. Стойкими, биоаккумулирующими и токсичными соединениями (PBTs) являются: кадмий, медь, мышьяк, ртуть, свинец, никель, цинк.

Таким образом, в перечень приоритетных химических веществ, содержащихся в почве вошли 8 веществ: кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, ртуть, цинк. Из списка приоритетных веществ был исключен фтор, концентрация которого находится в пределах суточного поступления.

*2 этап – Оценка зависимости «доза-эффект», химических веществ, загрязняющих почву.* Анализ токсикологических характеристик 8 химических веществ-загрязнителей почвы, выбранных для дальнейшего исследования, показал:

- канцерогенным действием (развитие злокачественных новообразований) обладают 4 вещества: кадмий, мышьяк, никель, свинец;
- эмбриотропным действием (сопровождается гибелью эмбриона) обладают 8 веществ: кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк;
- гонадотропным действием (сопровождается выкидышем, ослаблением половой потенции и бесплодия у мужчин и женщин) обладают 6 веществ: кадмий, медь, мышьяк, ртуть, свинец, цинк;
- тератогенным действием (т. е. действием химических веществ на организм матери, отца или плода) обладают 6 веществ: медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец;
- мутагенным действием (способностью химических веществ вызывать изменения на генетическом уровне) обладают 3 вещества: никель, свинец, цинк.

Нормирование содержания химических веществ в почве имеет следующие особенности: необходимо учитывать тип почвы и форму нахождения в ней элемента – валовая или подвижная. В соответствии с этим, при изучении гигиенических характеристик веществ, следует принять во внимание, что тип почв г. Павловска – черноземы, а лабораторный анализ

проб, результаты которого используются в данной работе, направлен на определение содержания химических элементов в подвижной форме.

При изучении гигиенических характеристик веществ, выбранных для дальнейшего исследования, установлено, что гигиенические нормативы содержания в почве имеют все 8 веществ. Анализ данных по развитию *неканцерогенных эффектов* для хронического перорального воздействия показал, что приоритетные загрязнители почвы оказывают влияние на нейроэндокринную, сердечно-сосудистую, иммунную, периферическую нервную, центральную нервную, репродуктивную системы, кровь, почки, печень, кожу, желудочно-кишечный тракт, вызывают биохимические нарушения.

*3 этап – Оценка экспозиции, химических веществ, загрязняющих почву.*

Загрязненная почва поступает в организм человека несколькими путями: 1) перорально, 2) ингаляционно, 3) наочно. Первый путь обусловлен случайным заглатыванием почвы. Второй представляет собой ингаляционное воздействие веществ, попадающих в воздух путем испарения из почвы. Последний – характеризуется адсорбцией вещества из почвы, загрязнившей на кожные покровы. Путь воздействия, при котором вероятность контакта человека с химическим веществом наиболее высока и который приводит к накоплению его концентрации, называется главным (принципиальным). Принципиальным путем поступления загрязненной почвы в организм человека является пероральный (случайное заглатывание) [3].

В качестве экспонированного населения наиболее вероятно выступают дети в возрасте до 6 лет, путь поступления загрязняющих веществ – пероральный, объем потребления – 200 мг в сутки.

Для расчета средней суточной дозы для детского населения при пероральном поступлении химических веществ с почвой использовались стандартные формулы в соответствии с приложением 2 Р 2.1.10.1920-04 [2].

Для проведения расчетов частота воздействия была определена как продолжительность времени, когда свободна от снежного покрова и вероятен контакт с загрязненной почвой. Среднее число дней со снегом составляет 120 дней, в соответствии с чем при расчете среднесуточных доз было принято среднее число дней, когда почва открыта – 245 дней.

Результаты расчета суточных доз поступления химического вещества с почвой для детского населения представлены в таблице .

*Таблица 1*

**Среднесуточные дозы для детского населения**

CAS*	Вещество	Неканцерогенные вещества, мг/кг*день		Канцерогенные вещества, мг/кг*день	
		mediana	95%	mediana	95%
7439-96-5	Кадмий	$2,74 \cdot 10^{-10}$	$3,04 \cdot 10^{-10}$	$8,212 \cdot 10^{-9}$	$9,13 \cdot 10^{-9}$
7439-92-1	Свинец	$3,11 \cdot 10^{-9}$	$7,91 \cdot 10^{-9}$	$9,33 \cdot 10^{-8}$	$2,37 \cdot 10^{-7}$
7440-50-8	Марганец	$1,352 \cdot 10^{-8}$	$2,02 \cdot 10^{-8}$	-	-
7440-43-9	Медь	$1,257 \cdot 10^{-9}$	$1,42 \cdot 10^{-9}$	-	-
744-02-0	Мышьяк	$1,522 \cdot 10^{-10}$	$1,52 \cdot 10^{-10}$	$4,57 \cdot 10^{-9}$	$4,57 \cdot 10^{-9}$
7439-97-6	Никель	$1,522 \cdot 10^{-9}$	$1,52 \cdot 10^{-9}$	-	-
50-32-8	Ртуть	$1,522 \cdot 10^{-9}$	$1,52 \cdot 10^{-9}$	-	-
7440-38-2	Цинк	$6,56 \cdot 10^{-9}$	$2,43 \cdot 10^{-8}$	-	-

\*CAS – уникальный численный идентификатор химических соединений

*4 этап – Характеристика риска здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих почву.*

Расчет индивидуального канцерогенного риска проведен для 3 веществ – кадмия, мышьяка, свинца. Для никеля расчет не проведен из-за отсутствия значения фактора наклона (фактора канцерогенного потенциала) при пероральном поступлении.

Результаты проведенного расчета воздействия канцерогенных веществ показали, что уровни канцерогенного риска для детского населения г. Павловска не превышают рекомендуемую безопасную величину ( $1 \times 10^{-4}$ ) по свинцу, кадмию и мышьяку. Значения данных величин индивидуального канцерогенного риска относятся к первому диапазону рисков (равный и меньше  $1 \times 10^{-6}$ ), что характеризует уровни риска, как пренебрежимо малые, не отличающиеся от повседневных рисков.

Оценка риска *неканцерогенных эффектов* проводилась на основе расчета коэффициентов опасности. На этапе идентификации опасности в перечень приоритетных веществ для расчета неканцерогенного риска вошли 9 загрязнителей. Рассчитанные величины коэффициентов опасности неканцерогенного риска составили от  $9,66 \times 10^{-8}$  до  $2,26 \times 10^{-6}$ . Данные величины можно охарактеризовать как пренебрежимо малые, не требующие принятия мер по управлению риском.

Расчеты показали отсутствие превышений допустимого значения индексов опасности (НИ) для детского населения при одностороннем воздействии на нейроэндокринную, сердечно-сосудистую, иммунную, периферическую нервную, центральную нервную, репродуктивную системы, кровь, почки, печень, желудочно-кишечный тракт, на биохимические процессы в организме.

Таким образом, расчеты по оценке рисков для здоровья детского населения г. Павловска под влиянием химических веществ, загрязняющих почву, подвергающиеся воздействию горнопромышленного комплекса ОАО "Павловскгранит", показали, что величины индивидуальных канцерогенного и неканцерогенного рисков не превышают допустимых уровней, характеризуются как пренебрежимо малые, не требуют дополнительных мер по их снижению, но их уровни подлежат периодическому контролю.

*«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ  
в рамках научного проекта № 20-55-00010»*

1. Проблемы утилизации твердых отходов : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: В. Ф. Кострюков, Е. В. Золотухина .- Воронеж : ЛОП ВГУ, 2009. -212с.
2. Приложение 2 Р.2.1.10.1920–04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.
3. Ревич Б. А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения: Введение в экологическую эпидемиологию. – М.: МНЭПУ, 2001.- 235 с.Список литературы

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ Г. ВОРОНЕЖА

Прожорина Т. И., Преснякова Ю. А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

E-mail: coriandre@rambler.ru

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF NOISE POLLUTION FROM MOTOR TRANSPORT ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF VORONEZH

Prozhorina T. I., Presnyakov A. Yu.

Voronezh state University, Voronezh

E-mail: coriandre@rambler.ru

**Аннотация.** В настоящее время в городе Воронеже наблюдается устойчивый рост автомобильного транспорта, что приводит к повышению акустической нагрузки. Цель данного исследования заключается в выявлении возможности причинения вреда здоровью при воздействии транспортного шума с выделением территорий «риска» на примере четырех мониторинговых точек города Воронежа.

Проведенные исследования и расчеты позволили получить количественную и качественную оценку риска заболеваний населения, проживающего на исследуемых территориях, под воздействием шумовой нагрузки, а также выявить существующие проблемы для здоровья населения, в частности, нарушений сердечно-сосудистой, нервной системы и органов слуха и предложить конкретные рекомендации по уменьшению акустического дискомфорта.

**Ключевые слова:** эквивалентный уровень шума, оценка риска, мониторинговые точки контроля.

**Abstract.** Currently, the city of Voronezh is experiencing a steady growth in road transport, which leads to an increase in the acoustic load. The purpose of this study is to identify the possibility of causing harm to health when exposed to traffic noise with the allocation of "risk" territories on the example of four monitoring points in the city of Voronezh. The research and calculations made it possible to obtain a quantitative and qualitative assessment of the risk of diseases of the population living in the studied territories under the influence of noise load, as well as to identify existing problems for the health of the population, in particular, disorders of the cardiovascular, nervous system and hearing organs, and to offer specific recommendations for reducing acoustic discomfort.

**Keywords:** equivalent noise level, risk assessment, monitoring points of control.

В настоящее время еще недостаточно изучено нарушение физических параметров среды (шумовое загрязнение, вибрация, ультразвук и пр.). Но, учитывая сильную техногенную нагрузку на экосистему города, можно говорить о том, что эти факторы также вносят вклад в ухудшение экологической обстановки.

На территории г. Воронежа источниками физических факторов, оказывающими неблагоприятное воздействие на условия проживания населения, являются промышленные

предприятия, автомобильный транспорт, встроено-пристроенные в жилые здания объекты, радиотелефонная связь [6].

Шум относится к ведущим факторам среды обитания, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека. Высокие уровни шума ассоциируются с нарушениями со стороны нервной системы, сердечно-сосудистой системы, органов слуха. Доказано, что нарушение состояния центральной нервной системы под воздействием шума приводит к снижению внимания и работоспособности, особенно умственной.

Результаты исследования влияния шума на сердечно-сосудистую систему подтверждают, что под его воздействием ускоряется или замедляется пульс, повышается или снижается артериальное давление, изменяется ЭКГ, плетизмо- и реоэнцефалограмма.

Транспортный шум существенно влияет на функциональное состояние слухового анализатора. В городских жилых домах, расположенных вдоль магистралей, население часто жалуется на плохое восприятие речи, что объясняется маскировкой отдельных звуков речи транспортным шумом. Установлено, что шум нарушает разборчивость речи, особенно если его уровень превышает 70 дБА. При этом человек не разбирает от 20 до 50% слов. Шум через проводящие пути звукового анализатора влияет на различные центры головного мозга, изменяет взаимоотношения процессов высшей нервной деятельности, нарушает равновесие процессов возбуждения и торможения [1].

В настоящее время в городе Воронеже наблюдается устойчивый рост автомобильного транспорта, особенно индивидуального. По данным на 01.01.2019 год в общее количество личного автотранспорта (включая легковые, грузовые, автобусы) по Воронежской области составляет 877837 единиц, в том числе в г. Воронеже – 356232 единиц (или 40,6 % от общего количества) [2].

В рамках социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» на протяжении шести лет проводится мониторинг уровней шума в жилой застройке, приближенной к автомагистралям с учетом интенсивности движения автотранспорта, а также с учетом жалоб населения на воздействие транспортного шума.

В динамике за период 2016-2018 годы число обращений граждан на источники физического воздействия возросло в 1,3 раза. Наибольший удельный вес в структуре обращений воронежцев на неблагоприятные условия проживания обусловил шум, на долю которого в 2018 году пришлось 1559 заявлений [5].

В целях продолжения изучения возможного влияния шумового загрязнения от автотранспорта на здоровье населения, проживающего в зонах акустического дискомфорта ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета выполнена работа по оценке риска здоровью населения ГО г. Воронеж при воздействии транспортного шума с выделением внутригородских «территорий риска».

В течение 2019 года в городе Воронеже измерения шума проводились в четырех мониторинговых точках контроля (м. т.к.): жилой массив Олимпийский, 4; ул. Краснознаменная, 171 б, ул. Володарского, 39, пр. Патриотов, 31/2, согласно ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий» [3].

Инструментальные значения уровня шума были получены с помощью цифрового прибора шумомера-анализатора спектра модификации «Ассистент S-Light», соответствующего требованиям для шумомеров первого класса точности. Погрешность шумомера прове-

рялась акустическим калибратором 1 класса точности типа «Защита-К». В соответствии с нормативными требованиями измерения были проведены на расстоянии 7,5 м от оси, ближайшей к точке измерения полосы движения транспорта, на высоте 1,5 м и в заранее определенных климатических условиях (отсутствие осадков, скорость ветра меньше 5 м/с).

В каждой точке измерения показателей шума проводились по недельным наблюдениям, выполняемым четыре раза в год – зимой, весной, летом и осенью согласно ГОСТ 31296.2. [4]. В качестве исходной единицы действующих уровней шума при оценке риска принимался показатель эквивалентного уровня средневзвешенного суточного шума.

Расчет уровней риска проведен с учетом допустимого уровня шума, определенного санитарными правилами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [9]. На территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек допустимый уровень шума составляет 55 дБ в дневное время (с 7-00 до 23-00 ч.) и 45 дБ в ночное время (с 23-00 до 7-00).

В течение 2019 г. наибольшие показатели эквивалентного уровня средневзвешенного суточного шума регистрировались в м. т.к.: ул. Краснознаменная 171 б – от 57 до 62 дБА, проспект Патриотов, 31/2 – от 57 дБ до 61 дБА. В м. т.к. по адресу: жилой массив Олимпийский, 4 показатель эквивалентного уровня средневзвешенного суточного шума, находился в пределах 50 – 54 дБ, в м. т. к. по адресу: ул. Володарского, 39 показатель эквивалентного уровня средневзвешенного суточного шума варьировал – от 45 до 52 дБ.

Количественный анализ зависимости "экспозиция-ответ" осуществлялся с использованием эволюционных детерминированных математических моделей развития нарушений сердечно-сосудистой, нервной системы и органов слуха. Оценка агрегированного риска развития данных нарушений, интегрирующая совокупность отечественных и зарубежных данных о динамике развития этих эффектов на фоне естественного старения организма, выполнена решением системы рекуррентных уравнений в соответствии с МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» [7].

Проведённая количественная оценка риска показала, что на территории по пр. Патриотов, 31/2 и ул. Краснознаменная, 171 б при существующих уровнях транспортного шума наиболее чувствительна к его воздействию сердечно-сосудистая система: средний уровень риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы сформируется к 55 года жизни на территории, прилегающей к м. т.к. по пр. Патриотов, 31/2 и к 70 годам – по ул. Краснознаменная, 171 б.

Приведённый риск заболеваний органов слуха и нервной системы под воздействием транспортного шума в данной экспозиции характеризуется как «низкий» на протяжении всего исследуемого возрастного диапазона (1-70 лет).

Приведённый риск заболеваний органов слуха, нервной системы и сердечно-сосудистой системы под воздействием транспортного шума на территориях, прилегающих к ул. Володарского, 39 и жилому массиву «Олимпийский», отсутствует на всём протяжении исследуемого возрастного диапазона.

Обобщая полученные результаты, авторы работы *рекомендуют*: в мониторинговых точках контроля по ул. Краснознаменная, 171 б, ул. Володарского, 39, пр. Патриотов, 31/2 предпринять меры по организации расширенной программы мониторинга шумовой нагрузки

с проведением дополнительных исследований в периоды максимальных уровней шума, в том числе:

- провести мероприятия по снижению шумовой нагрузки на ближайшую краткосрочную перспективу в течение года с ежегодным пересмотром степени риска;
- установить архитектурные сооружения, способствующие снижению уровня шума;
- перераспределение транспортных потоков в г. Воронеже с целью снижения транспортной нагрузки [8].

*«Исследования проведены при финансовой поддержке Российского  
научного фонда, проект 20-17-00172»*

#### Список литературы

1. Андреева-Галанина Е. Ц. Шум и шумовая болезнь. – Москва: Наука, 2000.- 165с.
2. Воронежский статистический ежегодник. 2019: Стат. сб. / Воронежстат. – В 75 Воронеж, 2019. –340 с.
3. ГОСТ Р 53187-2008 Национальный стандарт Российской Федерации. Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий.
4. ГОСТ 31296.2-2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления».
5. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2018 году» – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2019. – 199 с.
6. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, П. М. Виноградов и др. – Воронеж: Научная книга, 2015. – 232с.
7. МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума».
8. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Москва: Росавтодор, 2013.- 127 с.
9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

## ПРИРОДООХРАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКАЗНИКА БЕЛООЗЕРСКИЙ

Прудаева В. А.

Тюменский государственный университет

г.Тюмень

VeronikaPrudaeva@mail.ru

## ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF THE BELOOZERSKY NATURE RESERVE

Prudaeva V.A.

Tyumen state University

Tyumen

VeronikaPrudaeva@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье проведена оценка природоохранной эффективности заказника Белоозерский. Проведены расчеты по методике, разработанной М. С. Стишовым. По проделанным расчетам произведен анализ, показывающий уникальную ценность данного заказника, а также ошибки в управлении им. Так же обозначена роль ООПТ в сохранении видового и ландшафтного разнообразия.

**Ключевые слова:** особо охраняемые природные территории, Природоохранная эффективность, Природоохранная ценность, Природоохранная значимость, Природоохранная эффективность, Белоозерский заказник.

**Abstract.** This article evaluates the environmental efficiency of the beloozersky nature reserve. Calculations were made using the method developed By M. S. Stishov. Based on the calculations made, an analysis was made showing the unique value of this reserve, as well as errors in its management. The role of protected areas in preserving species and landscape diversity is also outlined.

**Keywords:** Protected areas, Environmental efficiency, Environmental value, Environmental significance, Environmental efficiency, Beloozersky reserve.

**Введение.** Согласно Закону "Особо охраняемые природные территории – участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют свое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим специальной охраны". Статус ООПТ в настоящее время определяется Федеральным Законом "Об особо охраняемых природных территориях".[2]

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются важным элементом в сохранении первоначального вида природы. Именно благодаря ООПТ на планете существуют места, не тронутые человеком. Но данные участки имеют не только природоохранное значение, но и эстетическое, культурное, научное, рекреационное и оздоровительное.

Главной задачей ООПТ является сохранение природного наследия и установка заповедного режима охраны. Данными установками предусмотрено полное запрещение либо частичное ограничение хозяйственной и иной деятельности, не соответствующей режиму



ООПТ. Но несмотря на все меры человек оказывает непосредственное влияние как на деятельность, так и на само ООПТ в целом. Последствия антропогенного влияния зависят от статуса охраняемой территории, площади, конфигурации границ, сохранности природных комплексов его окружения. В связи с этим различными специалистами по всему миру разработано множество способов оценки природоохранной эффективности. Самой распространённой из всех является методика М. С. Стишова. Преобладание данной методики над другими является в том, что она позволяет дать оценку природоохранной эффективности системы ООПТ в масштабах какого-либо административного или природного региона. [1]

В настоящий момент прослеживается низкая заинтересованность государства и местных властей в поддержке малых ООПТ, что заметно сказывается на их развитии. На примере «Белоозерского» заказника, находящегося в Армизонском районе Тюменской области, показаны результаты оценки природоохранной эффективности, которые отражают наличие недостатка финансирования из-за оптимизации и упразднения системы данного заказника. Так, 5 декабря 2018 года заказник был лишен самостоятельного статуса и прикреплен к ближайшему заповеднику, который оказался в соседнем регионе. На данный момент в штат сотрудников входит лишь 3 человека, занимающиеся охраной заказника площадью 17 850 га. Из-за отсутствия научных исследований и поддержки государства охрана заказника не осуществляется в полной мере. [3]

### Методы

Методика М. С. Стишова включает в себя 5 природоохранных функций ООПТ, которые состоят из набора компонентов, а те, в свою очередь состоят из компонентов 2-го порядка.

Таблица 1

**Природоохранные функции ООПТ и их компоненты.**

Природоохранные функции ООПТ	Компоненты
1. Эталонная функция	1.1 Природное разнообразие
	1.2 Наличие и значимость чуждых и синантропных элементов
	1.3 Эталонные экосистемы
	1.4. Антропогенно нарушенные и трансформированные экосистемы
2. Рефугиумная функция	2.1. Редкие, исчезающие и эндемичные таксоны
	2.2. Редкие, исчезающие и эндемичные сообщества
3. Резерватная функция	3.1. Охотничье-промысловые виды животных
	3.2. Крупные скопления животных
	3.3. Растения, имеющие утилитарную ценность
4. Монументальная функция	4.1. Природные объекты, имеющие выдающееся природоохранное или научно-познавательное значение
	4.2. Ландшафты, имеющие выдающееся познавательное или эстетическое значение
5. Эколого-стабилизирующая функция	

Каждый из оценённых компонентов экологических функций ООПТ определяется тремя базовыми показателями: репрезентативности, контраст с окружением и текущим состоянием. Все эти показатели имеют четырехбалльную шкалу оценки, критерии которой индивидуальны для различных составляющих.

Получив необходимые оценки репрезентативности, контраста с окружением и текущего состояния, каждой оцениваемой составляющей природоохранной функции ООПТ определяют 3 показателя: природоохранная ценность, природоохранная значимость и природоохранная эффективность. Каждый показатель рассчитывается по своей формуле, которая включает баллы, полученные при оценке репрезентативности, контраста с окружением и текущего состояния. [1]

### Результаты

Эффективность заказника была оценена по всем пяти функциям, представленным в методике WWF России (2012) Стишова М. С. Были изучены компоненты функций и рассчитаны показатели этих функций (репрезентативность, контраст с окружением, текущее состояние, природоохранная ценность и значимость) для того, чтобы определить природоохранную эффективность заказника «Белоозерский».

Таблица 2

**Общая природоохранная эффективность заказника «Белоозерский»**

Параметр		Эталонная функция	Рифугиумная функция	Резерватная функция	Монументальная функция	Эколого-стабилизирующая функция	В целом
Средняя репрезентативность	Баллы	2,2	0,6	1,3	1	2	1,4
Средний контраст		0,6	1,2	1,2	1	1	1
Среднее текущее состояние		4	3,8	3,5	2	4	3,5
Суммарная природоохранная ценность		10,3	40	121	2	6	35,9
Суммарная природоохранная значимость		10,3	39	107	1	6	32,7
Средняя природоохранная эффективность, %		100	99	88,8	50	100	87,6

Каждый из компонентов дает в полной мере взглянуть на ситуацию, на территории «Белоозерского» заказника. Репрезентативность дает полноту всех комплексов и объектов

природоохранной эффективности. Контраст с окружением помогает оценить эффективность заказника в сравнении с районом, в котором он расположен. Что тоже немало важно, ведь состав видов и ландшафтов заказника изначально составлялся из видов и ландшафтов района. Ну а текущее состояние позволяет нам увидеть состояние заказника на данный момент, дает понять улучшается ли состояние или наоборот ухудшается.

По рассчитанным показателям можно сделать вывод, что наибольшее влияние на природоохранную эффективность заказника оказывают эталонная и эколого-стабилизирующая функции. Их показатели имеют 100%. Это говорит о том, что на территории заказника высокое видовое богатство и ландшафтное разнообразие, а также высокий уровень экосистемных услуг. Эти два компонента перекликаются именно поэтому они имеют наивысший балл.

Другие функции получили не такой высокий результат. Особенно это резерватная и монументальная функции. В первой функции такой процент эффективности из-за невысокой представленности охотничье-промысловых видов животных и растений, имеющих утилитарную ценность. А во второй функции такой результат из-за присутствия лишь одного урочища, подходящего для оценки.

Рефугиумная функция имеет 99%, но ее нельзя отнести к группе с высокой природоохранной эффективностью, так как не известно в полной мере количество и состояние охраняемых видов на данный момент. Нет точных сведений о том, как проходит восстановление редких и исчезающих видов, есть ли прогресс в данной области или его нет.

#### **Заключение.**

По полученным расчетам природоохранная эффективность государственного природного комплексного биологического заказника федерального значения «Белоозерский» по 5 функциям составляет 87%. Данная оценка дает понять, что есть недоработки в эффективности работы заказника, которые влияют на его будущее состояние. Эти недоработки выражаются в том, что в данное время многие исследования флоры и фауны заказника прекращены, вследствие малого финансирования. Государство, в связи с определенными организационными трудностями, прекратило финансирование многих осуществляемых ранее программ. Из-за этого состояние заказника в разы ухудшилось и число многих видов растений и животных, исчезающих и находящихся под охраной и восстановлением, резко сократилось.

Уже несколько лет идет работа по пересмотру статуса заказника на заповедник либо национальный парк. Возможно, после пересмотра и изменения статуса природа заказника будет под более строгим и качественным надзором, что скажется на увеличении популяций флоры и фауны и здесь вновь начнут проводить научные исследования, что повлияет на улучшение показателя природоохранной эффективности.

#### **Список литературы**

1. Стишов.М. С.,Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. – 2012.
2. Постановление Правительства РФ от 29.05.2008 № 404 (ред. от 28.01.2011) «О Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации».
3. Заказник"Белоозерский" Армизонский район. [электронный ресурс].URL: [http://beloz.ucoz.ru/index/beloozjorskij\\_segodnja/0-32](http://beloz.ucoz.ru/index/beloozjorskij_segodnja/0-32).

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДЕНИТРИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОЧВ ГОРОДА  
РОСТОВ-НА-ДОНУ**

Пуликова Е. П., Горовцов А. В.  
Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского,  
Южный Федеральный Университет  
г. Ростов-на-Дону  
Elisaweta-lisa-weta-pulikova@mail.ru

**STUDY OF DENITRIFICATION PROCESS IN SOIL CONDITIONS OF  
ROSTOV-ON-DON**

Pulikova E.P., Gorovtsov A.V.  
D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology,  
South Federal University  
Rostov-on-Don  
Elisaweta-lisa-weta-pulikova@mail.ru

**Аннотация.** К настоящему моменту состояние цикла азота в условиях городских почв остается недостаточно изученным. Несбалансированность процессов трансформации азотистых соединений может оказывать серьезное влияние на почвы и сопредельные среды урбоэкосистем. В данной работе рассматривается влияние урбанизации на один из процессов – денитрификацию. Сравнение нитритредуктазной активности в почвах с низкой и высокой антропогенными нагрузками показало, что в городских почвах активность нитритредуктазы выше, что связывается с большей плотностью почвенного покрова в городе. Численность нитритредукторов в летний период времени также была выше в городских условиях, что свидетельствует о незначительном влиянии тяжёлых металлов на нитритредукторов. Концентрация нитрита в городских почвах была ниже, что в очередной раз демонстрирует потерю минерального азота в антропогенных условиях.

**Ключевые слова:** нитрит, нитритредукторы, нитритредуктаза, денитрификаторы, закись азота, антропогенное воздействие/нагрузка

**Abstract.** To date, the state of the nitrogen cycle in urban soils remains poorly understood. The imbalance in the transformation processes of nitrogenous compounds can have a serious impact on soils and adjacent environments of urban ecosystems. This article examines the impact of urbanization on one of the processes – denitrification. Comparison of nitrite reductase activity in soils with low and high anthropogenic loads showed that the nitrite reductase activity is higher in urban soils, which is associated with a higher density of the soil cover in the city. The number of nitrite-reducing bacteria in the summer period was also higher in urban conditions, which indicates an insignificant effect of heavy metals on this group of microorganisms. The concentration of nitrite in urban soils was lower, which once again demonstrates the loss of mineral nitrogen in anthropogenic conditions.

**Keywords:** nitrite, nitrite-reducing bacteria, nitrite reductase, denitrifiers, nitrous oxide, anthropogenic impact

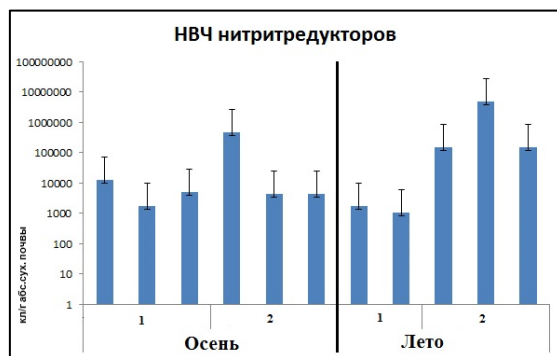
В связи с усиливающейся урбанизацией, факторы городской среды всё сильнее и сильнее влияют на экосистемы, в том числе и на почвенные сообщества. Несмотря на то, что промышленное производство в XX веке возросло в 50 раз, и индустриализация оказала значительное влияние на городскую среду [3], некоторые аспекты микробиологии городских почв изучены по-прежнему недостаточно. Азот является основным элементом необходимым для развития растений в почве и других организмов, обитающих в ней [5, 9]. Для понимания биологических свойств антропогенно-преобразованных почв важно изучать основные процессы цикла азота. К тому же, предполагается, что загрязнение тяжелыми металлами влияет на процессы, регулирующие круговорот азота больше, чем на процессы цикла углерода [20]. К важным индикаторам загрязнения урбопочв относятся такие показатели цикла азота, как активность протеазы, уреазы, окисления аммония и наряду с ними процессы денитрификации [17]. Денитрифицирующие бактерии входят в состав большинства бактериальных филоумов, поэтому при нарушении в процессах денитрификации могут быть затронуты и многие другие функции этих микроорганизмов, что несет более серьёзную угрозу экосистемам [20]. Кроме того, денитрификаторы рассматриваются не только как индикаторные организмы, но и как источники парникового газа – закиси азота [11, 13], эмиссия которого увеличивается при орошении городских газонов и добавлении удобрений в них [14, 19, 22]. Такой же эффект, за счёт усиливающейся денитрификации, вносит и уплотнение почвенного покрова, [18]. Также, по некоторым данным, в городских почвах цикл нитратов преобладает над циклом аммония, что может приводить к потерям минеральных форм азота из почвы [21], при этом избыток нитратов влечет загрязнение грунтовых вод [16]. Таким образом, денитрификация затрагивает не только почвы но и сопредельные среды в урбоэкосистемах, что еще раз подчеркивает важность ее детального изучения.

Объектом исследования являлась денитрифицирующая активность в городских почвах Ростова-на-Дону, отобранных с ул. Московская, Малиновского, Красноармейская, площади Страны Советов. Площадки отбора проб представляли собой открытые незапечатанные участки почвенного покрова, не озеленённые или слабо озеленённые. Для сравнения была также изучена микробиота почв со значительно меньшим антропогенным воздействием, взятых из Ботанического сада, Соловьёвской рощи, Щепкинское леса. Зональный тип почв на территории города Ростова-на-Дону по классификации почв соответствует чернозёму обыкновенному карбонатному среднемоющему тяжёлосуглинистому [8].

Отбор проб был проведён в октябре 2019 и августе 2020 гг. Отбор и подготовка почвенных образцов к анализу проводились согласно общепринятым методам [1, 6]. Наиболее вероятное число (НВЧ) денитрифицирующих микроорганизмов определяли с помощью посева почвенных разведений в мясо-пептоном бульоне (МПБ) с 0,2% содержанием нитратов [23]. Инкубацию вели в течение 7-10 дней. Наличие нитратредукторов и нитритредукторов было установлено с использованием порошка Брэя, содержащего реактив Грисса и цинковую пыль [15]. Для установления нитритредуктазной активности исследуемая почва в количестве пяти грамм инкубировалась 24 часа в МПБ с 0,05% содержанием нитрита. Количественное определение нитрита проводилось посредством добавления реактива Грисса в отобранную жидкость [2].

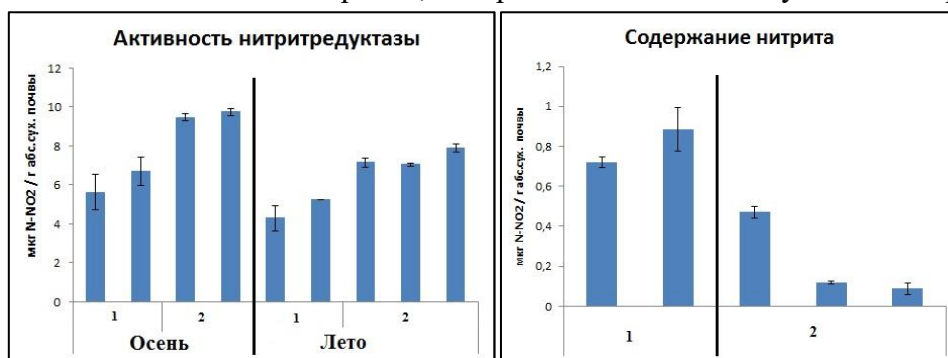
Из рисунка 1 видно, что в осенний период различий в распределении нитритредуцирующих бактерий среди почв высокой и низкой антропогенной нагрузки выявлено не было, что происходит и с распределением нитратредукторов. Однако в летний период наиболее вероятное число нитритредукторов было значительно выше в городских почвах. Числен-

ность бактерий в почвах с меньшим антропогенным воздействием в октябре и августе было приблизительно одинаковым. Такое преобладание нитритредукторов в городских почвах связано с повышенной плотностью почвенного покрова, как это встречалось в других исследованиях [4, 7].



**Рис. 1.** Наиболее вероятное число нитритредукторов в исследуемых образцах почвы. 1 – почвы с низкой антропогенной нагрузкой, 2 – почвы с высокой антропогенной нагрузкой

Нитритредуктазная активность в оба сезона была выше в городских почвах (Рис. 2). Снижение скорости утилизации нитрита в летний период в обеих выборках почв, может быть связано, с засушливым летним сезоном, в то время как осенью почвы имеют более высокое содержание влаги, которая благоприятствует активному росту и деятельности денитрифицирующих микроорганизмов за счёт создания анаэробных условий [10]. Повышенная активность нитритредукторов в городских почвах приводит к тому, что содержание нитрита в образцах ниже этих же значений в почвах с низкой антропогенной нагрузкой, (Рис. 2). Можно предположить, что повышенная численность и активность нитритредукторов в городских почвах наблюдается из-за того, что на урбанизированных территориях наиболее активно происходит осаждение соединений азота из атмосферы, в результате чего почвы содержат повышенные количества нитритов, которые активно используются бактериями [12]).



**Рис. 2.** Активность нитритредуктазы в исследуемых образцах почвы (слева). Содержание нитрита в исследуемых образцах почвы в летний период (справа): 1 – почвы с низкой антропогенной нагрузкой, 2 – почвы с высокой антропогенной нагрузкой

Таким образом, можно сделать вывод, что из-за процессов денитрификации, которые протекают в городских почвах, происходит активная потеря азота в виде газообразных продуктов. Данный процесс идет менее интенсивно в почвах с низким уровнем антропогенной нагрузки. Кроме того, усиленные процессы денитрификации могут приводить к повышенной эмиссии закиси азота в городе, несмотря на то, что почвы намеренно не орошали и не удобряли. Тем не менее, высокое содержание денитрификаторов показывает, что наличие тяжё-

лых металлов и полиароматических углеводородов в городской почве не оказывают негативного влияния на их численность. Несмотря на это, активность нитритредуктазы и численность денитрификаторов может рассматриваться как один из биоиндикаторов процессов урбанизации и применяться для оценки состояния почв в условиях города.

#### Список литературы:

1. ГОСТ 17.4.4.02-84 Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – 2008
2. ГОСТ 4517-87 Реактивы. Методы приготовления вспомогательных реактивов и растворов, применяемых при анализе
3. Добровольский, Г. В., Строганова, М. Н., Прокофьева, Т. В., Стриганова, Б. Р., Яковлев, А. С. Почва, город, экология // М.: Фонд “За экономическую грамотность”. – 1997.
4. Забелина О. Н., Злышко А. С. Биологическая активность запечатанной почвы урбанизированных территорий // Успехи современного естествознания. – 2015. – №. 5. – С. 167-170.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. МУ 1446-76 Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы (с Изменениями). – 1976
7. Никитин Д. И. (ред.). Почвенная микробиология: Пер. с англ. – Колос, 1979.
8. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов; Учреждение образования "Гродненский гос. ун-т им. Я. Купалы". – Гродно: ГрГУ, 2006. – 249 с.
9. Федоров М. В. Почвенная микробиология: Учебное пособие. – Советская наука, 1954. – 484 с.
10. Шлегель Г. Общая микробиология: Пер. с нем.- М.: Мир, 1987. – 567 с., ил
11. Anderson I. C., Levine J. S. Relative rates of nitric oxide and nitrous oxide production by nitrifiers, denitrifiers, and nitrate respirers // Appl. Environ. Microbiol. – 1986. – V. 51. – №. 5. – P. 938-945.
12. Ayres, R. U., Norberg-Bohm, V., Ayres, L. W. Industrial metabolism of nitrogen // INSEAD. – 1993
13. Bárta, J., Melichová, T., Vaněk, D., Pícek, T., Šantrůčková, H. Effect of pH and dissolved organic matter on the abundance of nirK and nirS denitrifiers in spruce forest soil // Biogeochemistry. – 2010. – V. 101. – №1-3. – P. 123-132.
14. Bijoor, N. S., Czimczik, C. I., Pataki, D. E., Billings, S. A. Effects of temperature and fertilization on nitrogen cycling and community composition of an urban lawn // Global Change Biology. – 2008. – V. 14. – №. 9. – P. 2119-2131.
15. Focht D. D., Joseph H. An improved method for the enumeration of denitrifying bacteria // Soil Science Society of America Journal. – 1973. – V. 37. – №. 5. – P. 698-699.
16. Groffman, P. M., Williams, C. O., Pouyat, R. V., Band, L. E., Yesilonis, I. D. Nitrate leaching and nitrous oxide flux in urban forests and grasslands // Journal of environmental quality. – 2009. – V. 38. – №.5., – P. 1848-1860.

17. Kandeler, E., Poll, C., Frankenberger Jr, W. T., Ali Tabatabai, M. Nitrogen cycle enzymes // *Methods of soil enzymology*. – 2011. – V. 9. – P. 211-245.
18. Li S., Deng H., Rensing C., Zhu Y. Compaction stimulates denitrification in an urban park soil using 15 N tracing technique // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2014. – V. 21. – №. 5. – P. 3783-3791.
19. McPhillips, L. E., Groffman, P. M., Schneider, R. L., Walter, M. T. Nutrient cycling in grassed roadside ditches and lawns in a suburban watershed // *Journal of Environmental Quality*. – 2016. – V. 45. – №. 6. – P. 1901-1909.
20. Noredal Throbäck I. Exploring denitrifying communities in the environment. – 2006. – V. 2006. – №. 33.
21. Rice, E. L., Pancholy, S. K. Inhibition of nitrification by climax ecosystems // *American Journal of Botany*. – 1972. – V. 59. – №.10. – P. 1033-1040.
22. van Delden, L., Larsen, E., Rowlings, D., Scheer, C., Grace, P. Establishing turf grass increases soil greenhouse gas emissions in peri-urban environments // *Urban ecosystems*. – 2016. – V. 19. – №. 2. – P. 749-762.
23. Volz M. G. Denitrifying Bacteria can be Enumerated in Nitrite Broth 1 // *Soil Science Society of America Journal*. – 1977. – V. 41. – №. 3. – P. 549-551.



## СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА МАЛЫЙ ЛИМАН ПО ДАННЫМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

О. С. Решетняк<sup>1,2</sup>, А. Н. Решетняк<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

osreshetnyak@sfedu.ru

## THE STATE OF LAKE MALY LIMAN ACCORDING TO GEOECOLOGICAL OBSERVATIONS

O.S. Reshetnyak<sup>1,2</sup>, A.N. Reshetnyak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>South Federal University, Rostov-on-Don,

<sup>2</sup>Hydrochemical Institute of Roshydromet, Rostov-on-Don

**Аннотация:** Представлены результаты комплексных геоэкологических исследований озера Малый Лиман. По химическому составу вода озера является слабоминерализованной, мягкой, со слабощелочной реакцией среды, превышений ПДК не выявлено. Также вода озера является карбонатно-кальциевого типа, кислородный режим озера благоприятный. Геофизические исследования в береговой зоне озера Малый Лиман показали наличие фильтрационных явлений в геологическом разрезе перешейка, разделяющего озеро и Черное море.

**Ключевые слова:** озеро Малый Лиман, геоэкологические исследования, химический состав воды, геофизические методы

**Abstract:** The results of complex geoeological studies of the Maly Liman Lake are presented. The water of the lake is slightly mineralized, soft and has a slightly alkaline reaction of the environment, no excess of the MAC was found. In addition, the waters of the lake are of the carbonate-calcium type, the oxygen regime of the lake is favorable. Geophysical studies in the coastal zone of Lake Maly Liman showed the presence of filtration phenomena in the geological section of the isthmus between the lake and the Black Sea.

**Keywords:** Lake Maly Liman, geoeological studies, chemical composition of water, geophysical methods

### Введение

Уникальное озеро Малый Лиман находится на территории Краснодарского края на юге Абрауского полуострова в 1,5 км от озера Абрау. Оно располагается непосредственно на берегу Черного моря, от которого озеро отделено каменной косой (перешейком), шириной около 30 метров. Площадь озера – 24000 м<sup>2</sup>, размеры – 180 x 130 м, максимальная глубина от 3,5 до 4,5 м в зависимости от водности года. Прибрежная защитная полоса озера составляет от 5 м (у берега моря) до 10 м по периметру [1, 4]. Озеро является памятником природы гидрологического профиля и принадлежит к Абраускому государственному природному заказнику. Присвоение озеру статуса памятника природы стало вынужденной мерой по борьбе с загрязнением водоема из-за активной туристической деятельности [1].

Озеро Малый Лиман образовалось в результате эндогенных и экзогенных процессов. Несколько тысяч лет назад при сильном землетрясении образовались сильные оползни скло-

нов реки Абрау, что привело к образованию озера Абрау. Ниже естественной дамбы, непосредственно в прибрежной зоне образовалось озеро Малый Лиман [4]. Озеро относится к, так называемым, «псевдолагунам» и является пресным водоемом [1]. Опреснение произошло после сооружения дамбы, которая отделяет море от озера. Питание озера Малый Лиман осуществляется за счёт подземного притока воды по толще четвертичных отложений, слагающих участок старого русла реки Абрау. Выпадающие осадки на территорию озера практически полностью расходуется на испарение и транспирацию [4].

Выше по течению старого русла, на расстоянии 1,5 км находится другое уникальное озеро Абрау, более глубокое и обширное. Общим в химическом составе воды озер является низкая минерализация воды (230-300 мг/дм<sup>3</sup>), слабощелочная реакция среды (7,9-8,1), низкая жесткость (2,8-4,3 °Ж), а также отсутствие превышения ПДК<sub>рыбхоз</sub> по содержанию биогенных веществ (нитратов, нитритов, ионов аммония). В целом оба озера по химическому составу воды являются карбонатно-кальциевыми, пресными маломинерализованными [3].

Вода озера Малый Лиман соответствует рыбохозяйственным нормативам качества для поверхностных вод, практически по всем показателям. Превышение до 2 ПДК наблюдается по содержанию ионов меди, железа и марганца, что подтверждает наличие подземного питания данного озера [3].

Как известно, природные воды (поверхностные и подземные) являются не только связующим компонентом различных геосфер, но и существуют во взаимосвязи между собой. Роль природных вод в геологической истории велика и неоспорима. Непрерывно происходят различные фильтрационные процессы, приводящие к трансформации химического состава воды [2]. В таком контексте актуальным становится изучение особенностей химического состава воды озера Малый Лиман и выявление наличия или отсутствия инфильтрационных потоков в геологической толще перешейка между озером и морем. Решение этих задач может быть выполнено на основе комплекса экспериментальных геофизических и гидрохимических работ, являющихся частью наших комплексных геоэкологических исследований.

### **Материалы и методы исследований**

Комплексные геоэкологические и эколого-геофизические исследования в районе озера Малый Лиман нами проводятся во время летней комплексной учебной практики со студентами, обучающимися по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование» Института наук о Земле ЮФУ. Результаты данных исследований являются важными и актуальными при изучении компонентов окружающей среды, позволяют выявить негативное воздействие антропогенной деятельности на естественные экосистемы.

Комплексные работы проводились в два этапа: полевой и камеральный. Полевой этап включал в себя визуальное описание местности и проведение гидрохимических и эколого-геофизических измерений. На камеральном этапе исследований проводилась обработка и интерпретация полученных данных. Отбор проб воды в озере Малый Лиман, а также лабораторные исследования химического состава воды проведены в июле 2015 г., 2019 и 2020 гг. Гидрохимические исследования включали в себя отбор проб и химический анализ воды. Пробы отбирались с лодки в нескольких точках по акватории озера для получения объединенной пробы воды. Дальнейший химический анализ проб проводился в лабораторных условиях с использованием комплексной полевой лаборатории «НКВ-2».

### **Результаты и их обсуждение**

Близость расположения пресного озера Малый Лиман и озера Абрау вызывает вопрос о наличии или отсутствии гидравлической связи между ними. Изучение химического состава

воды озер может дать ответ на этот вопрос. Общим в химическом составе воды озер является низкая минерализация воды, слабощелочная реакция среды, низкая жесткость, а также отсутствие превышения ПДК по ряду показателей (нитраты, нитриты, ионы аммония, железо). Разница в химическом составе вод исследуемых озер отмечена по таким показателям как: кремниевая кислота и магний, что может быть связано с различием в залегающих горных породах. При этом по химическому составу воды, оба озёра являются карбонатно-кальциевыми, а по минерализации – пресными маломинерализованными [3].

Озеро Малый Лиман отделено от акватории Чёрного моря перешейком и возникает вопрос о наличии или отсутствии инфильтрационных потоков в геологической толще данного перешейка. Решение поставленной задачи выполнено на основе комплекса экспериментальных геофизических исследований в ходе учебной практики в 2019 году.

Результатом проведенных геофизических исследований на береговой зоне озера Малый Лиман стало установление фильтрационных явлений в геологическом разрезе перешейка, разделяющего озеро и Черное море. Со стороны горного склона в разрезе берега озера наблюдаются преимущественно диффузионно-адсорбционные процессы. Показано, что, в соответствии с теоретическими положениями возникновения и изучения поля естественных электрических потенциалов установление и разделение природы электрофизических и электрокинетических процессов достигается путем сопоставления данных методов естественного поля (ЕП) и кажущегося сопротивления (КС). Интенсивность (аномальность) поля ЕП при действии диффузионно-адсорбционных процессов пропорциональна электропроводности пород. В случае фильтрационных явлений такой связи не наблюдается, поскольку деформация естественных потенциалов определяется движением природных вод (скоростью, пластическим давлением, соленостью и др.) [5].

Изучение геологического строения перешейка, как потенциального объекта существования фильтрационных процессов, проведено для ответа на вопрос о глубинной структуре природной перегородки, возникшей под действием землетрясения: либо это пересыпь, либо целостный глыбовый массив. Методами электрической и сейсмической томографии показано, что «пересыпь» имеет переменную мощность, не превышает первых единиц метров и сменяется толщей скальных флишевых отложений. Установлена обводненность нижней толщи с глубины 5-6 м и сделан вывод, что уровень грунтовых вод находится ниже поверхности озера. Удельное сопротивление обводненных пород ( $\rho_n$ ) в среднем составляет 30 Ом\*м и в юго-западной части на глубинах более 15 м уменьшается до 15-20 Ом\*м при  $\rho_n$  воды в озере (по данным резистивиметрии) 18 Ом\*м. Эти показатели указывают на преимущественно пресный состав грунтовых вод в толще пород перешейка. Георадарная съемка на акватории озера позволила установить, что разрез южного берегового склона озера состоит из чередования пластов складчатой флишевой толщи, повсеместно контактирующей с водой. Слой пересыпи является покровным, а «фундамент» перешейка представлен глыбовым массивом эпигенетически преобразованных осадочных пород, где не исключается существование тектонических разрывных нарушений, зон обрушения, трещиноватости и других пористых образований. Это предопределяет существование в массиве перешейка контакта озерной и морской воды, а, следовательно, и существование фильтрационных процессов [5].

Результаты гидрохимических исследований озера Малый Лиман представлены в таблице 1. Анализ представленных данных показывает, что вода озера имеет низкую минерализацию (до 350 мг/дм<sup>3</sup>), слабощелочную реакцию среды (8,11-8,55), низкую жесткость (2,7-4,3 °Ж). Отмечается также отсутствие превышения ПДК<sub>рыбхоз</sub> по содержанию биогенных

веществ (нитратов, нитритов, ионов аммония). В целом по химическому составу вода озера является карбонатно-кальциевого типа. В динамике можно отметить незначительное снижение содержания в воде гидрокарбонатов и рост концентрации хлоридов и ионов кальция в 2020 году, что может быть связано с аномально засушливым летним периодом и снижением уровня воды озера.

Таблица 1

**Химический состав воды в оз. Малый Лиман**

Показатель	2015 г.	2019 г.	2020 г.	Единицы измерения
Водородный показатель	8,11 ± 0,20	8,55 ± 0,20	8,50 ± 0,20	ед.
Минерализация	300 ± 27,0	350 ± 27,0	330 ± 27,0	мг/дм <sup>3</sup>
Жесткость общая	4,30 ± 0,55	2,70 ± 0,55	3,40 ± 0,55	°Ж
Растворенный в воде кислород (O <sub>2</sub> )	–	9,01	10,85	мг/дм <sup>3</sup>
Кремниевая кислота	0,37 ± 0,07	–	–	мг/дм <sup>3</sup>
Хлориды	39,7 ± 3,6	35,5 ± 3,6	78,1 ± 3,6	мг/дм <sup>3</sup>
Сульфаты	50,2 ± 6,5	76,8 ± 6,5	53,8 ± 6,5	мг/дм <sup>3</sup>
Гидрокарбонаты	189,1 ± 22,0	152,5 ± 22,0	155,5 ± 22,0	мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитратный	0,33 ± 0,11	<0,025	<0,025	мг/дм <sup>3</sup>
Азот нитритный	0,02	<0,005	<0,005	мг/дм <sup>3</sup>
Кальций	74,2 ± 8,2	42,1 ± 8,2	60,1 ± 8,2	мг/дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	0,14 ± 0,05	0,10 ± 0,05	0,12 ± 0,05	мг/дм <sup>3</sup>
Железо	0,11 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,10 ± 0,03	мг/дм <sup>3</sup>

В 2015 году в программу гидрохимических исследований озера Малы Лиман было включено изучение кислородного режима озера. Во время практики проводились ежедневные измерения температуры и концентрации O<sub>2</sub> в воде озера, что позволило выявить особенности кислородного режима и факторы, влияющие на его содержание в воде. Содержание растворенного кислорода в воде является одним из основных показателей качества воды и в летний период не должно опускаться ниже 4,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание кислорода в воде озера Малый Лиман находится в норме и меняется от 7,45 до 9,84 мг/дм<sup>3</sup>. Значения pH варьируют в пределах слабощелочной реакции от 7,42 до 7,96 [3]. Можно отметить, что концентрация кислорода незначительно повышалась после выпадения атмосферных осадков, а значение pH – несколько снижалось. Это вполне согласуется с тем, что атмосферные воды, как правило, обогащены кислородом и имеют кислую реакцию среды (pH=4,3-5,0). Наблюдения позволили выявить ряд факторов, влияющих на содержание кислорода в воде – это температура, pH, атмосферные осадки.

Анализ изменения концентрации O<sub>2</sub> в озере за трехдневный период не показало четкой закономерности суточной изменчивости содержания кислорода в воде. Однако, можно

отметить, что содержание растворенного кислорода создает оптимальные условия для развития и функционирования биоценозов [3].

### **Заключение**

Результаты комплексных геоэкологических (гидрохимических и геофизических) исследований состояния озера Малый Лиман показали, что по химическому составу вода озера является слабоминерализованной, мягкой, со слабощелочной реакцией среды, превышений предельно допустимых концентраций химических веществ не выявлено. По классификации О. А. Алекина вода озера имеет карбонатно-кальциевый состав. Кислородный режим озера Малый Лиман благоприятный, подвержен незначительным суточным колебаниям и зависит от природных факторов (температура воздуха и атмосферные осадки).

Геофизические исследования в береговой зоне озера Малый Лиман показали наличие фильтрационных явлений в геологическом разрезе перешейка, разделяющего озеро и Черное море. Полученные данные могут быть использованы при оценке изменений гидрохимического режима озера в связи с глобальным изменением климата и антропогенным воздействием.

### **Список литературы:**

1. Бекух З. А. Озера – памятники природы Краснодарского края, их современное состояние и перспективы использования: статья в сборнике статей / З. А. Бекух, З. П. Щеглова, В. А. Ромащук – КубГУ, 2015. – 176-179 с.
2. Закруткин В. Е., Гибков Е. В., Скляренко Г. Ю., Решетняк О. С. Сравнительная оценка качества поверхностных и подземных вод Восточного Донбасса по гидрохимическим показателям // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2016, № 2. – С. 91-99.
3. Комаров Р. С. Гидрохимические особенности озера Малый Лиман (Краснодарский край) // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты», посвященной 100-летию создания первого в России специального географического высшего учебного заведения – Географического института, проведенной в рамках XIV Большого географического фестиваля. – СПб.: Свое Издательство, 2018. – С. 44-47.
4. Комплексное экологическое обследование особо охраняемых природных территорий регионального значения в целях снятия с них статуса особо охраняемой природной территории в связи с утратой ими своей ценности, как природных объектов или вхождением в границы более крупной особо охраняемой природной территории: МО город-Новороссийск. Краснодар, 2013. – 66 с.
5. Фоменко Н. Е., Молдаков В. В., Коваленко А. С., Решетняк О. С. Строение и фильтрационные свойства перешейка между озером малый лиман и черным морем по геофизическим данным // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. – Т. 4. № 4 (18). – С. 49-57.

**ОБ ОЦЕНКЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСОБО  
ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В  
АСПЕКТЕ СОХРАНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (INSECTA:  
LEPIDOPTERA)**

Романчук Р. В.

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д. И.  
Ивановского, г. Ростов-на-Дону  
roma.romanchuk.95@bk.ru

**ON THE ASSESSMENT OF THE REPRESENTATIVENESS OF THE ROSTOV REGION  
SYSTEM OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS IN TERMS OF  
PRESERVING OF LEPIDOPTERA DIVERSITY**

Romanchuk R.V.

Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology, Rostov-on-Don  
roma.romanchuk.95@bk.ru

**Аннотация.** В работе кратко рассмотрена перспектива оценки репрезентативности сети особо охраняемых природных территорий Ростовской области в аспекте сохранения разнообразия чешуекрылых из крупнейших таксономических групп региональной лепидоптерофауны. Предложен порядок анализа ООПТ по ряду ключевых характеристик, включающих: представленность на территориях «видов-маркёров», индекс редких видов, основные экологические функции, уровень экологической значимости территорий, уровень территориальной защищенности видов, тип резервируемых сообществ чешуекрылых.

**Ключевые слова:** охрана природы, чешуекрылые, редкие виды, виды-маркёры, индекс редких видов, особо охраняемые природные территории, Ростовская область.

**Abstract.** The paper briefly discusses the opportunity for assessing the representativeness of the Specially Protected Natural Areas network of the Rostov region in terms of preserving the diversity of Lepidoptera from the largest regional taxonomic groups. The suggested order of analysis of the Protected Areas in a number of key characteristics, including: representation in the territories of the "marker species", index rare species, the main environmental functions, environmental significance of the territories, level of species territorial protection and type of reserved Lepidoptera communities.

**Keywords:** nature protection, Lepidoptera, rare species, marker species, index of rare species, Specially Protected Natural Areas, Rostov region.

Большое внимание вопросам рационального использования, изучения и сохранения биоразнообразия стало уделяться в конце прошлого века. Толчком к этому, в числе прочего, послужила ратифицированная многими государствами Конвенция ООН о биологическом разнообразии (Коптюг, 1992; Романчук, 2018а; Васильченко, 2018). И на сегодняшний день сохранение разнообразия живых организмов является одной из наиболее актуальных международных проблем и важным направлением научных исследований.

Наиболее эффективным механизмом поддержания баланса в региональных экосистемах по-прежнему остаются особо охраняемые природные территории (ООПТ). Однако, в процессе выделения, организации и грамотного управления ООПТ возникает проблема их пригодности для защиты редких и уязвимых видов насекомых, в том числе и чешуекрылых (Полтавский, 2004; Полтавский, Артохин, 2012а; Романчук, 2018б; Романчук, 2019). В отличие от позвоночных животных, охранять отдельные виды насекомых не представляется возможным. Отсюда следует, что для поддержания их видового разнообразия и сохранения уязвимых видов, необходимо работать над сохранением целых энтомологических комплексов и природных стадий обитания (Полтавский, Артохин, 2012а; Романчук, 2018б).

Сеть региональных охраняемых природных территорий Ростовской области (РО) несёт в себе большой потенциал в аспекте сохранения и восстановления биологического разнообразия. В настоящее время на территории субъекта учреждены 82 ООПТ, относящихся к разным категориям (Фишкин, Узденов, 2018). Однако, в условиях постоянно усиливающегося антропогенного пресса, на основные созологические функции областных ООПТ влияет ряд серьёзных деструктивных факторов (Романчук, 2020). Между тем, создание и поддержание репрезентативной сети охраняемых природных территорий, отражающей всё многообразие представителей растительного и животного мира региона, является одним из необходимых условий эффективной деятельности в области сохранения биоразнообразия (Скрипник и др., 2014).

В данной работе рассмотрена перспектива и порядок оценки репрезентативности системы ООПТ Ростовской области в аспекте сохранения разнообразия чешуекрылых из крупнейших таксономических групп региональной лепидоптерофауны. В основе предлагаемого подхода частично лежит метод, применявшийся при оценке репрезентативности региональной системы ООПТ Удмуртской Республики с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (Адаховский, 2017, 2018).

При оценке репрезентативности областной сети охраняемых природных территорий анализируется видовой состав чешуекрылых из крупнейших таксономических групп, включающих надсемейства Papilionoidea, Noctuoidea, Pyraloidea и Geometroidea. Выбор обусловлен высокой степенью полноты собранного энтомологического материала и массивом накопленных за период 1972–2020 гг. эмпирических данных, определяющих объективность результатов работы.

В качестве конкретных модельных таксонов необходимо рассматривать «виды-маркёры энтомологических рефугиумов», представляющие собой широкий спектр экологических адаптаций и зоогеографических групп. Обоснование термина и метод выделения «маркёров» подробно изложен в ряде монографий ростовских специалистов (Полтавский и др., 2005; Полтавский, Артохин, 2012а). Определяющим критерием выбора представителей данной группы в качестве модельных стали сведения об их стенобионтности, редкости и высоколокальности на всей территории области (Полтавский, 2005; 2006; 2011а, б, в; Романчук, 2019). Выделенные для анализа «виды-маркёры» из надсемейства Papilionoidea, Noctuoidea, Pyraloidea и Geometroidea рассматриваются как часть индикаторного ядра региональной фауны.

Необходимо отметить, что отбор ООПТ для оценки репрезентативности существенно осложнён неполнотой либо отсутствием фаунистических списков чешуекрылых, отражающих видовой состав обитающих на них бабочек. Для частичного решения данной

проблемы необходимо проанализировать базы данных сбора и учёта бабочек за весь период активных исследований, благодаря чему удалось выделить ООПТ, наиболее богатые по известному видовому составу Lepidoptera.

В случаях отсутствия фаунистических списков для конкретных охраняемых территорий, анализу подвергаются совпадающие с ними «энтомологические рефугиумы» (Полтавский, Артохин, 2012а). Затем устанавливается видовой состав точек сборов материала, территориально входящих или близких к существующим ООПТ. На основе полученных данных, отбираются наиболее крупные по площади и наиболее изученные в отношении рассматриваемых таксономических групп охраняемые территории.

Из полученных фаунистических списков отобранных ООПТ формируются отдельные списки «видов-маркёров», отражающие видовой состав модельных таксонов каждой из них.

В качестве показателя репрезентативности ООПТ рассматривается представленность на их территории «видов-маркёров», выделенных на основании подхода к составлению Красного списка МСОП, адаптированного к базам данных чешуекрылых юга России (Полтавский, Артохин, 2012а). Каждому «маркёру» присваивается одна из трёх категорий угрожаемости:

CR – «Critically Endangered» – находящийся в критической опасности;

EN – «Endangered» – находящийся в опасном состоянии;

VU – «Vulnerable» – уязвимый вид.

Группы видов, входящие в эти категории, относятся к оперативному индикаторному ядру региональной фауны в первую очередь. Возможность применения критериев МСОП к редким и локальным видам бабочек областной лепидоптерофауны, а также методика их присвоения «видам-маркёрам» из разных таксономических групп чешуекрылых подробно изложена в литературе (Полтавский, Артохин, 2012а, б).

По примеру удмуртских коллег (Адаховский, 2017, 2018), в качестве основного индикатора состояния и созологической значимости проанализированных областных ООПТ рассматривается индекс редких видов (ИРВ), рассчитываемый по формуле:

$$\text{ИРВ} = \sum \frac{N_i}{C_i},$$

где  $N_i$  – число видов групп определённой категории угрожаемости,  $C_i$  – категория угрожаемости (Яшина, 2011).

При работе с формулой для рассматриваемых категорий принимаются следующие формальные численные значения  $C_i$ :

CR – 1;

EN – 2;

VU – 3.

На основании полученных показателей ИРВ устанавливается уровень созологической значимости (УСЗ) исследованных ООПТ:

0-5 – средний;

5-10 – повышенный;

10-20 – высокий;

10->30 – очень высокий.

Дается качественная характеристика состава надсемейств Papilionoidea, Noctuoidea, Pyraloidea и Geometroidea проанализированных охраняемых природных территорий с точки зрения уровня их природоохранной значимости, типов обитающих на ООПТ сообществ че-



шеукрылых (ТСЧ), а также основных созологических функций (ОСФ) ООПТ, таких как объектозащитная, рекреационная, ресурсоохранная, средообразующая, рефугиумная и эталонная.

На основании ряда показателей, включающих суммарный статус ООПТ, стабильность популяций чешуекрылых-маркёров в станциях обитания, общую стабильность популяций более распространённых на ООПТ видов бабочек, степень защищенности местообитаний видов особенностями ландшафта и местности, устанавливается уровень территориальной защищенности видов (УТЗ): очень высокий, высокий, повышенный или средний.

На основании этого выделяются особо охраняемые природные территории, представляющие наибольшую ценность в отношении сохранения локальных «маркёрных лепидоптерофаун», отличающихся своей уникальностью.

Таким образом, анализ ООПТ осуществляется по нескольким ключевым характеристикам:

1. представленности на них «видов-маркёров»;
2. индексу редких видов;
3. основным созологическим функциям;
4. уровню созологической значимости территорий;
5. уровню территориальной защищенности видов;
6. типу резервируемых сообществ чешуекрылых.

По результатам оценки даётся предварительная характеристика репрезентативности региональной системы особо охраняемых природных территорий Ростовской области с точки зрения сохранения разнообразия *Lepidoptera*, используя в качестве индикаторных таксонов «виды-маркёры» из наиболее крупных и изученных надсемейств. На основе полученных данных возможна разработка ряда рекомендаций или мероприятий, направленных на усовершенствование территориальных форм охраны чешуекрылых как на территории Ростовской области, так и в других субъектах юга России.

#### Список литературы

1. Адаховский Д. А. Репрезентативность региональной системы особо охраняемых природных территорий Удмуртии с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (*Lepidoptera*: *Hesperioidea*, *Papilionoidea*) // Наука Удмуртии. 2017. Т. 4, № 82. С. 3–14.

2. Адаховский Д. А. Репрезентативность региональной системы особо охраняемых природных территорий Удмуртии с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (*Lepidoptera*: *Hesperioidea*, *Papilionoidea*). Памятники природы. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2018. Т. 28, № 4. С. 36–375.

3. Васильченко Е. В. Перспективы развития биотехнологии растений как способа сохранения биоразнообразия на Северо-Западном Кавказе // Социально-педагогические механизмы взаимодействия науки и образования: Материалы Ждановских чтений 25 октября 2018 г.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. – С. 138–141.

1. Коптюг В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года). – Новосибирск: СО РАН, 1992. – С.28– 29.

2. Полтавский А. Н., Артохин К. С., Шмараева А. Н. Энтомологические рефугиумы в ландшафтных системах земледелия. Ростов-на-Дону, 2005. 212 с.

3. Полтавский А. Н., Артохин К. С. Энтомологические рефугиумы и их значение при ведении Красной книги Ростовской области. Ростов-на-Дону: ИП «Кубеш», 2012а. 184 с.
4. Полтавский А. Н., Артохин К. С. Проблема оценки статуса уязвимых видов некоторых чешуекрылых в Красных книгах // Известия Высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2012б. № 1. С. 81–85.
5. Полтавский А. Н. Новые подходы к изучению и охране энтомокомплексов в степных регионах юга европейской части России // Биоразнообразии заповедника «Ростовский» и его охрана. Труды Государственного природного заповедника «Ростовский». – Ростов-на-Дону, 2004. Вып. 3. – С. 237–250.
6. Полтавский А. Н. О насекомых в Красной книге Ростовской области // Вестник южного научного центра РАН. 2005. Т. 1, № 3. С. 109–111.
7. Полтавский А. Н. Оценка индикационных способностей чешуекрылых-маркёров энтомологических рефугиумов Ростовской области // Эверсмания. 2006. № 5. С. 38–42.
3. Полтавский А. Н. Принципы формирования списков насекомых для Красной книги Ростовской области // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011а. Т. 7, № 2. С. 51–57.
4. Полтавский А. Н. Формирование списков видов-маркёров энтомологических рефугиумов на примере семейства пядениц (Lepidoptera: Geometridae) Ростовской области // Биологические музеи: роль и их место в научно-образовательном пространстве: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2011б. С. 116–121.
5. Полтавский А. Н. Формирование списков насекомых-маркёров энтомологических рефугиумов на примере огнёвок (Lepidoptera: Pyralidae, Crambidae) Ростовской области // Проблемы Красных книг и преподавание охраны природы. Ростов-на-Дону, 2011в. С. 50–55.
6. Романчук Р. В. Ю. А. Жданов о сохранении биологического разнообразия Юга России // Социально-педагогические механизмы взаимодействия науки и образования: Материалы Ждановских чтений 25 октября 2018 г.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018а. – С. 133–137.
7. Романчук Р. В. Проблемы охраны чешуекрылых и других насекомых на территории некоторых ООПТ Ростовской области // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сборник материалов / отв. ред. К. Ш. Казеев; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018б. – С. 75–78.
8. Романчук Р. В. Сохранение видового разнообразия насекомых в ООПТ Ростовской области с учетом различных природоохранных концепций и особенностей управления охраняемыми территориями // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы международной научно-практической конференции (г. Грозный, 14 мая 2019 г.). – Махачкала: АЛЕФ, 2019. – С. 202–207.
9. Романчук Р. В. Основные типы антропогенного воздействия на фауну чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) в Ростовской области // Экология и природопользование: Тематический сборник. Вып. 17; Южный федеральный университет / [отв. ред. К. Ш. Казеев]. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – С. 105–109.

10.Скрипник И. А., Никифоров Д. Н., Скрипник И. И. Региональные ООПТ и сохранение биоразнообразия на территории Краснодарского края // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 50–56.

11.Фишкин М. В., Узденов А. М. Природно-заповедный фонд Тихого Дона. Ростов-на-Дону: Издательство «D&V», 2018. 304 с.

12.Яшина Т. В. Индикаторы оценки биоразнообразия на ООПТ Алтае-Саянского региона. Руководство по использованию. Красноярск, 2011. 56 с

## ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ В ГЕРМАНИИ

Руденко А. В.

Казанский федеральный университет, Казань  
aroud@list.ru

## PROBLEMS OF INVESTIGATION OF HYDROGEN DEGASSING IN GERMANY

Rudenko A. V.

Kazan Federal University, Kazan  
aroud@list.ru

**Аннотация:** Статья посвящается следам водородной дегазации на территории Германии. Там, как и по всему Земному шару, процессы дегазации водорода активизировались в последние десятилетия. Однако если в России исследования водородной дегазации Земли ведутся весьма успешно и по всем направлениям, то в Германии попытки объяснить появление кольцевых структур на земле разного типа заканчиваются регистрацией явления и описанием грунтов и почв. В статье автор приводит аналогии явлений в Германии и России и предлагает провести водородометрию в Германии на типичных кольцевых структурах дегазации водорода.

**Ключевые слова:** водородная дегазация, провалы, кратеры, кольцевые структуры

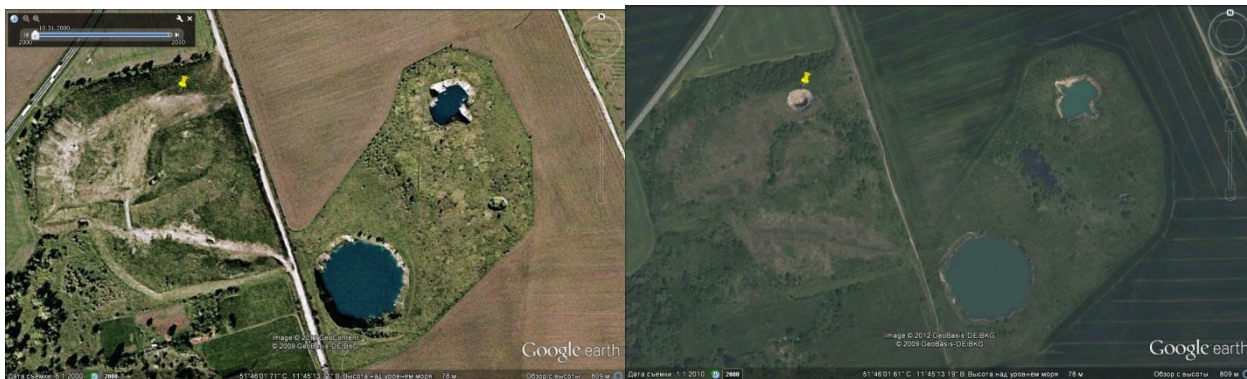
**Abstract:** The article is devoted to the traces of hydrogen degassing in Germany. There, as well as around the Globe, hydrogen degassing processes have intensified in recent decades. However, if in Russia studies of the hydrogen degassing of the Earth are conducted very successfully in all directions, then in Germany attempts to explain the appearance of ring structures on the cover of the Earth of various types end with the registration of the phenomenon and description of soils and ground. In the article author gives analogies of the phenomena in Germany and Russia and proposes to carry out hydrogen measurements in Germany on typical ring structures of hydrogen degassing.

**Keywords:** hydrogen degassing, collapses, craters, ring structures

В последние годы почти на всей территории Германии стали активно появляться кратеры и воронки. Их размеры от 1 до 50 и больше метров в диаметре, а глубина достигает 47 м. Некоторые воронки образуются со взрывом, некоторые – в виде «бесшумного» проседания почв и грунта. Они образуются как в городской и в сельской, так и в ненаселённой местности [1, 2, 3, 4 и др.] (рис. 1 а, б; 2). Частота образования подобных кратеров увеличивается. Так, по данным LBEG [5] в Нижней Саксонии регистрируется 10-20 провалов в год. В Тюрингии в первые недели 2010 года было зарегистрировано образование десяти воронок. Очень крупные кратеры в 2010-2011 г образовались в Саксонии-Ангальт.

В Германии все проседания и провалы регистрируются такими службами как Департамент горного дела, энергетики и геологии Нижней Саксонии и др., а все попытки объяснить причины такого широко распространенного природного явления сводятся к констатации фактов о строении грунта, в состав которого входят известь, гипс и соли. Карстовые воронки образуются вследствие размывания грунтовыми водами. Есть предположение, что

описываемые кратеры и провалы – результат горнодобывающей деятельности. В некоторых регионах ранее велась добыча соли [6, 7 и др.].



**Рис. 1а, б.** Германия, Саксония-Ангальт, Бернбург (Заале). Дата первого снимка 1.6.2000, второго – 1.1.2010. На рисунках видно, что воронка, помеченная значком, образовалась в период с 200 по 2010 гг.



**Рис. 2.** Кольцевая структура провального типа. Шмалькальден, Тюрингия, Германия, 2010

А между тем, описываемое в данной статье явление очень распространено не только в Германии, но и по всему Земному шару [8, 9, 10 и др.]. Воронки или кратеры совершенно разного размера, располагаются в разных местностях. Некоторые из них полностью обводнены (озёра), некоторые заболочены, кое-какие представляют собой пустые провалы в виде воронок или труб. Однако все они обладают одной и той же кольцевой формой. Кольцевые структуры часто располагаются группами, или тянутся друг за другом, очень часто они бывают сдвоенны.

Автор статьи умышленно переходит от названия «воронка», «кратер» и «провал» к кольцевым структурам. Дело в том, что, как показали исследования последних лет (11, 12, 13 и др.), многие светлые кольцевые структуры на полях, кольцевые структуры проседания

грунта, а также круглые лесные «плеши», хотя и не являются провалом, подобном кратеру, но также, как и кратеры, являются следствием одного и того же явления – водородной дегазации Земли.

Также, как и в Германии, различные виды кольцевых структур появляются в последние годы на Русской платформе, где идут активные процессы водородной дегазации Земли с появлением воронок взрывного и провального типов, водородного выбеливания почв [14, 15 и др.], появление грязевых вулканчиков [16], проседания земли с дальнейшим заболачиванием.

В ноябре 2011 года в Нойхаузене в Бранденбурге образовалась кольцевая структура взрывного типа. Случившееся очень напоминает событие в городе Сасово (Рязанской области) в России в 1991 году. Там произошел сильный взрыв, в результате которого в половине города были выбиты окна и двери. По мнению специалистов, такое воздействие ударной волны на город мог вызвать взрыв как минимум нескольких десятков тонн тротила. Однако не было обнаружено никаких следов взрывчатых веществ. Диаметр образовавшейся воронки – 28 метров, глубина – 4 метра. Замеры в Сасовском районе показали наличие свободного водорода в подпочвенном воздухе [15].

В 1994 году в Мюнхене в образовавшийся на дороге провал упал автобус, погибли три человека. В марте 2009 года в Кёльне рухнуло здание городского архива, погибли два человека. В июле того же года в Тюрингии в городе Нахтерштедт два жилых дома упали в образовавшийся кратер, погибли несколько человек. В 2010 году в Тюрингии в городе Нордхаузен образовалась провальная воронка на автобане, а в городе Шмалькальден образовался кратер на проезжей части рядом с жилыми домами и гаражами.

Так как сейчас с каждым годом дегазация Земли набирает обороты, можно с уверенностью прогнозировать увеличение количества подобных кратеров на территории Германии.

Исследования по поиску глубинного водорода проводились также США (совместно с французской компанией IFP Energies nouvelles) [17]. Результаты подтвердили предположения о наличии там активной водородной дегазации.

В Германии не проводились проверки на наличие водорода в подпочвенном воздухе на образующихся кольцевых структурах разного типа, однако они позволили бы установить районы водородных аномалий и направление движений и локализации водородных труб.

#### Список литературы

1. *Prinz H., Strauß R.* 19 Bauen in Erdfallgebieten// In: Prinz H., Strauß R. Ingenieurgeologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. 2011. S. 605 – 635.
2. *Lutz B., Krings M.* Kreuzung eines Erdfallgebietes im Zuge der Bundesautobahn BAB A 71// Beitrag zur 2. Erdbaufachtagung der Bauakademie Sachsen am 09./10. März 2006 in Leipzig. S. 19.
3. *Meier J., Meier G.* Erdfälle und Tagesbrüche – Möglichkeiten einer numerischen Modellierung// Bull. angew. Geol. V. 12/1. Juli 2007. S. 91-103.
4. *Herold U., Strobel G., Suderlau G.* Zu den Grosserdfällen von Neckendorf, südlich Lutherstadt Eisleben (Ldkrs. Mansfelder Land / Sachsen-Anhalt). – Tagungsband Subrosion und Baugrund in Thüringen// Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. № 69. Jena. 2004. S. 67-78.

5. LBEG, Erdfallmeldung online: [http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=676&article\\_id=931&psmand=4](http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=676&article_id=931&psmand=4)

6. *Schweikardt S.* Dreidimensionale Finite-Elemente-Simulation der Standsicherheit von Auslaugungshohlräumen und deren geologische Bewertung (Gipskeuper-Formation, Stuttgart-Bad Cannstatt)// Institut für Planetologie der Universität Stuttgart. 2008. S. 192.

7. *Reuther C.-D.* 13 Neotektonik //In: Grundlagen der Tektonik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. S. 153-172.

8. *Argentieri A., Vecchia P., Salvati R., Capelli G., Loretelli S.* La pericolosità da sinkhole nel territorio della provincia di Roma: il caso di Marcellina// Thalassia Salentina. V. 26. Suppl. 2003. S. 95-105.

9. *Caramanna G., Ciotoli G., Nisio S.* A review of natural sinkhole phenomena in Italian plain areas// Nat Hazards. 45. 2008. S.145–172.

10. *Tschinkel W. R.* The Life Cycle and Life Span of Namibian Fairy Circles// PLoS ONE 7(6). 2012. P. 1-17.

2. *Ларин Н. В., Ларин В. Н., Горбатиков А. В.* Кольцевые структуры, обусловленные глубинными потоками водорода // В сборнике материалов совещания «Дегазация Земли: Геотектоника, Геодинамика, Геофлюиды; Нефть и Газ; Углеводороды и Жизнь» / Под редакцией Дмитриевского А. Н., Валяева Б. М. Москва: Институт проблем нефти и газа РАН. 2010. Сс. 282–286.

3. *Шестопалов В. М., Бублясь В. Н.* О формировании западинно-канальных структур миграции // Геологический журнал. № 3 (356). 2016. Сс. 73 – 88.

4. *Larin N., Zgonnik V., Rodina S. et al.* Natural molecular hydrogen seepage associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia // Natural Resources Research. DOI: 10.1007/s11053-014-9257-5.

5. *Суханова Н. И., Трофимов С. Я., Полянская Л. М. и др.* Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгаляции // Почвоведение. 2013. №2. Сс.1-11.

6. *Ларин В. Н., Ларин Н. В.* Современная дегазация водорода на русской платформе // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. Изд-во: МГУ им. Ломоносова. 2007. Т. 82, № 5. С. 91.

7. *Ларин В. Н., Ларин Н. В., Белов С. В.* Водородная дегазация на Русской платформе: её плюсы и минусы // Международная конференция «Геология: история, теория, практика». Москва. 2009. С. 135.

8. *Zgonnik V., Beaumont V., Deville E. et al.* Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions in the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA)// Progress in Earth and Planetary Science. 2015. 2:31. DOI 10.1186/s40645-015-0062-5

**СУММА МЕСЯЧНЫХ ОСАДКОВ И СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЙ РАСХОД ВОДЫ  
РЕКИ САЛ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В  
2008-2015 ГГ.**

Сазонов А. Д.<sup>1,2</sup>, Комаров Р. С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, <sup>2</sup>ФГБУ «Гидрохимический институт»  
alexei.sazonow2016@ya.ru, komarovroman128@yandex.ru

**MONTHLY PRECIPITATION AND AVERAGE WATER DISCHARGE OF THE  
SAL RIVER IN 2008-2015  
(ROSTOV REGION, RUSSIAN FEDERATION)**

Sazonov A.D.<sup>1,2</sup>, Komarov R.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University, <sup>2</sup>FGBU "Hydrochemical Institute"  
alexei.sazonow2016@ya.ru, komarovroman128@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе рассмотрена зависимость изменения среднемесячных расходов воды р. Сал от суммы месячных осадков в 2008-2015 гг.

**Ключевые слова:** река Сал, атмосферные осадки, расход воды.

**Abstract.** The article examines the dependence of the change in the average monthly water discharge of the Sal River on the amount of monthly precipitation in 2008-2015.

**Keywords:** Sal river, atmospheric precipitation, water discharge.

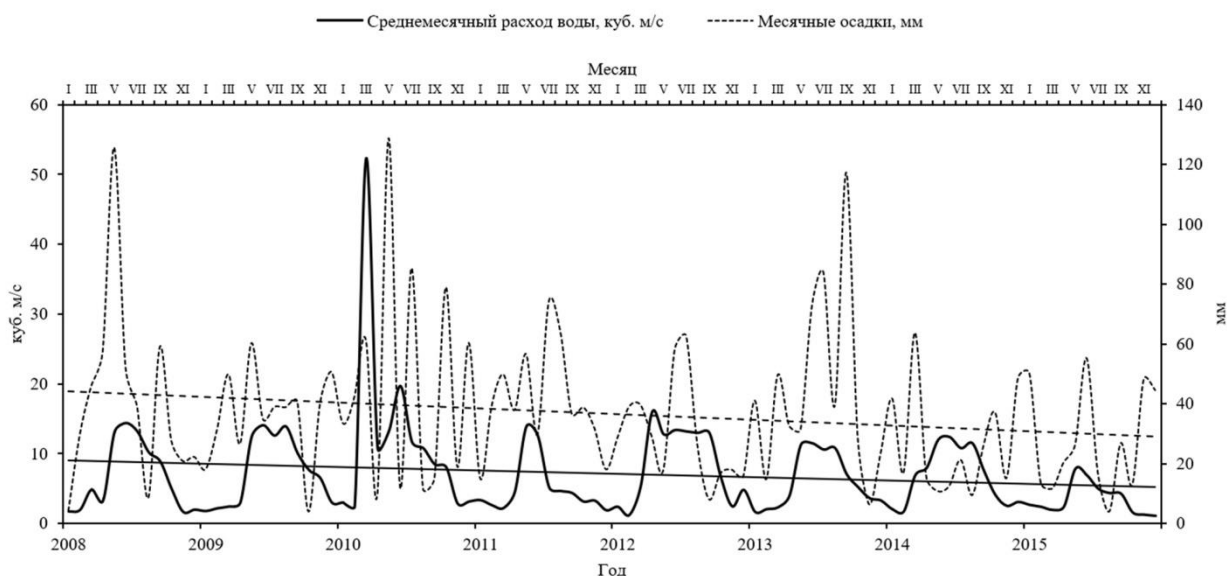
Ростовская область расположена в зоне умеренного континентального климата. При этом климатические особенности в пределах области весьма различны. В целом, данный регион характеризуется избытком солнечной радиации в условиях недостатка влаги. Данная характерная черта проявлена на рассматриваемой территории в разной степени, что служит одним из главных факторов климатического районирования Ростовской области [3]. В рамках данного исследования наибольшее значение уделяется рассмотрению засушливой юго-восточной части Ростовской области, так как по ее территории протекает исследуемый нами водный объект – река Сал.

Река Сал берет свое начало на границе Республики Калмыкии и Ростовской области. Имеет длину 776 км, а площадь водосборного бассейна составляет 21,3 тыс. км<sup>2</sup>. На всем своем протяжении река очень извилиста, вследствие чего ее длина более чем в 2,5 раза больше длины по прямой [4]. Вся площадь водосборного бассейна реки расположена в зоне недостаточного увлажнения, чем объясняется периодическое пересыхание русла реки в ее верхнем течении в меженный период.

Целью данной работы являлось изучение взаимосвязей выпадения атмосферных осадков и среднемесячных расходов воды в р. Сал за период с 2008 по 2015 гг. Материалами данного исследования послужили Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [1] и данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [2].

Результаты визуализации материалов исследования представлены на рисунке 1.





**Рис. 1.** Динамика месячных осадков (с. Ремонтное) и среднемесячного расхода воды (сл. Большая Мартыновка) в реке Сал с 2008 по 2015 гг. (составлено авторами по [1, 2])

Детальное рассмотрение и изучение полученных результатов свидетельствует о следующих закономерностях и явлениях:

1. На протяжении рассматриваемого периода в реке Сал наблюдается уменьшение среднемесячного расхода воды. Аналогичная ситуация наблюдается с суммой месячных осадков на юго-восточной части Ростовской области.

2. Максимальный за рассматриваемый период среднегодовой расход воды (15,2 куб. м/с) в 2010 году можно объяснить максимальной суммой годовых осадков (555,6 мм) в том же году.

3. Среднегодовая сумма атмосферных осадков за рассматриваемый период, по данным метеостанции в с. Ремонтное, составила 447 мм, а среднегодовой расход, по данным гидропоста в сл. Большая Мартыновка, составил 9,5 куб. м/с.

Таким образом, можно сделать вывод, что гидрологические особенности реки Сал имеют большую зависимость от климатических трансформаций, выражающихся в изменении климатических параметров на территории ее водосборной площади. Об этом зачастую свидетельствует пересыхание реки в ее верхнем течении. Данная проблема требует дополнительно изучения с привлечением более полных массивов данных гидрологических и метеорологических наблюдений за большой временной диапозон.

#### Список литературы

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=505> (дата обращения 25.09.2020).
2. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н., Швец Н. В. «Месячные суммы осадков на станциях России». Свидетельство о регистрации базы данных RU 2015620394, 27.02.2015. Заявка № 2014621967 от 30.12.2014.
3. Лурье П. М., Панов В. Д., Ларионов Ю. А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра». Ростов н/Д. Изд. «Донской издательский дом», 2006. 487 с.
4. Лурье П. М., Панов В. Д. Река Дон: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону, «Донской издательский дом», 2018, 592 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ПРОЦЕССЕ  
ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Самигуллина Г. С.

Казанский федеральный (Приволжский) университет

Казань

galinaterra@yandex.ru

**STUDYING ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PROBLEMS IN THE PROCESS OF  
TRAINING BACHELORS OF PEDAGOGICAL EDUCATION**

Samigullina G.S.

**Аннотация.** Актуальность проблемы исследования обусловлена глобализацией экологических проблем. В мировом образовательном пространстве признана экологическая парадигма всей системы образования. Стандарты школьного российского образования не предусматривают экологию в качестве самостоятельного предмета. Содержание статьи построено на анализе подготовки бакалавров и магистров. Рассматриваются позиционно-ценностные, структурно-содержательные, профессионально-ориентированные факторы подготовки будущих учителей географии и экологии.

**Ключевые слова:** бакалавриат, география, педагогическое образование, экология.

**Abstract.** The relevance of the research problem is due to the globalization of environmental problems. In the world educational space, the ecological paradigm of the entire education system is recognized. Russian school education standards do not provide for ecology as an independent subject. The content of the article is based on the analysis of the preparation of bachelors and masters. The positional-value, structural-content, professionally oriented factors of training future teachers of geography and ecology are considered.

**Keywords:** bachelor's degree, geography, teacher education, ecology.

Кафедра теории и методики географического и экологического образования Казанского (Приволжского) федерального университета (К(П)ФУ) с 2016 года начала подготовку бакалавров по направлению подготовки: 44.03.05 педагогическое образование, профиль подготовки: география с дополнительной специальностью экология. Выбор подготовки по данному направлению обусловлен несколькими факторами. В контексте темы статьи, во-первых, это позиционно-ценностные факторы; во-вторых, структурно-содержательные; в-третьих, профессионально-ориентированных.

Позиционно-ценностные факторы связаны с глобализацией экологических проблем, требующих создание непрерывной системы экологического образования: дошкольное образование – среднее общее образование – среднее профессиональное образование – высшее образование – дополнительное образование взрослых.

Структурно-содержательные факторы, связанные с подготовкой будущих учителей географии и экологии, включают комплекс проблем. Первая: несмотря на наличие международных и отечественных документов, регламентирующих правовые основы экологического образования и просвещения, проблема включения экологии в качестве самостоятельного

предмета в российской школе не решена. Существует три варианта включения экологии в структуру и содержание школьного образования (традиционный, существование самостоятельного предмета, смешанный вариант). В данный момент в российских школах реализуется традиционная модель, когда экологические проблемы «рассыпаны» по отдельным предметам (биология, география, физика, химия, история, английский язык и т. д.).

Структурно-содержательные проблемы тесно связаны с профессионально-ориентированными.

Нагойская конференция, Хартия Земли, Люцернская декларация, ФГОС основного и среднего (полного) общего образования признают концепцию устойчивого развития единственной общепризнанной парадигмой мироустройства современной цивилизации, составной частью которой является экологическое образование.

Первыми к изучению экологических проблем в школе оказались готовы учителя биологии, поскольку вначале возник вопрос сокращения видового состава животных и растений (60-е годы XX века). Появились учебники экологии, посвящённые охране флоры и фауны. В Рио-де-Жанейро (1992г.) на международной экологической конференции из семи озвученных глобальных экологических проблем, лишь две носили биологический характер, остальные – геоэкологического плана.

Ю. Л. Мазуров считает, что практически все глобальные проблемы имеют ярко выраженный географический аспект: экологические проблемы и природных катастроф, вопросы освоения и использования естественных ресурсов, общепланетарные социально-экономические явления [2].

В подготовке бакалавров географии и экологии необходимо формировать прежде всего экологическую культуру учителя, включающую следующие компоненты: а). мировоззренческий; б). мотивационно-целевой; в). процессуальный (система экологических умений).

Мировоззренческий компонент предполагает систему экологических знаний, убеждений.

Мотивационно-целевой компонент предполагает мотивированность в бережном отношении к природе, пониманию того, что планета у нас одна, это наш дом. Средствами географии, истории и др. дисциплин стандартом среднего общего образования предусмотрены вопросы самоидентификации или этнической экологии, то есть способности этносов, как части биологической системы к саморегуляции, коэволюции, экологии и здоровья населения; международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и природопользования; экологии и гражданского общества [5].

В условиях демократизации жизни общества необходимо формирование завершённой правовой культуры, включающей не только конституционные обязанности бережного отношения к природе, но и право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды [4].

Не менее важным является эстетический аспект экологического образования, умение ценить красоту природы места проживания, одновременно уходя от канонизации классно-урочной формы обучения с использованием экологической тропы, уроков-походов и т. д.

Процессуальный компонент экологической культуры предопределён стандартизацией отечественного образования, предполагающего реализацию деятельностного подхода, применения полученных знаний. Речь идёт о формировании экологических умений: познавательных, оценочных, прогностических, эколого-картографических.

Процессуальный компонент экологической культуры будущего учителя находит выражение в технологичности профессионального труда, организационно-деятельностных компетенциях, компонентами которых являются: гностический, конструктивно-проектировочный, организационно-деятельностный, коммуникативно-деятельностный.

Гностический компонент, предполагая интерес к знаниям, имеющимся в предметных и смежных областях; изучение теоретических и методологических основ эколого-педагогических знаний; владение аналитико-оценочными методами педагогической работы; знание основных психолого-педагогических закономерностей воспитания и обучения и умение их применять.

Конструктивно-проектировочный компонент включает перспективное планирование стратегических, тактических, оперативных задач и способов их решения в будущей деятельности профессорско-преподавательского состава кафедры, отражённых в дорожной карте и индексах эффективности работы преподавателей, способности субъектов осуществлять продуктивную педагогическую деятельность.

3. Организационно-деятельностный компонент включает действия по реализации педагогического замысла. Уместно напомнить о педагогическом творчестве, построенном на интеграции предметов, имеющих в своём содержании экологические темы (биология, география, физика, химия).

Не претендуя на исключительность географии в подготовке учителя географии и экологии, необходимо учесть философский и междисциплинарный характер экологических проблем. Достижение данной цели возможно средствами междисциплинарной компаративистики, сравнения и выявления эколого-экономического потенциала естественно-географических и гуманитарных дисциплин (понятий, законов, умений, методов и т. д.). Кроме того, междисциплинарная компаративистика позволит решить ещё одну дидактическую задачу – развитие творческого потенциала учителя [4, с.42].

Исследованиями канадского профессора Майкла Фуллана (M. Fullan) и британского профессора Дэвида Харгривса (D. Hargreaves), занимающихся проблемами современной образовательной компаративистики, при несамодостаточном исходном потенциале учителям нужна не насаждаемая извне жесткая отчетность, а целенаправленное развитие посредством профессионального обучения эффективным практикам [1, с. 73].

Согласно Л. В. Поповой под творческой деятельностью в профессиональном экологическом образовании, понимают “самостоятельно спланированную научно-исследовательскую работу, опирающуюся на весь комплекс изученных дисциплин и инструментальных методов и направленную на изучение нового знания” [3,с.79]. Педагогическое творчество нами показано на примере создания и использования экологической тропы [4, с.46].

4. Коммуникативно-деятельностный компонент включает стремление и умение анализировать свой опыт, делиться опытом с другими; умение оценивать свои возможности в работе; способность применять на практике полученные знания. Формы реализации разнообразны: воркшопы, семинары, кейс-стадии, деловые игры, конкурсы совместных работ педагогов и обучающихся, в совокупности позволяющие смену экстрактивных (лекции), интерактивных и интроактивных (самостоятельная работа) режимов проведения занятий.

Исследовательская инфраструктура Казанского университета представляет собой предметно-пространственную среду развития творческих способностей обучающихся по вопросам экологического образования. Это такие формы, как конференции школьников им. Н. И. Лобачевского, предметные олимпиады, летние лагеря и т. д.

Согласно дорожной карте К(П)ФУ программа интернационализации и имплементации предусматривает подготовку иностранных студентов. На кафедре теории и методики географического и экологического образования в данный момент обучаются студенты стран, где в структуру школьного образования включён предмет экология (Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан).

Иностранные студенты знакомятся с опытом реализации региональной экологической политики в Республике Татарстан. На основании специальных исследований Независимого экологического рейтингового агентства (АНО «НЭРА») по показателю активности регионов в решении вопросов охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Республика Татарстан находится в числе лидеров, занимая 9 место среди всех субъектов Российской Федерации и 1 место в Поволжском федеральном округе.

К моменту введения экологии в структуру и содержание отечественного школьного образования профессорско-преподавательский состав кафедры готов к подготовке бакалавров и магистров географии и экологии.

#### Список литературы

1. Беляев Г. Ю. Британские деятели и философы образования о функциях и тенденциях современной образовательной компаративистики / Образование и наука в современных реалиях: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции науч.-практ. конф. (Чебоксары, 4 июня 2018 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С.71-78.

2. Мазуров Ю. Л. Образование в контексте развития: постнагойский дискурс / Ю. Л. Мазуров // География в школе. – 2016. – №1. – С.4-15.

3. Попова Л. В. Становление и развитие высшего профессионального экологического образования в России: анализ проблем -М.: изд-во Московского университета, 2013. – 192с.

4. Самигуллина Г. С. Творческая эколого-педагогическая деятельность в процессе повышения квалификации учителей естественно-географических дисциплин / Образование и саморазвитие. – 2016. – №1(47). – С.41-46.

5. Самигуллина Г. С. Экологическая парадигма в процессе повышения квалификации учителей естественно-географических дисциплин: монография / Г. С. Самигуллина Казань: Отечество, 2016. – 101с. ISSN 978-5-9222-1104-8

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МАЗУТОМ И ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Сарайкина Н. В., Гальченко С. В., Чердакова А. С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина», г. Рязань  
e-mail: cerdakova@yandex.ru

## ESTIMATION OF THE PHYTOTOXICITY OF SOILS CONTAMINATED WITH OIL AND DIESEL FUEL

Saraykina N.V., Galchenko S.V., Cherdakova A.S.

Ryazan State University named for S. Yesenin, Ryazan  
e-mail: cerdakova@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по оценке фитотоксичности серых лесных почв, загрязненных мазутом и дизельным топливом. В модельном эксперименте в качестве тест-культур использовались семена однодольного и двудольного растения: овес посевной (*Avena sativa* L.) и редька масличная (*Brassica rapa* L.). Установлено, что действие указанных типов нефтепродуктов зависит от таксономического положения растения и количества внесенной в почву дозы загрязнителя.

**Ключевые слова:** мазут, дизельное топливо, фитотоксичность, серая лесная почва.

**Annotation.** The article presents the results of experimental studies to assess the phytotoxicity of gray forest soils contaminated with fuel oil and diesel fuel. In the model experiment, the seeds of a monocotyledonous and a dicotyledonous plant were used as test crops: sowing oats (*Avena sativa* L.) and oil radish (*Brassica rapa* L.). It has been established that the effect of these types of oil products depends on the taxonomic position of the plant and the amount of the pollutant dose applied to the soil.

**Key words:** fuel oil, diesel fuel, phytotoxicity, gray forest soil.

В последние десятилетия нефть и нефтепродукты становятся одними из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды, что связано с широким их использованием в различных сферах человеческой деятельности. Загрязнение почвы данными токсикантами приводит к негативному изменению ее химических, физических и биологических свойств. Особую опасность нефтеуглеводородное загрязнение почв представляет для живых организмов.

Основными факторами отрицательного воздействия нефтяного загрязнения почвы на биоту являются токсическое влияние углеводородов нефти и изменение физико-химических свойств почвы [3, 8]. При нефтяном загрязнении происходит обволакивание почвенных частиц, в результате чего сильно повышается гидрофобность почвы. Почва утрачивает способность впитывать и удерживать воду, происходит вытеснение воздуха из почвенных пор, и, в конечном итоге, нарушается водный и воздушный режимы почвы [6]. В ряде работ [3, 5, 8] показано, что рост гидрофобности и другие изменения физических свойств почвы обусловлены тяжелыми фракциями нефти и нефтепродуктов. Прямой ток-

сической эффект нефти определяется по большей части легкими фракциями ее углеводородов [3, 8].

В нефтезагрязненных почвах также снижается доступность элементов минерального питания (ЭМП): азота, фосфора, калия. Причинами чего выступают процессы иммобилизации микроорганизмов под воздействием высокого соотношения углерода/азота, обволакивания нефтью почвенных частиц, которое препятствует миграции подвижных форм ЭМП в раствор, а также вследствие отрицательного влияния нефти на бактерии, участвующих в круговороте азота в почве [4, 8, 9].

Согласно приводимым в настоящее время в научной литературе данным, устойчивость растений к действию различных концентраций нефтепродуктов неодинакова, что свидетельствует о видоспецифичности и дозозависимости ответной реакции на загрязнение. Как правило, негативное влияние нефтепродуктов на растения проявляется даже при невысоких концентрациях. По некоторым данным полная гибель травянистых растений происходит при объеме утечки нефти  $1,1 \text{ л/м}^2$ , то есть при содержании 0,5 % нефти в 15 см слое почвы [1].

Необходимо отметить, что нефтяные углеводороды нередко оказывают стимулирующее влияние на растения, что выражается в увеличении фитомассы при внесении в почву нефти. К стимулирующему действию нефти на растения также можно отнести наблюдаемое при невысоких уровнях загрязнения почвы повторное цветение у видов, нормально цветущих один раз в сезон. Противоречивые данные приводятся и по вопросу воздействия нефти на прорастание семян растений. В ряде работ отмечается торможение ростовых процессов у семян под влиянием нефти [4,9]. Тогда как в других исследованиях выраженные изменения при прорастании семян в условиях нефтяного загрязнения не наблюдались [7]. Замечено, что нефтяное загрязнение наибольший негативный эффект оказывает на всхожесть семян в полевых условиях, нежели лабораторных.

Степень токсичности нефтепродуктов может существенно изменяться в зависимости от увлажнённости почвы, температурного режима, типа почвы, таксономического положения растения и т. д. В связи с этим разработка данного вопроса требует комплексного подхода.

Исходя из вышесказанного, изучение влияния загрязнения почв нефтепродуктами на рост и развитие растений представляет не только большой теоретический интерес, но и имеет важное практическое значение.

В основу проведенных экспериментальных исследований была положена международная методика, адаптированная в ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений» [3]. В качестве культур использовались овес посевной (*Avena sativa* L.) и редька масличная (*Brassica rapa* L.). Проращивание семян указанных культур осуществлялось на серой лесной почве, загрязненной нефтепродуктами (дизельное топливо и мазут) в концентрациях 50 г/л и 100 г/л. Контролем в эксперименте служили незагрязненные нефтепродуктами почвенные образцы.

Таким образом, схема эксперимента была представлена следующими вариантами:

- ✓ серая лесная почва, незагрязненная нефтепродуктами (далее контроль);
- ✓ почва, загрязненная мазутом в концентрациях 50 г/л и 100 г/л;
- ✓ почва, загрязненная дизельным топливом в концентрациях 50 г/л и 100 г/л.

Критериями оценки фитотоксичности анализируемых почвенных образцов служили:

- ✓ количество проросших семян;
- ✓ средняя длина зародышевого стебелька;
- ✓ средняя длина зародышевых корешков.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика эффекта, оказываемого анализируемыми типами нефтепродуктов на развитие семян однодольного и двудольного растений, %**

Критерии оценки	Всхожесть семян, отклонение от контроля %		Длина зародышевого стебелька, отклонение от контроля %		Длина зародышевого корешка, отклонение от контроля %	
	<i>A. sativa</i> L.	<i>B.rapa</i> L.	<i>A. sativa</i> L.	<i>B.rapa</i> L.	<i>A. sativa</i> L.	<i>B.rapa</i> L.
Варианты опыта						
Мазут (50 г/л)	13	0	22	62	75	42
Мазут (100 г/л)	56	16	17	89	83	67
Дизельное топливо (50 г/л)	19	0	24	72	58	57
Дизельное топливо (100 г/л)	56	0	8	73	64	53

Полученные данные позволили установить, что загрязнение почвы нефтепродуктами в значительной степени ингибирует процессы прорастания семян. Так, на образцах почвы с загрязнением почвы мазутом и дизельным топливом в концентрациях 100 г/л всхожесть семян овса посевного (*Avena sativa* L.) снижалась до 56 % по сравнению с контролем.

Другая ситуация складывалась по результатам эксперимента с редькой масличной (*Brassica rapa* L.). На всех вариантах всхожесть семян сохранялась на одинаковом уровне кроме образца почвы с внесением мазута в концентрации 100 г/л.

Ингибирующее действие нефтепродуктов на процессы развития зародышевого стебелька овса посевного (*Avena sativa* L.) было незначительным. Примечательно то, что концентрации нефтепродуктов 100 г/л не оказывали токсического эффекта на развитие зародышевого стебелька однодольного растения.

В отношении редьки масличной (*Brassica rapa* L.) наблюдалась иная ситуация. Пролегивалось сильное ингибирующее действие всех типов нефтепродуктов на развитие зародышевого стебелька. Уже при концентрации загрязнителей 50 г/л длина зародышевого стебелька сократилась в среднем более чем на 50 % (для мазута на 62%, для дизельного топлива на 72%). При концентрации мазута 100 г/л отмечалась тенденция еще большего угнетения (процент отклонения возрос до 89%). Дальнейшее увеличение концентрации дизельного топлива подобных последствий не вызвало.

Результаты эксперимента позволили выявить выраженное влияние нефтепродуктов на развитие корневой системы овса посевного (*Avena sativa* L.). Отклонение от контроля на всех вариантах превысило 50%, причем мазут оказывал более выраженное угнетающее действие в отличие от дизельного топлива во всех тестируемых концентрациях. Наиболее губительное воздействие оказал мазут в концентрации 100 г/л (отклонение от контроля 83%), при дозе 50 г/л отклонение от контроля составило 75%. Дизельное топливо в концентрации 50 г/л дало отклонение на 58%, а в концентрации 100 г/л – 64%.

Негативное влияние загрязнителей на развитие корневой системы проростков редьки масличной (*Brassica rapa* L.) было не столь выраженным как в случае с овсом посевным (*Av-*



*ena sativa* L.). По данному критерию для *Brassica rapa* L. наиболее токсичным являлся мазут в концентрации 100 г/л (отклонение от контроля на 67%).

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить неодинаковую реакцию семян однодольного и двудольного растений на загрязнение почвы нефтепродуктами, что свидетельствует о видоспецифичности и дозозависимости фитотоксического эффекта.

Со стороны каждого типа нефтепродукта у проростков представителя двудольных – редьки масличной (*Brassica rapa* L.), наибольшее угнетение испытывала надземная часть растения, то есть отклонение от контроля по параметру роста зародышевого стебелька везде было больше, чем у однодольного овса посевного (*Avena sativa* L.).

Напротив, у проростков овса посевного (*Avena sativa* L.) угнетение роста под влиянием нефтепродуктов в большей степени было заметным в отношении подземной части, нежели чем надземной.

Но всех вариантах максимальное негативное воздействие испытывали семена овса посевного (*Avena sativa* L.) по критерию их всхожести. В то время, как семена редьки масличной (*Brassica rapa* L.), в среднем прорастали в том же количестве, что на контрольном варианте (за исключением варианта почвы с мазутом в концентрации 100 г/л).

Таким образом, фитотоксичность мазута и дизельного топлива проявляется неодинаково по отношению к различным таксономическим группам растений и зависит от количества, внесенного в почву токсиканта. В целом, негативное действие нефтепродуктов сильнее сказывается на проростках двудольного растения, нежели однодольного.

#### Список литературы

1. Вальков В. Ф. Экология почв: Учебное пособие для студентов вузов Часть 3. Загрязнение почв / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников / Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.
2. Возняковская Ю. М. Взаимоотношения растений с микроорганизмами ризосферы и филлосферы / Ю. М. Возняковская //Агрономическая микробиология. Л.: Колос, 2011. С. 144 – 179.
3. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений (дата введения 2011-01-01). М.: Стандартинформ, 2011. 33 с.
4. Джамбетова П. М. Влияние нефтезагрязнений на морфологические и цитогенетические характеристики растений / П. М. Джамбетова, Н. В. Реутова, М. Н. Ситников // Экологическая генетика [электронный ресурс]: Рецензируемый научно-практический журнал. СПб. 2005.
5. Несветайлова Н. Г. О растительности битуминозных грунтов / Н. Г. Несветайлова // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1953. №6. С. 55 – 62.
6. Солдатова В. Ю. Биотестирование фитотоксичности почвогрунтов г. Якутска с использованием тест объекта Овса посевного/ В. Ю. Солдаткина, Е. Г. Щедрина, С. Д. Карпова // Природные ресурсы Арктики и субарктики. 2018. №2. С. 76-86.
7. Талайбекова Г. Т. Фитотестирование нефтезагрязненных почв с помощью фитотолерантных растений / Г. Т. Талайбекова, К. А. Кожобаев, Ж. К. Токпаева, Г. К. Эсенжанова, Н. Э. Тотубаева// Проблемы региональной экологии. 2019. №2. С. 20 – 24;

8. Трофимов С. Я. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С. Я. Трофимов, Я. М. Аммосова, Д. С. Орлов и др. // Вестник МГУ. 2000. № 2. С. 30 – 34;

9. Radwan S. Oil biodegradation around roots / S. Radwan, N. Sorkhoh, I. El-Nemr // Nature. 2008. № 27. P. 302.

**ДИНАМИКА МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ ВО ВРЕМЯ ВЕСЕННЕГО  
ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКЕ МОКРАЯ ПАНДА**

Семенова А. В., Буковский М. Е., Бердникова Я. С.

Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина

Город Тамбов

asv273@mail.ru

**DYNAMICS OF MAXIMUM WATER LEVEL DURING SPRING FLOOD ON THE  
MOKRAYA PANDA RIVER**

Semenova A.V., Bukovskiy M.E., Berdnikova Y.S.

Derzhavin Tambov State University

Tambov

asv273@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируется динамика максимальных уровней половодья и дат их наступления на реке Мокрая Панда за 1961-2015 гг. Были определены экстремумы, рассчитаны средние арифметические значения и средние квадратичные отклонения данных параметров.

**Ключевые слова:** весеннее половодье, максимальные уровни воды, Донской бассейн.

**Abstract.** In the paper we have analyzed the dynamics of maximum flood levels and their dates on the Mokraya Panda River for 1961-2015. We have determined the extrema, calculated the arithmetic mean and the standard deviation for these parameters.

**Keywords:** spring flood, maximum water levels, Don basin.

Все чаще и чаще проблемы изменения климата и их потенциальные последствия для людей и окружающей среды становятся центральной повесткой дня в различных политических и научных кругах [4].

Наводнение называют одним из самых разрушительных и распространенных гидрометеорологических явлений в мире, которое несет угрозу для жизни, здоровья, имущества и окружающей среды [8].

В первую очередь отмечают изменения в колебаниях как годовых значений температур воздуха и атмосферных осадков, так и внутри каждого сезона. Это впоследствии оказывает влияние на водный режим рек и может провоцировать возникновение экстремальных гидрологических явлений [2].

Такие фазы гидрологического режима как половодье и межень претерпевают наибольшие изменения в настоящее время. Очевидно, что наблюдается снижение объемов речного стока, которые формируются в течение весеннего половодья, и рост увеличения объемов стока летне-осенней и зимней межени. Более того, фиксируются смещение дат начала и конца половодья, колебания его длительности и изменения его характера [3].

Подобные преобразования наблюдаются и на реках Тамбовской области. Так как половодье является типичным экстремальным явлением гидрологического типа в весенний пе-

риод, анализ динамики максимальных уровней половодья и других его характеристик является необходимой частью проекта по разработке методик прогноза.

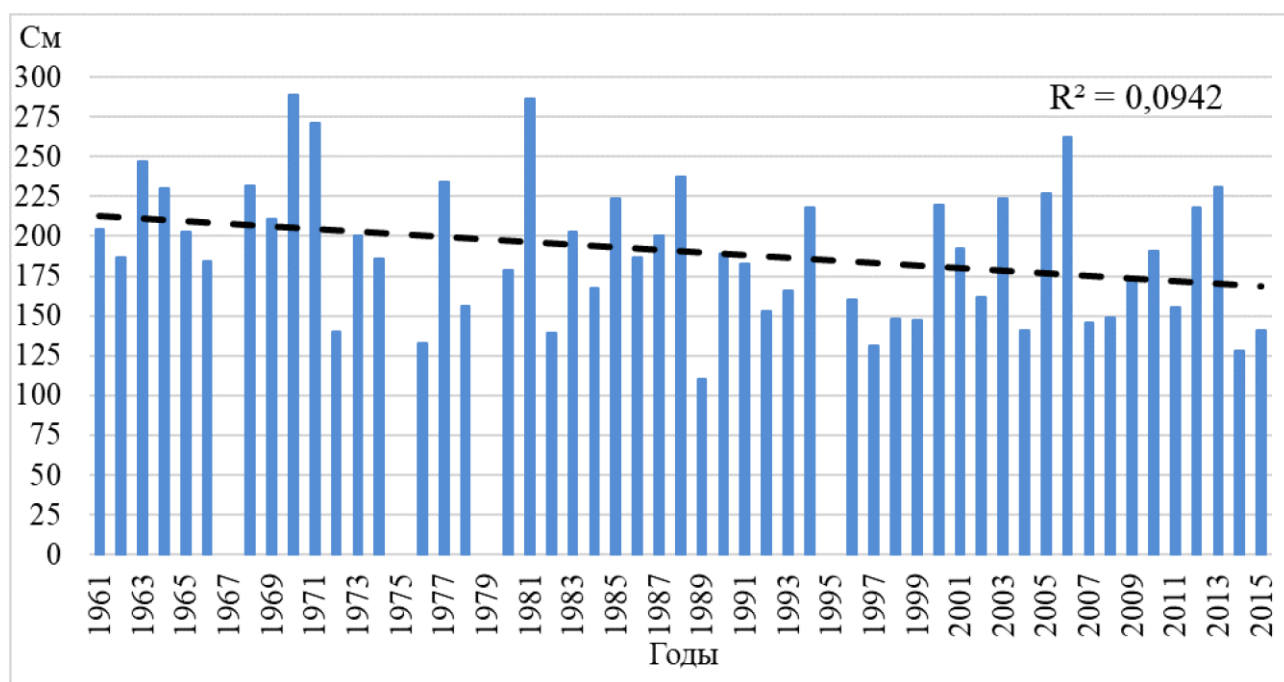
Ранее нами уже была проведена подобная аналитика динамики максимальных уровней других рек Тамбовской области преимущественно Волжского бассейна [1,5,7].

В настоящей работе в качестве объекта рассматривается река Мокрая Панда.

Река Мокрая Панда является правым притоком реки Вороны. Она берет свое начало севернее села Осиновка на высоте примерно 200 м, а впадает у деревни Ширяевка. Длина Мокрой Панды составляет 69 км, площадь водосбора – 820 км<sup>2</sup>. Ширина русла колеблется от 8 до 15 м, глубина – порядка 1-3 м. Нормой стока у села Курдюки считается 0,3 м<sup>3</sup>/с, в устье – 1,5 м<sup>3</sup>/с. Река Мокрая Панда имеет глубокую долину, которая отличается оврагами на склонах и родниками по балкам. Протекает она по Рассказовскому, Инжавинскому и Ржаксинскому районам. Имеет несколько притоков в виде рек и ручьев, длиной от 11 до 40 км [6].

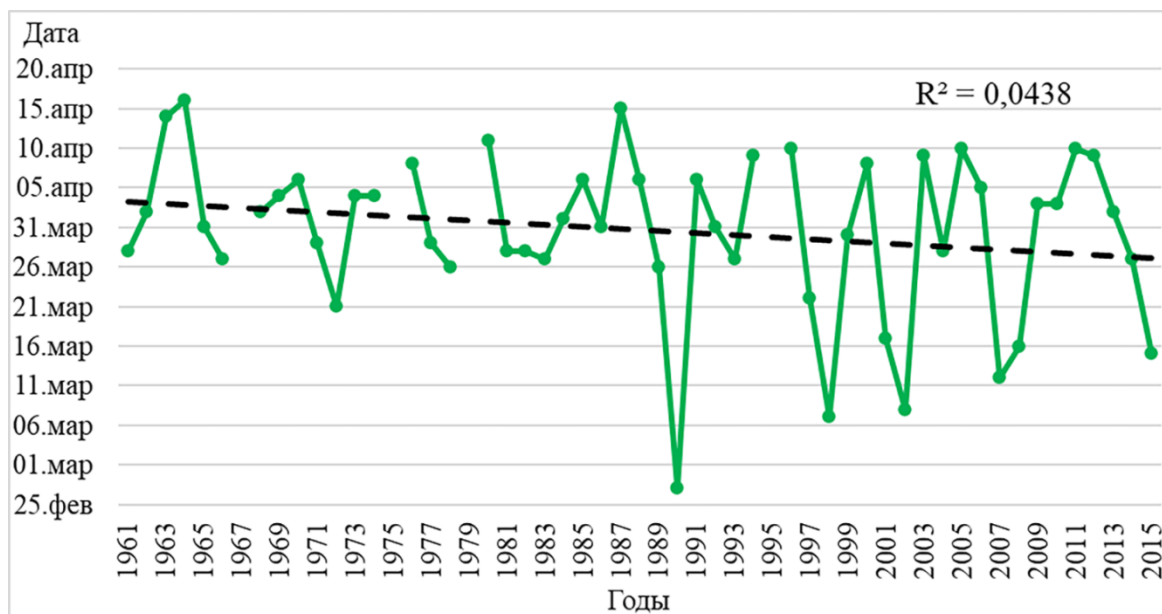
В этой статье была проанализирована динамика таких характеристик весеннего половодья как максимальный уровень и дата его достижения. Материалы были предоставлены нам Тамбовским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Данные взяты по гидропосту «Курдюки». Анализ проводился в период с 1964 по 2015 гг.

Результаты работы показаны ниже, на рисунках 1-2.



**Рис. 1.** Динамика максимальных уровней воды в половодье на гидропосту «Курдюки» за 1961-2015 гг.

На рисунке 1 показана динамика значений максимальных уровней половодья на реке Мокрая Панда за 55-летний период. В ходе его анализа было установлено, что наименьший из максимальных уровней половодья на гидропосту «Курдюки» за анализируемый период составил 110 см, он был зафиксирован в 1989 году. Наибольший же из максимальных уровней датируется 1970 годом и равняется 289 см. В целом отмечается тенденция к уменьшению максимальных уровней весеннего половодья на реке, однако данный тренд является очень слабо достоверным.



**Рис. 2.** Динамика дат наступления максимальных уровней воды в половодье на гидропосту «Курдюки» за 1961-2015 гг.

Рисунок 2 демонстрирует изменение дат наступления пиков половодья на гидропосту «Курдюки» за 55-летний период. Самая ранняя дата фиксирования максимального уровня половодья за весь период является 27 февраля в 1990 году. В свою очередь, самой поздней датой наступления пика половодья на Мокрой Панде оказалось 16 апреля 1964 года. Данный параметр также имеет нисходящую тенденцию, но данный тренд достоверным считать нельзя.

В заключении можно сделать следующие выводы по работе:

- Средний из максимальных уровень воды в половодье на реке Мокрая Панда за 1961-2015 гг. составляет  $190 \pm 43$  см.
- Средней датой достижения максимального уровня воды в реке за взятый период является 30 марта  $\pm 10$  дней.
- Были выявлены нисходящие тренды изменения обоих параметров, однако оба они не характеризуются высокой степенью достоверности.

#### Список литературы

1. Буковский М. Е., Чернова М. А. Оценка изменения летнего стока рек Донского бассейна на территории Тамбовской области за последние полвека // Труды IX Международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов». 2018. С. 33-39.
2. Дмитриева В. А. Преобразования русловой сети в контексте современных изменений водного режима в верховье Дона // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. 2017. Т. 1. С. 51–55.
3. Дмитриева В. А., Бучик С. В. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 5. С. 49-62.
4. Кононова Н. К., Харламова В. И. Изменения циркуляции атмосферы северного полушария в XX-XXI столетиях и их последствия для климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. Т.1. С. 133 – 162.

5. Краткосрочный прогноз времени наступления и максимального уровня половодья на реке Цне у г. Тамбова / М. Е. Буковский, С. Н. Дудник, А. В. Семенова, И. В. Бессонова // Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». 2018. С. 113-116.
6. Реки Тамбовской области Каталог / под ред. Н. И. Дудника. Тамбов, 1991. 47 с.
7. Семенова А. В., Чернова М. А. Динамика максимальных значений уровней весеннего половодья на реке Большой Ломовис // Статистические методы исследования социально-экономических и экологических систем региона. 2020. – Вып. 3. – С. 328-331.
8. Climate change and its driving effect on the runoff in the ‘Three-River Headwaters’ region / S. Zhang et al. // Journal of Geographical Sciences. 2011. V. 21. N 6. P. 963–978.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТИ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Слащёв Д. Н.

ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.

Пермь

slash.dn@gmail.com

## OPTIMIZATION OF PERM KRAI NATURE PROTECTED AREAS NETWORK

Slashev D.N.

Perm State University

slash.dn@gmail.com

**Аннотация.** В работе приводятся результаты расстановки пространственных приоритетов с использованием принципов системного природоохранного планирования при оптимизации сети охраняемых природных территорий (ОПТ) Пермского края. Рассмотрена методика выявления потенциальных территорий для развития региональных сетей ОПТ.

**Ключевые слова:** особо охраняемые природные территории, системное природоохранное планирование, биоразнообразие.

**Abstract.** The results of spatial prioritization using the principles of systematic conservation planning when optimizing protected natural areas (PNA) network of the Perm krai are presented. The methodology of identifying potential territories for the development of protected areas regional networks is considered.

**Keywords:** protected natural areas, systematic conservation planning, biodiversity.

На международном уровне широко признается важнейшая роль экологически репрезентативных и хорошо связанных между собой систем охраняемых природных территорий, имеющих особое и важное значение для сохранения природного разнообразия и обеспечения экосистемных услуг.

В настоящее время под системой ОПТ понимается совокупность экологически и функционально взаимосвязанных охраняемых территорий, способная обеспечить сохранение экологического равновесия с максимальным эколого-социально-экономическим эффектом. Основными функциями системы ОПТ, являются не только сохранение биоты и средообразующей роли живой природы, но и выполнение информационной роли как основы для сохранения уникальных и эталонных ландшафтов. Сохранение природной среды в естественном состоянии во многом зависит не столько от количества сохранившихся участков естественных экосистем, сколько от способности этих участков получать, регулировать, аккумулировать и сохранять вещественно- энергетические потоки.

Критерии качества функционирования как существующих, так и перспективных систем ОПТ четко закреплены в действующих международных документах и соглашениях – это: эффективность функционирования, репрезентативность природных комплексов и объектов, хорошая связность элементов, т. е. показатели, которые традиционно ассоциируются с системным подходом сохранения природной среды.

Применяемые для проектирования систем охраняемых территорий, традиционные подходы и методы не в полной мере отвечают современным требованиям, предъявляемым к

охране природы. Очевидно, что по мере увеличения антропогенного давления на природную среду целесообразно резервирование не только относительно слабо освоенных территорий, но и создания фонда природных экосистем, определяющих экологическую устойчивость на глобальном, региональном и локальном уровнях.

Развитие ОПТ в нашей стране происходило в основном без достаточно четкой системы универсальных критериев. Можно сказать, что на сегодняшний день само развитие территориальных систем охраны природы нуждается, если не в изменении самих критериев выявления потенциальных ОПТ, то в коренном пересмотре существующих подходов к организации таких систем, с учетом современных и исторических факторов формирования природно-территориальных комплексов. Решение проблемы повышения экологической устойчивости территорий напрямую связано с формированием целых комплексов охраняемых территорий различных уровней и масштабов – экологических сетей, интегрированных в современный ландшафт и отвечающих как ряду классических природоохранных критериев, так и специфических – климатических, палеоэкологических, палеогеографических, социально-экономических. Следует признать, что в условиях физического дефицита территорий, подходящих для организации новых ОПТ, широко применяющейся классический «консервационно-эталонный» подход не способен решить задачи по увеличению площади природно-заповедного фонда и созданию таких сложноорганизованных структур территориальной охраны природы как экологические сети.

Проблема создания оптимальной системы ОПТ, учитывающей как экологические, так и социально-экономические особенности территорий разного масштаба и ранга, не нова и стала фигурировать в научной литературе со второй половины XX в. Данная проблема может рассматриваться как закономерный результат развития взглядов на основные положения концепций островной биогеографии, метапопуляции, экологической устойчивости территории, с одной стороны, и различных концепций территориальной организации общества – с другой. Основные доводы и взгляды различных авторов на организацию охраняемых территорий и их систем можно проследить в работах, посвященных обсуждению проблемы SLOSS. На сегодняшний день большинством исследователей признается, что однозначный ответ на вопрос об «идеальной» модели системы, при использовании только классической системы природоохранных критериев (редкость-уникальность-репрезентативность) в территориальной охране природы отсутствует. Наличие природных резерватов (или их аналогов) не решает вопросы, связанные с экологической стабильностью ландшафта, а сами охраняемые территории должны рассматриваться как обязательный элемент эколого-экономической модели развития региона. Системы ОПТ должны быть не только эффективным инструментом сохранения биоразнообразия, но и учитывая актуальность проблемы изменения климата, стимулировать проведение систематических исследований с применением современных методов изучения биоты.

Первые исследования, касающиеся разработки новых подходов выявления территорий перспективных для создания ОПТ начали появляться в конце XX в. Необходимость модернизации классических методик проектирования ОПТ и их систем привела к формированию нового направления, получившего название системное природоохранное планирование (*systematic conservation planning*), одной из основных задач которого является выбор оптимального набора природоохранных территорий в условиях значительной антропогенной трансформации экосистем [5].



Позже автоматизированные методы выявления потенциальных ОПТ были реализованы в компьютерных алгоритмах выбора резерватов (reserve selection-RS), основанных на принципах комплементарности. Теоретические разработки и апробация методов расстановки пространственных приоритетов позволили создать как фундаментальные концепции планирования в территориальной охране природы, так и разнообразное программное обеспечение. На сегодняшний день доступен широкий спектр инструментов для определения территорий, имеющих особое значение для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и последующей их интеграции в существующие сети охраняемых территорий. Расстановка пространственных природоохранных приоритетов выступает полезным инструментом в территориальном планировании и управлении.

Результатом работы алгоритмов RS является выявление оптимального пространственно ориентированного сочетания, локализованных в границах определенных единиц планирования природных характеристик и объектов, которое позволит сохранять совокупное биологическое и ландшафтное разнообразие территории с максимальным совокупным экологическим эффектом и минимальными (в первую очередь, экономическими) издержками.

Для оценки перспектив развития региональной системы ОПТ в качестве объекта исследования выбрана территория Пермского края. Несмотря на то, что рекомендации по расширению существующих ОПТ региона приведены в ряде работ [1,2], очевидна проблема оптимизации их сети для обеспечения максимально полной охраны природных компонентов.

В качестве основного инструмента расстановки природоохранных приоритетов для расширения сети ОПТ Пермского края использован программный продукт Zonation [6].

Для выполнения работ по расстановке пространственных приоритетов резервирования природных объектов и комплексов Пермского края использованы следующие массивы данных:

1. **Данные о типах экосистем, биологическом и ландшафтном разнообразии** содержащие информацию о расположении основных единиц районирования территории края: ландшафтно-типологического, ботанико-географического, почвенного, гидрологического и лесорастительного, местах обитания краснокнижных видов, ценных геологических и почвенных объектов, лесных генетических резерватов, центрах ландшафтного разнообразия, ареалов почв и растительного покрова, крупных лесных массивов, болотных комплексов, остепненных участках, горных ландшафтов.

2. Для составления **карты оценки экологического состояния Пермского края** выполнена трехполярная классификация земельного покрова, учитывающая вклад трех типов ландшафта – сельскохозяйственного, природного и антропогенного. Классификационная модель использует пороговые значения, указывающие на присутствие (10%), преобладание (60%) или полное доминирование (100%) перечисленных типов [7]. Исходными данными послужила информация о состоянии лесного покрова края [4], размещение населенных пунктов, транспортных путей, сельскохозяйственных земель, месторождений полезных ископаемых. Для каждого пикселя полученной мозаики получен триплет значений, показывающих относительный вклад каждого типа землепользования в заданном радиусе. Каждому классу, полученной мозаики присвоен балл в соответствии с уровнем антропогенной нагрузки от 1 (полное доминирование естественных ландшафтов) до 19 (антропогенная инфраструктура).

3. Современная сеть особо охраняемых природных территорий региона включает 361 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального, регионального и местного значения, площадь которых составляет 10,7 % от площади края. Представленность охраняемых объектов, как и распределение ООПТ по территории крайне неравномерно. Охват выделенных природных районов края охраняемыми территориями уменьшается в ряду: Центральный Урал (35%), Средняя тайга (11%), Западный Урал (5%), Смешанные хвойно-широколиственные леса(2,8%), Южная тайга (1,5%), Кунгурская лесостепь (0,8%)[3].

4. Целевыми задачами оптимизации сети ОПТ Пермского края приняты показатели, в соответствии с которыми охраняемая площадь должна составлять 20% площади региона[2].

По результатам установки природоохранных приоритетов получен картографический и статистический материал, характеризующий современный уровень охраны компонентов биологического и ландшафтного разнообразия и отражающий перспективы дальнейшего расширения региональной сети ОПТ (рис.1).

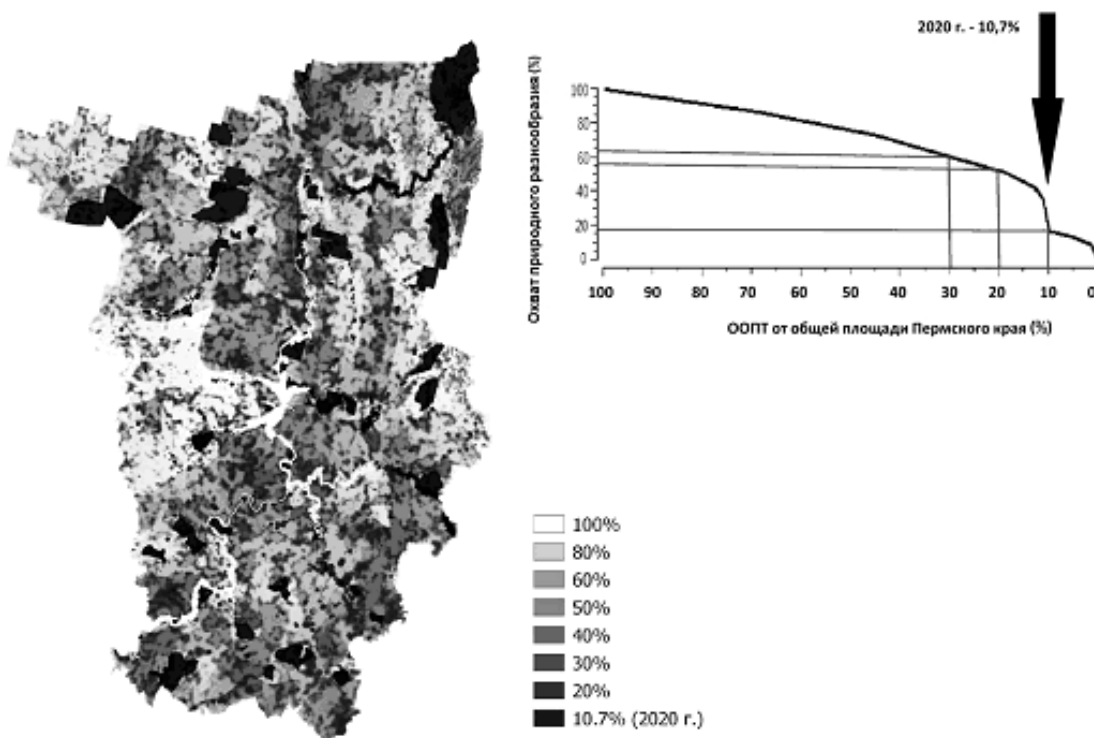


Рис.1. Перспективы развития сети ОПТ Пермского края

Современный уровень охвата био- и ландшафтного разнообразия региона охраняемыми территориями следует признать недостаточным. Только 19% представленных на территории края природных комплексов и объектов охраняются различными категориями ООПТ. Расширение площади природно-заповедного фонда региона до минимально необходимых 20% приведет к увеличению репрезентативности до 55 %, а при увеличении до 30% представленность природных комплексов будет составлять 64%. Другими словами, только при двукратном увеличении площади природно-заповедного фонда региона может быть обеспечена минимально необходимая устойчивость экосистем региона и обеспечена их необходимая представленность в сети ОПТ.

## Список литературы

1. Бузмаков.С. А., Зайцев А. А., Санников П. Ю. Актуальное состояние сети ООПТ Пермского края // Вопросы степеведения. 2019. №15.
2. Воронов Г. А., Стенно С. П. Современное состояние особо охраняемых природных территорий Пермской области // Географический вестник. 2005. №1-2.
3. Санников П. Ю., Бузмаков.С. А. Перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий Пермского края . Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015 – 173 с.
4. Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change /Science. 2013. Vol. 342. P. 850–853. doi:10.1126/science.1244693
5. Margules C.R. and R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405: pp.243-253.
6. Moilanen, A., Kujala, H., and Leathwick, J.R. (2009). The Zonation framework and software for conservation prioritization. In Spatial Conservation Prioritisation: Quantitative Methods and Computational Tools, K.A. Wilson, A. Moilanen, and H. Possingham, eds. (Oxford University Press),pp. 196–210.
7. Riitters, K.H.; Wickham, J.D.; Wade, T.G. (2009). An indicator of forest dynamics using a shifting landscape mosaic. Ecological Indicators 9:107-117. doi: 10.1016/j.ecolind.2008.02.003.

**ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТА  
Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**

Д. Ф. Солодко, В. И. Чепурная, Ю. А. Федоров, Д. Н. Гарькуша, Б. В.Талпа,  
А. В. Михайленко  
Южный федеральный университет  
г. Ростов-на-Дону  
solodko@sfedu.ru, vchepurnaya@sfedu.ru, fedorov@sfedu.ru,  
gardim@sfedu.ru, bvtalpa@sfedu.ru

**THE EXPEDITION TO STUDY THE ELEMENTAL COMPOSITION DISTRIBUTION  
IN THE LANDSCAPE COMPONENTS OF ROSTOV-ON-DON**

D.F. Solodko, V.I. Chepurnaya, Yu.A. Fedorov, D.N. Garkusha, B.V. Talpa, A.V. Mikhailenko  
Southern Federal University  
Rostov-on-Don  
solodko@sfedu.ru, vchepurnaya@sfedu.ru, fedorov@sfedu.ru,  
gardim@sfedu.ru, bvtalpa@sfedu.ru

**Аннотация.** Статья посвящена экспедиционным исследованиям, направленным на единовременный отбор проб твердых атмосферных осадков и речной воды для определения содержания микроэлементов в г. Ростове-на-Дону. Проанализированы метеорологические условия и описана структура снежного покрова изучаемой территории. Приведены и описаны цель и основные задачи работы, методики подготовки проб и определения в них тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Mn), железа, фтора и взвешенного вещества. Сделаны предварительные выводы об уровнях концентрации растворенных макро- и микроэлементов в талой воде (растворенная форма миграции) и пылеватых частицах (взвешенная форма миграции).

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, железо, фтор, атмосферные осадки

**Abstract.** The article is devoted to expeditionary research aimed at the simultaneous sampling of solid atmospheric precipitation and river water to determine the content of trace elements in Rostov-on-Don. The meteorological conditions are analyzed and the structure of the snow cover of the study area is described. The purpose and main tasks of the work, methods of sample preparation and determination of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Mn), iron, fluorine and suspended matter are given and described. Preliminary conclusions have been made about the concentration levels of dissolved macro- and microelements in thawed water (dissolved form of migration) and dusty particles (suspended form of migration).

**Keywords:** heavy metals, iron, fluorine, atmospheric precipitation

**Введение.** Микро- и макроэлементы, включая тяжелые металлы (ТМ), представляют собой группу химических элементов, при изучении которой следует обращать внимание не только на их уровни содержания, влияние на качество воды и токсичность для биоты, а также на то, в какой форме (растворенной или взвешенной) они мигрируют в природных водах.

Атмосферные осадки являются одним из источников стока ТМ в водные объекты. Река Дон подвергается интенсивному загрязнению ТМ, находящихся в атмосферных осадках, выпадающих непосредственно на водное зеркало и поступающих со склоновым стоком. С водами реки Дон они мигрируют в конечный водоем стока – Таганрогский залив Азовского моря [2]. А. А. Кленкин с соавторами [1] отметили важную роль атмосферных осадков в поступлении ТМ непосредственно на поверхность воды Азовского моря, включая ртуть.

Особый интерес представляет изучение содержания ТМ и железа в свежеснеговом и лежалом снеге, где они сосредоточены собственно в его структуре (снежинках и кристаллах льда), а также в твердых минеральных и органических макро- и микрочастицах. Этот объект важен для изучения уровней содержания ТМ также и в связи с тем, что в зимний период возрастает антропогенная пылевая нагрузка на тропосферу г. Ростова-на-Дону, связанная, прежде всего, с отопительным сезоном. При растапливании снега и льда и затем фильтрования эта масса разделяется на две фазы – воду и пыль (взвешенное вещество). И важно знать какие уровни содержания ТМ сосредоточены в растворенной и взвешенной форме миграции. Обратимся к краткому анализу предшествующих исследований микромира атмосферных осадков.

По результатам длительного периода наблюдений В. В. Приваленко, О. С. Безуглова [3] установили, что с 1992 по 2001 гг. наблюдалась значительная загрязненность микроэлементами приземного слоя воздуха города в его разных частях, включая и парковую зону. Особенно была велика запыленность воздуха в центральных районах города и узлах транспортных развязок. В этой работе большое внимание было обращено на определение пылевой нагрузки и содержания химических элементов в пыли в летний и осенний период, химического состава атмосферных осадков, содержания в них марганца, меди, цинка и значений рН. Оказалось, что содержания растворенного марганца изменялись в диапазоне 0,08-0,256 мг/дм<sup>3</sup> (фоновое содержание 0,026 мг/дм<sup>3</sup>), меди – 0,024-0,041 мг/дм<sup>3</sup> (фоновое содержание 0,016 мг/дм<sup>3</sup>) и цинка – 0,28-0,438 мг/дм<sup>3</sup> (фоновое содержание 0,016 мг/дм<sup>3</sup>) и превышали фоновые содержания. Значения водородного показателя изменялись в диапазоне 7,1-7,4 (фоновое значение 6,8). В качестве фонового был выбран участок в Шолоховском районе, в 5 км западнее ст. Вешенской. Данные по содержанию ртути, свинца, кадмия, никеля в этой монографии в талой воле представлены не были.

Ю. А. Федоровым с соавторами [6] была установлена тенденция возрастания концентраций ртути в дожде и снеге, отобранных в городах Ростовской области, по сравнению с осадками над акваторией моря и его побережьем. Максимальные концентрации в гидрометеорах ртути были обнаружены в городах во время осенне-зимнего периода, что обусловлено её поступлением в тропосферу в связи с резко возрастающими объемами пылегазовых выбросов, образующихся при сгорании угля, мазута и газа во время отопительного сезона.

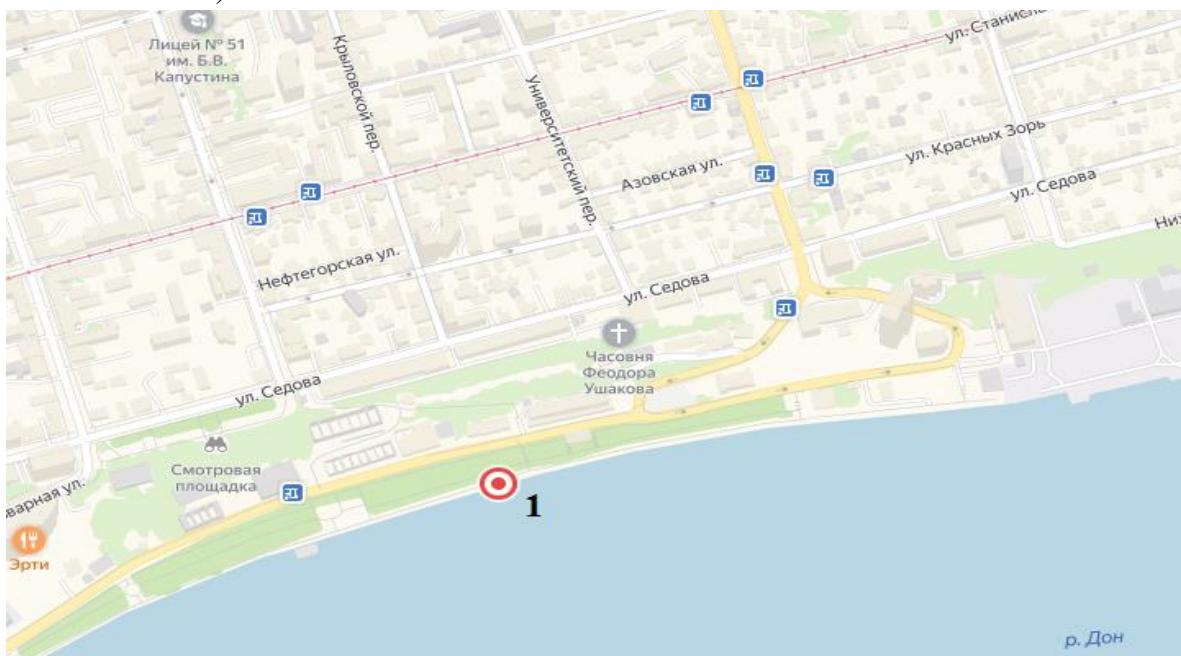
По сведениям [6] концентрация ртути в лежалом снеге оказалась выше, чем в свежеснеговом. Было высказано предположение, что лежалый снег служит депонирующим материалом, который сорбирует ртуть из тропосферы, куда она поступает от различных предприятий, в выбросах которых присутствует поллютант. Это косвенно подтверждается и тем, что угли Донецкого бассейна содержат ртуть в повышенных концентрациях [4, 9]. Другой причиной могло быть перераспределение ртути в процессе уплотнения снежного покрова со временем. В зимних экспедициях была отмечена четкая стратификация снега – на свежеснеговом рыхлом и лежалом раскристаллизованный снег серого цвета с большим количеством

минерального и органического материала. На содержание ртути в гидрометеорах оказывали влияние такие факторы как ветровая активность и количество атмосферных выпадений. С одной стороны во время усиления ветра приземные слои атмосферы городов очищаются от техногенных веществ, а с другой – во время пыльных бурь возрастает поставка в них частиц почвенного покрова, а с ними литогенных элементов. По наблюдениям [6], в период ливневых дождей произошло интенсивное вымывание ртути из атмосферы, что привело к резкому снижению её концентрации в атмосферных осадках. И наоборот, после засушливого периода во время относительного безветрия наблюдался рост содержания ртути в выпавших затем дождевых осадках. Позднее в работе [1] было показано, что концентрация ртути в атмосферных осадках, выпавших над акваторией Азовского моря в период с 1996 по 2005 год варьировалась в диапазоне 0,06-0,60 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 0,24 мкг/дм<sup>3</sup>). Это близко к содержаниям ртути в атмосферных осадках (0,15-0,26 мкг/дм<sup>3</sup>), представленных ранее в работе [6] на побережье Таганрогского залива (пос. Маргаритово и г. Таганрог). Концентрации свинца изменялись в диапазоне 0,40-48,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 8,3 мкг/дм<sup>3</sup>, превышение ПДК для морских вод в 4,8 раза относительно максимальных значений), кадмия – 0,18-14 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 3 мкг/дм<sup>3</sup>), цинка – 3,0-240,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 87 мкг/дм<sup>3</sup>, содержание цинка в 71% проанализированных проб дождевой воды превысило ПДК для морских вод в 2,9 раза). Содержание меди в атмосферных осадках за рассматриваемый период варьировались в промежутке 4,2-13,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 8,3 мкг/дм<sup>3</sup>, превышение по ПДК зафиксировано в 83% проб дождевой воды), марганца – 6,5-50,0 мкг/дм<sup>3</sup>, хрома – 1,0-170,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 17,0 мкг/дм<sup>3</sup>, превышение по ПДК для западной части Таганрогского залива и северной части собственно моря) и железа – 10,0-390,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в среднем 104,0 мкг/дм<sup>3</sup>).

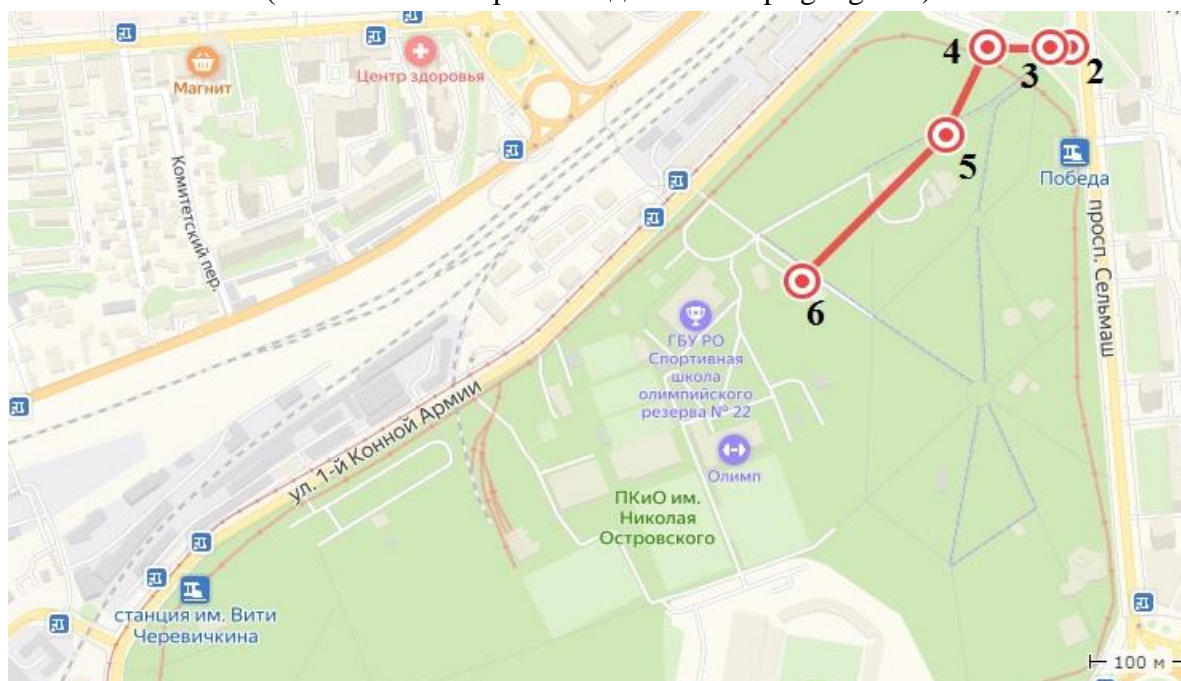
**Объекты, материалы и методы.** В феврале 2020 года была проведена экспедиция под руководством профессора Федорова Ю. А. Район проведения экспедиции – территория парка культуры и отдыха им. Н. Островского и обочина дороги на пр. Сельмаш. Границы парка проходят: на севере – по улице 1 Конной Армии, на юге – парк ограничен проспектом им. М. Шолохова, с запада – 14-й линией, а с востока – пр. Сельмаш. В 1894 году, на месте нынешнего парка, были посажены так называемые Балабановские рощи площадью в 100 десятин [5,10]. Во время проведения экспедиции (12.02.2020) температура воздуха достигала отрицательных значений (-6°С), скорость ветра – 7,4 м/с (направление В), давление – 762 мм рт. ст., влажность воздуха – 88%.

Экспедиция была направлена на единовременный отбор проб речной воды, а также свежевыпавшего и лежалого снега для определения содержания главных ионов, тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Mn), железа и фтора. Вода в р. Дон была отобрана на набережной г. Ростова-на-Дону (рис.1). Определение содержания тяжелых металлов и железа выполнено методом атомно-абсорбционного анализа с пламенной и электротермической атомизацией по методикам ПНД Ф 14.1:2.214-06 и РД 52.24.377-2008 в Гидрохимическом институте (Росгидромет). Пробы были подготовлены к измерениям. Они были предварительно отфильтрованы через фильтр диаметром 0,45мм и затем законсервированы азотной кислотой (HNO<sub>3</sub>) до значения pH<2. Определения производились как в фильтрованной, так и в предварительно подкисленной не фильтрованной воды. В фильтрованной воде определяли растворенную форму миграции, в не фильтрованной – валовое содержание элементов. По разнице между валовым содержанием элементов и содержанием в растворенной форме определялась их содержание в пыли (взвешенная форма миграции). Определение значений pH производилось в природной воде, сразу же после её отбора.

На ст. 1 (район набережной г. Ростова-на-Дону) были отобраны пробы донской воды (рис.1) с глубины 0,0-0,5 м, а пробы твердых атмосферных осадков – на обочине дороги на пр. Сельмаш (ст.2) и на 4 станциях Парка им. Н. Островского (рис.2). Проба была представлена темно-серым льдом с вмержшим в него органо-минеральным материалом. Отбор проб сопровождался снегопадом, который образовывал рыхлый слой на ранее выпавшем (05.02.2020 – 06:00) плотном лежалом снеге.



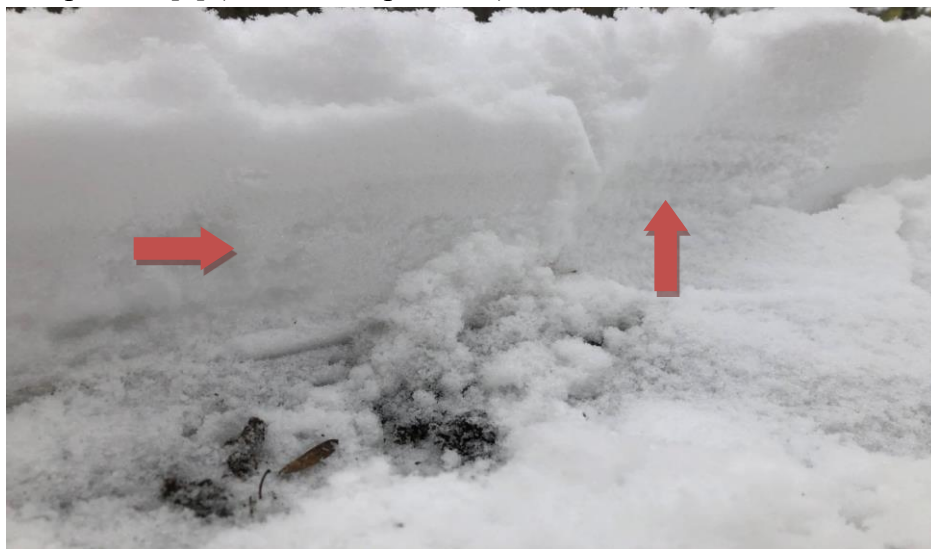
**Рис. 1.** Карта схема района исследования (район набережной г. Ростова-на-Дону) (выполнено авторами по данным maps.google.ru)



**Рис. 2.** Карта схема района исследования (Парк им. Н. Островского в г. Ростове-на-Дону) (выполнено авторами по данным maps.google.ru)

На станциях 3-6 пробы отбирались из свежевывавшего и лежалого уплотненного раскристаллизованного слоя снега с сероватым оттенком и включениями органической и мине-

ральной массы (рис.3). Почва под слоем этого снега еще не была полностью замерзшей, в результате под снежным покровом продолжалась трансформация листовенного опада с образованием диоксида углерода и сопутствующих продуктов биodeградации захороненного органического вещества. Между свежевывавшим белым рыхлым снегом и лежалым наблюдается отчетливая граница [7] (показано стрелками).



**Рис. 3.** Стратификация снежного покрова на станции 6

Всего в ходе проведенной экспедиции было отобрано 12 проб на 6 станциях. Вода в реке Дон имела слабощелочную реакцию ( $pH=8,0-8,2$ ), её минерализация была  $1071,0 \text{ мг/дм}^3$ . Значения  $pH$  изменялись на ст.2 следующим образом: свежевывавший снег имел  $pH - 6,3$ , а раскристаллизованный снег –  $5,0$ . Это характеризовало твердые осадки у обочины дороги как слабокислые. Водородный показатель свежевывавшего снега по траверсу ст.2-ст.6 изменялся в диапазоне  $6,3-7,0$  (в среднем  $6,7$ ). Лежалый снег имел значения  $pH$  от  $5,0-5,8$  (в среднем  $5,4$ ) и характеризовался слабокислой реакцией. Значения  $pH$  в свежевывавшем и лежалом снеге не проявляли какой-либо связи с расстоянием от дороги и по мере углубления в парк. В то же время мы видим, что  $pH$  свежевывавшего снега был в среднем больше на единицу по сравнению с лежалым. Это позволяет нам высказать предположение о возможном влиянии более кислой обстановки, наряду с другими вышеприведенными факторами, на уровни содержания ртути в лежалом снеге. Причина более щелочной среды в свежевывавшем снеге по отношению к лежалому может быть обусловлена присутствием в последнем листовенного опада, который подвергается биodeградации с выделением диоксида углерода. Известно, что миграционная способность ртути возрастает в более кислых средах [8]. В связи с этим, будет интересно проверить данную гипотезу на полученных позднее сведениях по уровням содержания других ТМ.

Предварительные результаты анализа и обобщения содержания ТМ (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Mn) и Fe позволяют высказать суждение об особенностях их уровней концентраций в воде р. Дон и снеге. Одни микроэлементы проявляют повышенное содержание, другие находятся на уровне фоновых значений и ниже. При этом оказалось, что ТМ и железо имеют склонность к преимущественному накоплению во взвешенно веществе по отношению к жидкой фазе. Обращено внимание также на особенности их уровней содержания и распределения в зависимости от стратификации снежного покрова.

*Экспедиция была проведена за счет гранта РФФИ «Микромир» № 19-05 -50097.*



## Список литературы

1. Клёнкин А. А., Корпакова И. Г., Павленко И. Ф., Темердашев З. А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение // Краснодар: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2007. 324 с.
2. Михайленко А. В., Федоров Ю. А., Доценко И. В. Тяжелые металлы в компонентах ландшафта Азовского моря. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2018. 214 с.
3. Приваленко В. В., Безуглова О. С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т.1. Экология города Ростова-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 290 с.
4. Рылов В. Г., Федоров Ю. А., Гамов М. И. Геолого-структурное районирование Восточного Донбасса с привлечением данных по содержаниям ртути и метана в угольных пластах. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2012. №2. С. 107-111.
5. Скатерщиков С. В., Красовская О. В., Петров А. Г., Солдатенков Я. Ю. Материалы по обоснованию проекта внесения изменений в генеральный план г. Ростова-на-Дону: Научно-проектный институт пространственного планирования «ЭНКО». Том 1. 2014.
6. Фёдоров Ю. А., Березан О. А., Величко М. Л., Предеина Л. М., Андреев Ю. А., Хансиварова Н. М. Распределение и уровни концентрации ртути в атмосфере и водоемах Азовского моря. В кн.: Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2002. С.150-166.
7. Fedorov Yu.A., Mikhailenko A.V., Dmitrik L.Y., Dotsenko I.V., Solodko D.F., Chepurnaya V.I. Mercury and iron in atmospheric precipitation of the Azov Sea basin // *Limnology and Freshwater Biology*. 2020. no. 4. P. 838-839.
8. Fedorov Yu. A., Ovsepyan A. E., Savitsky V.A., Lisitzin A.P., Shevchenko V. P., and Novigatsky A. N. Mercury in White Sea Bottom Sediments: Distribution, Sources and Deposition Chronology// *Oceanology*. 2019. Vol. 59, no. 1. P. 143-150.
9. Rylov V., Fedorov Yu., Gamov M. The distribution of methane and mercury concentrations and their emission in East Donbas // *Conference Proceedings of 16th International Multi-disciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016, Bulgaria*. 2016. Book 5. Vol. I. P. 701-706.
10. Деловой портал г. Ростова-на-Дону. URL: <https://rostov.dk.ru/> (дата обращения: 10.09.2020).

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР В  
РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ  
МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ СЛАВСКОГО РАЙОНА**

Спирин Ю. А., Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
г. Калининград, e-mail: spirin1234567890@rambler.ru

Зотов С. И., Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
г. Калининград, e-mail: zotov.prof@gmail.com

**HYDROLOGICAL RESEARCH AS A KEY FACTOR IN THE RATIONAL USE OF THE  
HYDROTECHNICAL RECLAMATION NETWORK OF THE SLAVSKY DISTRICT**

Spirin Y.A., Immanuel Kant Baltic Federal University,  
Kaliningrad, e-mail: spirin1234567890@rambler.ru

Zotov S.I., Immanuel Kant Baltic Federal University,  
Kaliningrad, e-mail: zotov.prof@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассмотрен актуальный вопрос, связанный с ролью гидрологических исследований при эксплуатации осушительной мелиоративной сети Славского района, Калининградской области. Описаны основные и наиболее перспективные направления в гидрологических исследованиях, которые считаются высоко результативными в отрасли гидромелиорации и сельского хозяйства. Подчёркнута важность подобных исследований для региона, через призму обеспечения продовольственной безопасности.

**Ключевые слова:** гидрологические исследования; избыточное увлажнение; гидротехническая мелиорация; польдерные земли; осушение земель; сельское хозяйство.

**Abstract.** The paper considers a topical issue related to the role of hydrological research in the operation of the drainage reclamation network of the Slavsky district, Kaliningrad region. The main and most promising directions in hydrological research, which are the most effective in the field of hydro reclamation and agriculture, are described. The importance of such studies for the region, through the prism of ensuring food security, was emphasized.

**Keywords:** hydrological research; excessive moisture; hydraulic engineering reclamation; polder lands; drainage of land; agriculture.

Общая площадь Калининградской области (с заливами) составляет 1512.5 тыс. га, площадь суши равна 1351.2 тыс. га. Площадь осушаемых земель области по состоянию на 31 декабря 2019 года составляет 1047.8 тыс. га, в том числе земель сельхозпроизводителей – 594.5 тыс. га. Одной из отличительных особенностей региона является наличие польдерных земель, обладающих высоким плодородием. Площадь польдеров составляет около 100 тыс. га. (70 % польдеров России). Самый крупный польдерный массив расположен на территории Неманской низменности в МО «Славском городском округе» (далее Славский район). Это основная польдерная территория региона, около 68% от всех польдерных земель Калининградской области [8].

Наличия такого рода земельных ресурсов послужило причиной для развития сельскохозяйственного комплекса в рассматриваемом районе. Общая площадь земель в административных границах муниципального образования Славского района составляет – 134.9 тыс. га, из них: земли сельскохозяйственного назначения – 80.4 тыс. га, (59,6% от общей площади земель) и земли лесничества 39.7 тыс. га. (29,3% от общей площади земель). Наибольшая доля от общей площади земель сельскохозяйственного назначения приходится на сельскохозяйственные угодья (пашни, сенокосы и пастбища) – 74.2 тыс. га. 92,3%. Сельскохозяйственные угодья на территории Славского района распределены следующим образом: площадь пашни составляет – 26.2 тыс. га; сенокосов – 22.6 тыс. га; пастбищ – 25.2 тыс. га; общая посевная площадь сельскохозяйственных культур под урожаем – 16.5 тыс. га.

7. Славский район находится в зоне с избыточным увлажнением, что в совокупности с равнинным рельефом и преобладанием глинистых и суглинистых пород на поверхности, стало определяющим фактором в формировании густой речной сети. По территории городского округа протекает 33 реки и водотока. Наиболее крупными водными артериями района являются: река Неман, река Немонинка, река Злая, река Матросовка, река Оса, река Шлюзовая, река Улитка, река Ржевка. Данные реки относятся к бассейну Куршского залива и классифицируются как водоемы первой и высшей категории рыбохозяйственного значения. Реки равнинного типа, скорости течения составляют 0.5 – 1.0 м/с, уклоны – 0.4 – 1.0 % для средних, а более 1.0 % для малых рек.

8. Непосредственно на самой территории расположены 2 источника поверхностного питьевого водоснабжения: река Разлив, которая снабжает питьевой водой посёлок Мысовка и река Промысловая, которая снабжает питьевой водой посёлок Причалы. Также неподалеку от юго-западной границы имеется ещё один поверхностный источник водоснабжения: Полесский канал, который снабжает питьевой водой посёлок Головкино.

9. Ландшафтные особенности территории, избыточное увлажнение и активное ведение сельского хозяйства привели к образованию обширной осушительной гидротехнической мелиоративной сети. С её помощью избыточная вода с сельскохозяйственных и лесных угодий отводится в водоприемники, а из них отправляется в близлежащие реки, озера и Куршский залив. В Славском районе сконцентрирована основная часть осушительной гидромелиоративной сети региона. Мелиоративные гидротехнические сооружения одни из самых уникальных для России и стран Прибалтики. Для отвода излишек воды создана густая сеть открытых и закрытых осушительных сооружений, каналов и водооткачивающих устройств. В муниципальном образовании насчитывалось 60 осушительных насосных станций, которые откачивали воду с 66.9 тыс. га. земли, 2.6 тыс. км. магистральных и 5.7 тыс. км. мелких каналов, 454 км. водозащитных дамб, 19 шлюзов, 145 мостов. Дренажная сеть проложена на площади в 32 тыс. га, ее длина в общей сложности составляет 18.3 тыс. км. Большая часть всех гидротехнических сооружений находятся в федеральной и областной собственности.

10. Наряду со многими мероприятиями по стабилизации и разумному развитию сельского хозяйства, своей особой значимостью выделяется отлаженная работа осушительной гидромелиоративной сети. В регионе со сложными климатическими условиями, характеризующимися избыточным увлажнением и трудно прогнозируемыми засушливыми периодами, весомым фактором в качественном ведении сельского хозяйства является своевременное осушение (а в некоторых случаях и увлажнение) сельскохозяйственных земель. Без нормальной работы всех компонентов осушительной мелиоративной сети невозможно продуктивное

ведение сельского хозяйства, которое в свою очередь, играет важную роль в обеспечении необходимой региону продовольственной безопасности [10-11].

11. Мелиоративная система Славского района по многим показателям прибывает в неудовлетворительном состоянии. На протяжении двадцати лет практически не проводились работы по её реконструкции. До настоящего времени, на большей части территории района эксплуатируются гидротехнические сооружения довоенной постройки (1940 г.), имеющие износ 85 – 100%. Стоит отметить, что общий износ мелиоративных фондов Калининградской области составляет почти 54%.

12. Реконструкция и капитальный ремонт мелиоративной сети Славского района будет самым эффективным способом по нормализации её работы, и при этом самым дорогостоящим и ресурсозатратным. Поэтому, несмотря на положительную тенденцию в этом вопросе, лишь в неопределенном будущем можно рассчитывать на благоприятные результаты. По этой причине, на сегодняшний день, одними из наиболее перспективных направлений по развитию гидромелиоративной отрасли могут считаться инженерно-гидрологические изыскания и научно-прикладные исследования поверхностных водных объектов суши. Рациональная эксплуатация, реконструкция и капитальный ремонт осушительной мелиоративной сети невозможны в полной мере без объективных и научно обоснованных сведений связанных с характеристиками и поведением водных объектов [3]. Эти данные имеют большое значение как при разработке и проведении перечисленных мероприятий, так и при эксплуатации системы в том виде, в котором она имеется на данный момент [2].

Исследование водного режима водотоков одна из главных задач при планировании и использовании гидротехнических сооружений входящих в состав осушительной сети. Особый интерес представляет в таких исследованиях количественная характеристика, гидрологические особенности и прогнозирование стока и уровней воды в реках.

Самой значимой проблемой, которая сильно сказывается на продуктивности и качестве сельскохозяйственного комплекса на пойменных землях с развитой речной сетью, это затопление и подтопление территории. Наиболее остро она стоит в периоды половодья и паводков, потому что в эти фазы сток и уровень воды в водотоках количественно увеличиваются, и достигают своих пиковых показателей. В связи с этим, создание вероятностных моделей, на основе которых можно прогнозировать возможные средние или максимальные годовые уровни и расходы воды в реке, является важной задачей при гидротехническом строительстве, особенно при проектировании и наращиванию дамб, а также при эксплуатации насосно-силового оборудования на осушительных насосных станциях [1; 7]. С целью контроля и прогноза поведения обозначенных гидрометрических характеристик, в Российской инженерной практике часто используются вероятностные кривые обеспеченности [6]. Это один из самых распространенных и реализуемых методов прогнозирования.

Такие расчёты подразумевают под собой наличие продолжительных данных о гидрологических наблюдениях [4-6]. В Славском районе многолетний систематический гидрологический мониторинг проводился за следующими водотоками: река Злая – село Приозерье; река Оса – село Краснознаменское; река Матросовка – деревня Мостовое; река Немонинка – село Тимирязево. На сегодняшний день наблюдения проводятся только по реке Злая и реке Матросовка, на тех же гидропостах. Эти водотоки представляют наибольший интерес для исследования, поскольку они имеют продолжительный период наблюдений, а также харак-

теризуют речную сеть территории в целом, что в некоторых случаях позволит проецировать полученные результаты на другие реки Славского района.

Несмотря на продолжительный мониторинг, по различным причинам в результатах измерений отсутствует информация за некоторые, а порой и многие годы. Это говорит о необходимости восстановления гидрологических рядов, используя методы, базирующиеся на гидрологической аналогии. Не стоит отбрасывать возможность моделирования рядов гидрометрических характеристик, у рек, за которыми не проводились продолжительные систематические наблюдения, опираясь на гидрологические особенности территории или используя при наличии данные о кратковременных мгновенных измерениях.

Немаловажную значимость представляет собой расчёт и анализ внутригодового распределения стока [9]. Он позволит более рационально планировать водоотвод и ведение сельского хозяйства внутри года. Количественные свойства стока водотоков в различные периоды, позволят более точно понимать, какая нагрузка будет на осушительную сеть и на какие её гидротехнические сооружения нужно обратить внимание при их эксплуатации или реконструкции.

Установление связи между характеристиками также несет высокую практическую пользу. В научной и инженерной практике, устоялись взаимосвязи между следующими характеристиками: уровнем и расходом воды; уровнем воды и площадью живого сечения; уровнем воды и средней скоростью течения.

В работе представлен лишь краткий перечень направлений гидрологических исследований. К сожалению даже по ним не всегда ведется работа, а местами некоторые гидрологические особенности и вовсе не учитываются. Это всё в свою очередь ведет к ряду проблем связанных с эксплуатацией осушительной сети и ведением качественного сельского хозяйства.

#### Список литературы

1. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. СП 104.13330.2016: утв. М-вом. стр-ва. и жилищ.-коммун. хоз-ва. Рос. Федерации 16.12.16 и введ. в действие с 17.06.17. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28.04.20).
2. Инженерные изыскания для строительства. СП 47.13330.2012: Утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России) от 10 декабря 2012 г., № 83/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28.04.20).
3. Мелиоративные системы и сооружения. СП 100.13330.2016: утв. М-вом. стр-ва. и жилищ.-коммун. хоз-ва. Рос. Федерации 30.06.15 и введ. в действие с 17.06.17. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28.04.20).
4. Наумов, В. А. Анализ уровней воды малой реки Нельмы в последнее десятилетие / В. А. Наумов, П. С. Сысоева, В. М. Ходоркова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2019. – Т. 5. – № 1. – С. 1-6.
5. Наумов, В. А. Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Максимальные расчётные уровни воды / В. А. Наумов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1. – № 3. – С. 1-6.
6. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003: Одобрен для применения в качестве нормативного документа постановлением Гос-

строю России № 218 от 26 декабря 2003 г. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28.04.20).

7. Плотины из грунтовых материалов: СП 39.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11 и введ. в действие с 01.01.13. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28.04.20).

8. Пунтусов, В. Г. Перспективы развития мелиорации земель Калининградской области / В. Г. Пунтусов, О. В. Диваков, В. Г. Лапин // Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона: сб. науч. тр. – Калининград: КГТУ, 2012. – С. 102–106.

9. Спири́н, Ю. А. Анализ внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области / Ю. А. Спири́н // Региональные геосистемы. – 2020. – Т. 44. – № 2. – С. 231–242.

10. Спири́н, Ю. А. Проблемы геоэкологического состояния и использования поверхностных вод Калининградской области / Ю. А. Спири́н, С. И. Зотов // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2019. – Т. 29. – № 2. – С. 221–227.

11. Спири́н, Ю. А. Улучшение мелиоративного состояния осушаемых сельскохозяйственных земель польдерного массива в Славском районе Калининградской области / Ю. А. Спири́н // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 1(33). – С. 39–54.

**ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАССЕЙНА ОЗЕРА  
МАЛЫЙ ЛИМАН**

Станиславский К. С., Головков И. В., Доценко Н. В., Савицкий В. А.,  
Фёдоров Ю. А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
alecporto@yandex.ru

**EXPEDITIONARY RESEARCH OF THE MALY LIMAN  
LAKE BASIN**

Stanislavskiy K.S., Golovkov I.V, Dotsenko N.V., Savitskiy V.A.,  
Fedorov Yu.A.

Southern Federal University, Rostov-on-don

**Аннотация.** В рамках научно-исследовательского проекта по изучению экологического состояния озера Малый Лиман, инициированного Президентом ЮФУ проф. М. А. Боровской, осуществлены первичные экспедиционные работы с целью определения его гидрологических особенностей и гидрохимической обстановки. В соответствии с предложенным ранее бассейновым подходом к изучению водных объектов полуострова Абрау выполнено батиметрическое картографирование акватории озера Малый Лиман. Установлено значительное уменьшение объема озера по сравнению с предшествующими исследованиями. Изучены источники питания озера, проанализированы причины сокращения их водоносности и отобраны пробы воды и донных отложений для их дальнейшего химического анализа.

**Ключевые слова:** Лиманчик, Малый Лиман, Абрау, батиметрия, донные отложения.

**Abstract.** Primary expeditionary work was carried out in order to determine the hydrological features and hydrochemical conditions of The Maly Liman Lake as part of the research project initiated by the President of SFedU prof. M.A. Borovskaya on the study of its ecological state. Bathymetric mapping of The Maly Liman Lake water area was carried out in accordance with the previously proposed water-basin approach to the study of The Abrau Peninsula water bodies. A significant decrease in the volume of the lake was found in comparison with the data of previous researchers. The sources of lake nutrition were studied, the reasons for the reduction of their water content were analyzed, and water and bottom sediments were sampled for further chemical analysis.

**Key words:** Limanchik, Maly Liman Lake, Abrau Lake, bathymetry, bottom sediments

Данная статья является вторым этапом инициированного Президентом ЮФУ проф. М. А. Боровской исследования по изучению экологического состояния озера Малый Лиман (Лиманчик) и разработке рекомендаций по улучшению его функционирования. Для оценки гидрологических особенностей и гидрохимической обстановки сотрудниками и студентами Научно-образовательного центра «Глобальные и региональные географо-экологические исследования и инновационные технологии» и Международной (россий-

ско-французской) ассоциированной лаборатории (МАЛ) «Трансформация загрязняющих веществ в аквальных экосистемах и оценка их уязвимости» Южного федерального университета были осуществлены экспедиционные исследования бассейна озера Малый Лиман. Полевые работы проводились в августе 2020 г., научными консультантами выступили заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета, д. г.н, проф. Ю. А. Федоров и директор Института наук о Земле, к. г.н, доцент А. Н. Кузнецов.

На первом этапе работ было обнаружено наличие весьма ограниченного материала о гидрологических особенностях озера, основанного, главным образом, на эпизодических исследованиях. Мнение различных исследователей расходится как в вопросе особенностей питания озера и его гидрохимической составляющей, так и в генезисе озерной котловины и протекающих в нем гидрологических процессах. Так по данным 1980-х гг. А. М. Леушина параметры озера были таковы: длина 206 м, ширина 148 м, глубина 4,5 м, объем 49500 м<sup>3</sup>, площадь озера 2,14 га. Длина озера по материалам обследования в 2006 г. – 200 м, ширина 150 м, площадь 2,9 га [7]. По данным [6] площадь озера составляет 3,0 га. В Отчете о комплексном экологическом обследовании ООПТ Краснодарского края, выполненном сотрудниками КубГУ [5], указаны следующие характеристики озера Малый Лиман: площадь водного зеркала – 24 000 м<sup>2</sup>, размером 180 на 130 м, максимальная глубина – 4.5 м.

Для установления действительных морфометрических параметров и оценки водных запасов в озере было осуществлено более 150 промеров глубины (рис. 1) эхолотом Garmin echo 150, измерения дублировались при помощи батометра СП-2 (рис. 2, 3).

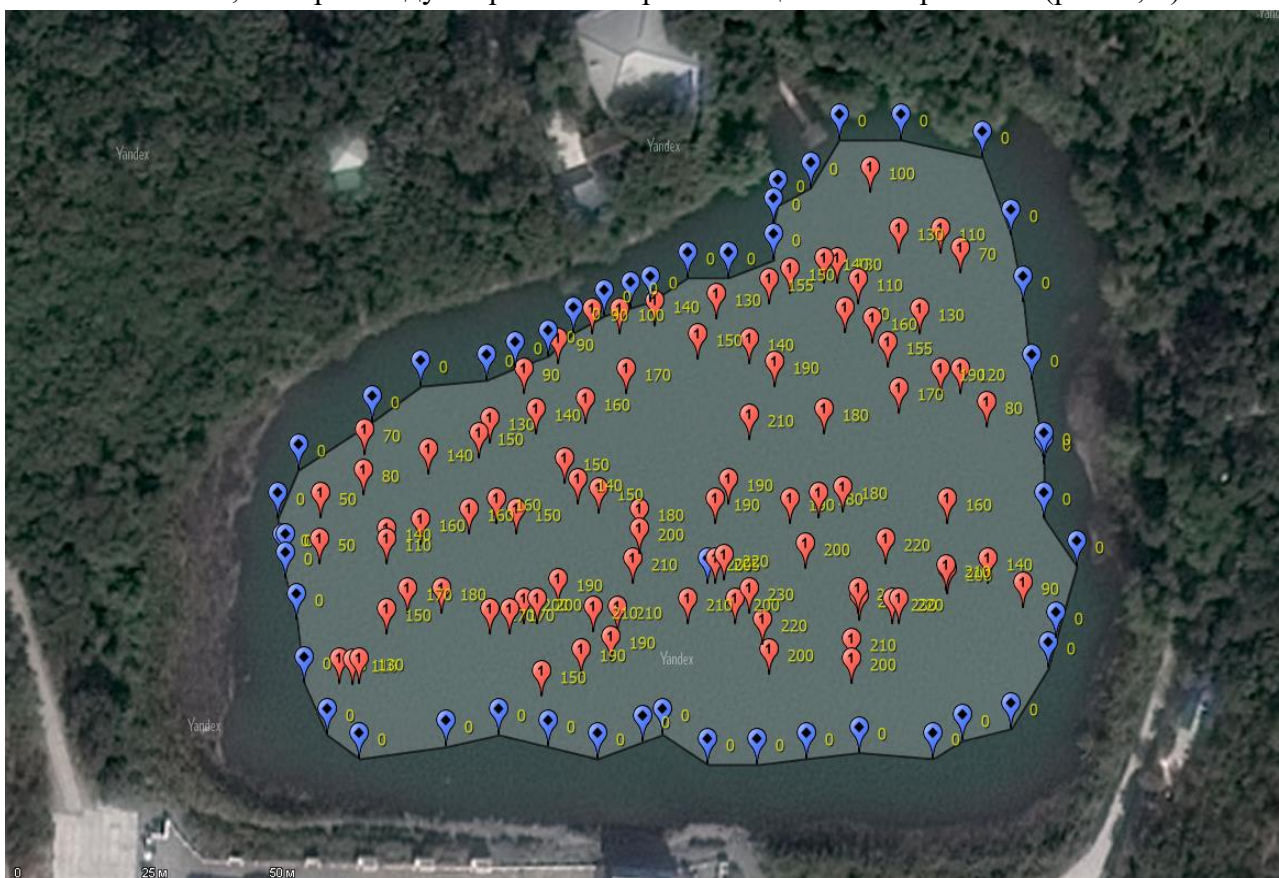


Рис. 1. Станции батиметрической съемки





А



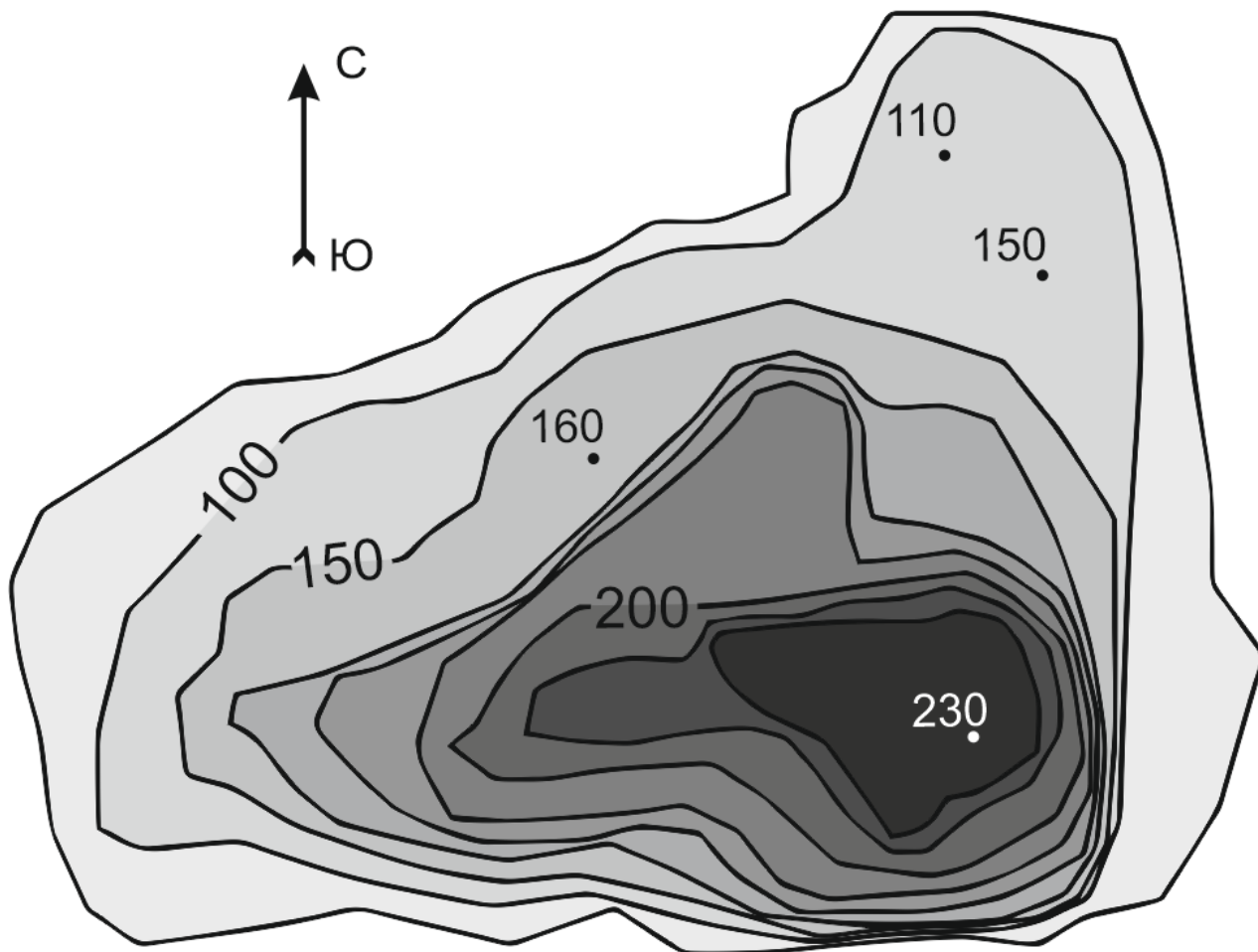
Б

**Рис. 2.** Приборы для осуществления измерения глубины водоема: эхолот Garmin echo 150 (А) и Система пробоотборная СП-2 (Б)



**Рис. 3.** Отбор проб воды, измерение глубины озера (фото авторов, 2020)

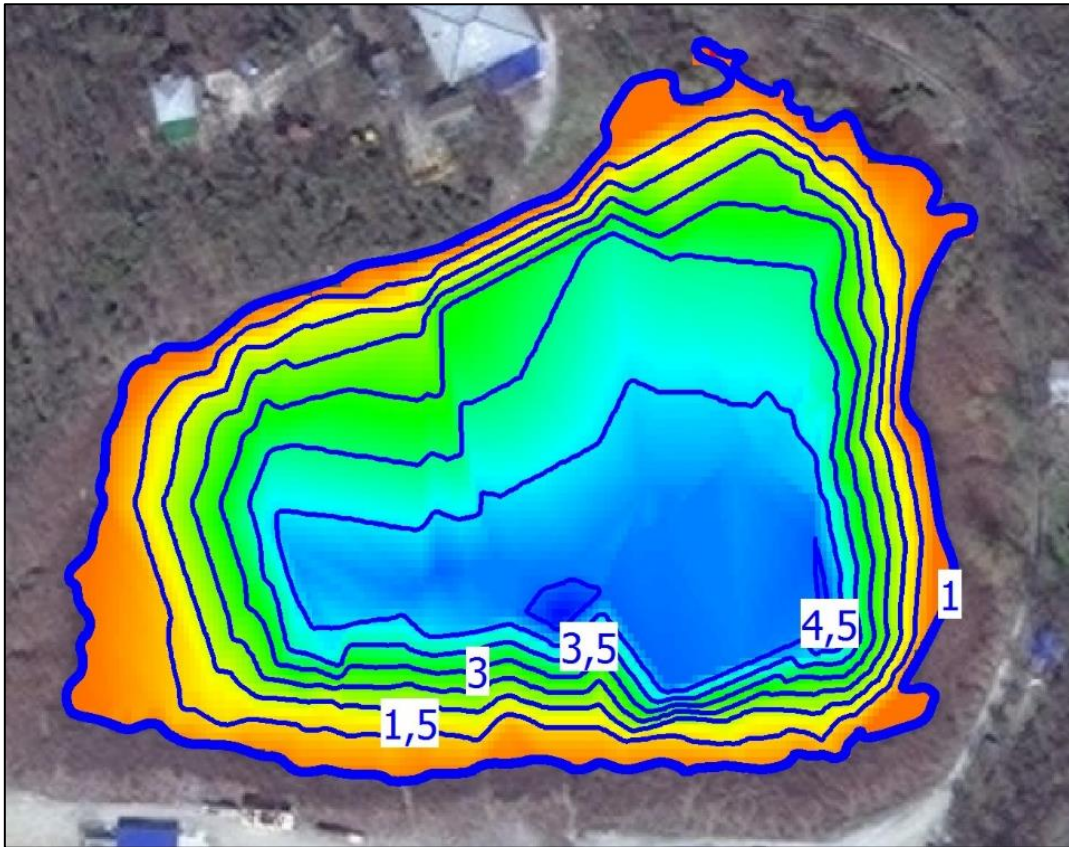
Максимальные глубины зафиксированы в юго-восточной части озера и составляют 2,3 метра. Площадь озера (оконтурена синими метками на карте, рис. 1) составляет 12 298 м<sup>2</sup>. По результатам съемки была составлена батиметрическая карта озера (рис. 4), по которой фактический объем озера рассчитан равным 17 162 м<sup>3</sup>, что значительно меньше данных, опубликованных в большинстве предыдущих исследованиях [1, 4, 8], однако сопоставимо с данными 2001 г. [3].



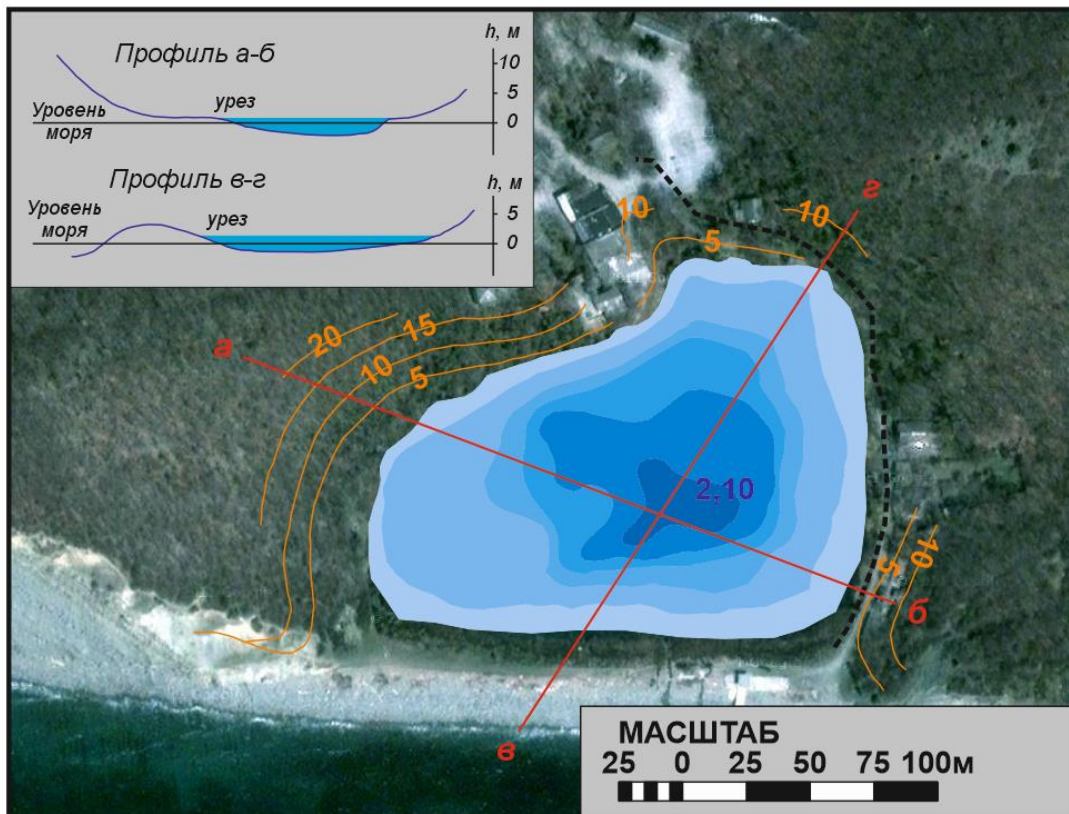
**Рис. 4.** Батиметрическая карта озера Малый Лиман (данные 29 августа 2020; глубины указаны в сантиметрах)

Сопоставление полученных результатов с имеющимися картографическими данными (рис. 5, 6) свидетельствует о значительных колебаниях уровня озера Малый Лиман, который может являться производной от количества выпадающих атмосферных осадков. Так, на момент проведения полевых работ в районе озер Малый Лиман и Абрау наблюдалось более чем полугодичное отсутствие длительных ливневых осадков [9].

Другим источником питания, имеющим в водном балансе озера значительные флуктуации, является приток подземных (грунтовых ?) вод. Так, по сведениям [1] питание озера осуществляется за счёт притока воды по толще четвертичных отложений, слагающих участок старого русла реки Абрау. На дневную поверхность подземные воды генетически связанные с озером Абрау выходят в виде ключа расположенного в непосредственной близости (на расстоянии нескольких метров) от оз. Лиманчик [5].

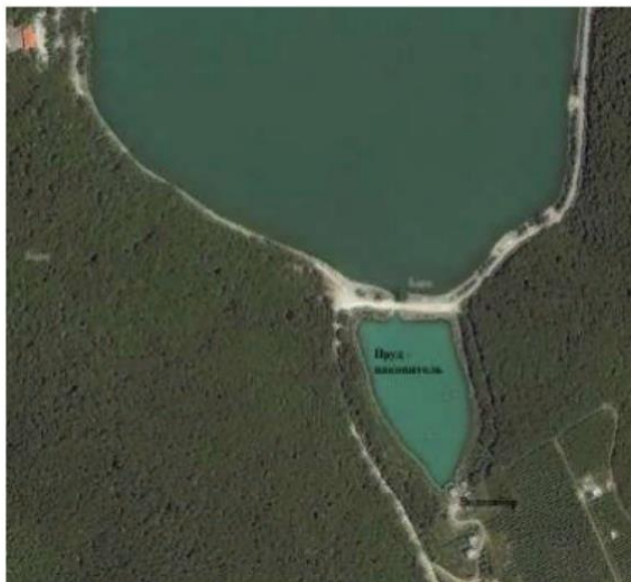


**Рис. 5.** Батиметрическая карта оз. Малый Лиман в полноводный год (составлено научным консультантом Проекта Кузнецовым А. Н. по данным Летней учебной практики студентов-географов в 2012 году)



**Рис. 6.** Батиметрическая карта оз. Малый Лиман в маловодный период (по [3])

Поступление воды из озера Абрау осуществляется через расположенный в южной оконечности озера водозабор питьевых подземных вод с прудом-накопителем (рис. 7). От акватории озера он отделён дамбой, с водопропускным сооружением. Во время описываемых экспедиционных исследований уровень воды в озере Абрау находился примерно на 1 метр ниже шлюза водозабора и вода в пруде-отстойнике отсутствовала (рис. 8, 9). Таким образом, можно говорить об отсутствии поступления абраузских вод в озеро Малый Лиман вышеуказанным путем.



**Рис. 7.** Водозабор в южной части озера Абрау (аэрофотоснимок взят из открытых источников, даты съемки: апрель, 2017)



**Рис. 8.** Поверхность пруда-отстойника – покрыта песком и ракушечным материалом (фото авторов, 2020)



**Рис. 9.** Верхний шлюз водозабора (слева) и водовыпуск из озера Абрау в пруд-отстойник (фото авторов, 2020)

Также отсутствует приток грунтовых вод из вышеописанного источника – ключа, выходящего на поверхность вблизи северного берега озера: отмеченное во время предыдущих исследований место выхода грунтовых вод на поверхность расположено на расстоянии более 30 метров, русло ключа пересохшее (рис. 10), внешний вид и свидетельства сотрудников СОЛ «Лиманчик» говорят о том, что этим путем вода в озеро Малый Лиман не поступает на протяжении уже, как минимум, нескольких месяцев.



**Рис. 10.** Пересохший исток ключа – место выхода грунтовых вод на северном берегу озера Малый Лиман (фото авторов, 2020)

Для установления степени общности химического состава вод озер Малый Лиман и Абрау как фактора, возможно указывающего на их гидрологическую связь, а также для оценки антропогенного воздействия на экосистему природоохранных объектов были отобраны для последующего анализа пробы воды из обоих озер и произведена *in situ* качественная оценка содержания в их водах нитратов, нитритов и аммоний-иона. Качественный анализ, проведенный колориметрическим способом (рис. 11) в соответствии с ГОСТом 4192-82 [2] показал отсутствие значительного содержания данных элементов в исследуемых водах

(табл. 1). Пробы воды отбирались в самом глубоком месте озера Лиманчик (ст.1), в северной части озера, со стороны столовой и хозяйственных построек (ст.2) (рис. 12) и в южной части озера Абрау (ст.3).



**Рис. 11.** Визуальное определение содержания нитрит-иона в образце воды (ст.1, поверхность; фото авторов, 2020)



**Рис. 12.** Расположение станций отбора проб для качественного анализа воды (оз. Лиманчик)

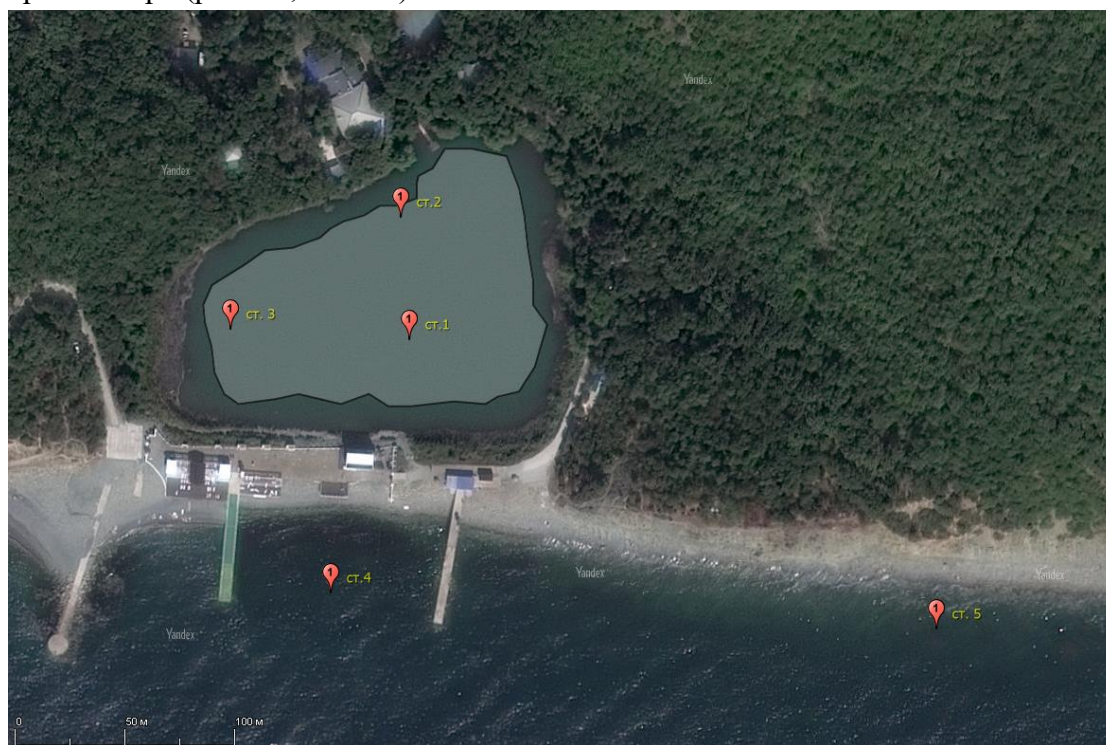
*Таблица 1*

**Результаты качественного анализа воды озер Малый Лиман и Абрау**

Номер станции	Определяемый показатель	Содержание, мг/л
1 (Лиманчик, поверхность)	Аммоний	$0.0 < [c] \ll 1.0$
	Нитраты	0
	Нитриты	$0.0 \ll [c] < 0.02$
1 (Лиманчик, придонный слой, глубина 200 см)	Аммоний	$0.0 < [c] \ll 1.0$
	Нитраты	0
	Нитриты	$0.0 < [c] < 0.02$

2 (Лиманчик, поверхность)	Аммоний	0
	Нитраты	0
	Нитриты	$0.0 < [c] < 0.02$
3 (Абрау, южный берег, поверхность)	Аммоний	$0.0 < [c] \ll 1.0$
	Нитраты	0
	Нитриты	$0.0 < [c] < 0.02$
3 (Абрау, южный берег, придонный слой (глубина 110см))	Аммоний	$0.0 < [c] \ll 1.0$
	Нитраты	0
	Нитриты	$0.0 < [c] < 0.02$

Прямая гидрологическая связь между озером Малый Лиман и Черным морем, отмеченная на первом этапе работ как возможно имеющая место быть и требующая дополнительных исследований может быть установлена по содержанию хлоридов в этих водоемах и, в случае наличия распреснения вод Черного моря в месте контакта, рассматриваться как факт. С целью проверки данной гипотезы пробы воды также были отобраны в прибрежной зоне Черного моря (рис. 13, табл. 2).



**Рис. 13.** Расположение станций отбора проб воды в озере Малый Лиман и Черном море.

*Таблица 2*

**Описание проб воды, отобранных комплексного химического анализа.**

№ п/п	Станция	Координаты	Объем пробы
1	Ст.1. – самое глубокое место озера Лиманчик, поверхностный слой воды	N44,670265° E37,591220°	1,5 л
2	Ст.1. – самое глубокое место озера Лиманчик, придонный слой воды, глубина 200 см		1,5 л
3	Ст.2. – северная часть озера Лиманчик, поверхностный слой воды	N44,670759° E37,591174°	1 л
4	Ст.3. – западная часть озера Лиманчик, поверхностный слой воды	N44,670307° E37,590206°	1 л

5	Ст.4. – Черное море, поверхностный слой	N44,669244° E37,590774°	1,5 л
6	Ст.4. – Черное море, придонный слой, глубина 170 см		1 л
7	Ст.5. – Черное море, поверхностный слой	N44,669098° E37,594207°	0,5 л
8	Ст.6 – южная часть озера Абрау, поверхностный слой воды	N44,685502° E37,590167°	1,5 л
9	Ст.6 – южная часть озера Абрау, придонный слой воды, глубина 110 см		1,5 л
10	Ст. 7. – Подземные воды, скважина №1 в БП и СОЛ «Лиманчик»	-	1 л



**Рис. 14.** Отбор проб донных отложений в озере Малый Лиман (фото авторов, 2020)

Отбор проб донных отложений озера Малый Лиман производился с лодки при помощи трубки ГОИН (рис. 14). Было отобрано три колонки донных отложений на станциях 1, 2 и 3, соответственно (рис. 13). Выбор станций для отбора проб был обусловлен возможными различиями в условиях их формирования – колонка донных отложений на ст.1 (рис. 15) была отобрана в южной части озера, в самом его глубоком месте; донные отложения на ст.2 (рис. 16) формировались в месте впадения ручьев, питающих озеро, в момент отбора проб – пересохших; ст.3 (рис. 17) расположена в западной части озера расположенной у подножья крутого склона, по которому проходит пешая асфальтированная тропа от санатория «Звездный», дно в этой части озера достаточно пологое, берег покрыт высохшими иловыми отложениями; как на берегу, так и в колонке донных отложений наблюдается стойкий гнилостный запах. Ниже приведено описание отобранных колонок донных отложений. Всего отобрано 44 образца донных отложений (табл. 3) для их последующего химического анализа.

#### **Станция 1.**



**Рис. 15.** Колонка донных отложений (ст. 1)



Мощность 61 см. Донные отложения представлены темно-серым илом, с поверхности разжиженным, с глубиной ил становится более плотным, пластичным и менее обводненным. Верхний слой (0-2 см) представлен сильнообводненной глинистой массой с включениями растительных остатков, горизонт 2-10 см представлен темно-серым илом, со слабым запахом сероводорода, нижележащий горизонт до глубины 35 см состоит из пластичной светло-коричневой глины, более плотной и менее влажной, чем вышележащие слои. Здесь наблюдаются вкрапления песчаных фракций (на всем протяжении) и плотного серого ила (до глубины 25 см). Ниже 35 см наблюдается преобладание светло-серого алевритового ила, который с глубиной вытесняет фракции менее плотного ила коричневого цвета. Умеренный запах сероводорода, песчаные включения отсутствуют.

**Станция 2.**



**Рис. 16.** Колонка донных отложений (ст. 2)

Мощность колонки 50 см. Поверхностный слой представляет собой влажный, неразжиженный ил темно-серого цвета с черными вкраплениями с незначительным количеством растительных остатков, включениями песка и гравия. До глубины 10 см увеличивается содержание влаги в иле, а количество песчаных и неразложившихся растительных включений уменьшается. Горизонт 10-20 см представлен более плотным серым илом с резким запахом сероводорода, с вкраплениями более темного, вплоть до черного алевритового ила. На глубине 25 см происходит резкая смена характера донных отложений. Здесь они представлены рыжевато-бурым илом с заметным переходом к нижележащему горизонту по цвету и плотности, на глубине 20-25 см – большое количество растительных остатков в обеих отобранных на данной станции колонках (возможно это остатки перекрытого иловыми отложениями бревна или досок). С глубины 30 см донные отложения представлены серым пластичным илом со слабым запахом сероводорода.

**Станция 3.**



**Рис. 17.** Колонка донных отложений (ст. 3)

Мощность 90 см. До глубины 47 см донные отложения представлены светлым алевритовым илом с увеличивающимся с глубиной содержанием песчаных фракций, слой от 30 до 47 см – сильный запах гниения. Нижележащие слои представлены темно-коричневым илом с большим содержанием неразложившихся растительных остатков. В верхнем слое, до глубины 6 см отмечено большое содержание растительных остатков. Резко выделяемый по цвету слой, представленный светлым ил с большим содержанием песка и сильным запахом гниения расположен в горизонте 30 – 47 см. Нижележащие горизонты представлены темно-коричневый, менее обводненный глинистый слой с большим содержанием растительных остатков, сменяющимся с глубины 70 см серый илом, с примесями светло-серого песчаного материала и включениями битых ракушек.

Таблица 3

**Пробы донных отложений озера Малый Лиман**

№	Нумерация проб	pH	Eh	Содержание ТМ и железа (валовое)	Содержание метана	Содержание сероводорода	Содержание орг. вещества (C <sub>орг.</sub> )	Нефтяные компоненты
1	Ст.1. – 14 образцов д. о.	+	+	+	+	+	+	
2	Ст.2. – 11 образцов д. о.	+	+	+	+	+	+	
3	Ст.3. – 19 образцов д. о.	+	+	+	+	+	+	

По неопубликованным данным А. Н. Кузнецова (Кузнецов А. Н. и др. Оценка влияния географических факторов на распределение нефтяного загрязнения в аквальных природных комплексах и динамику их самоочищения. Научно-технический отчет о выполнении 5 этапа Государственного контракта № 14.740.11.1045 от 23 мая 2011 г. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. 119 с.) было установлено присутствие в донных отложениях Малого Лимана только биогенных углеводородов, т. е. нефтяное загрязнение отсутствовало.

Краугольным камнем проблемы озера Лиамничик и его водосборного бассейна является существующая гидролого-гидрогеологическая обстановка. На что указывали практически все исследователи этого уникального водоема (см. аналитический обзор в настоящем сборнике). Водный баланс складывается из грунтового(?) стока воды по толще четвертичных отложений, слагающих участок старого русла реки Абрау, склонового стока и выпадения атмосферных осадков на поверхность водоема. Определенную роль, которую еще предстоит выяснить, играет состояние лесного массива водосбора озер Абрау и Малый Лиман. Для поиска других возможных источников пресной воды и их роли в питании озера Лиманчик нами изучены любезно представленные сведения и. о. директора Балуяна Р. В. по скв. 1 и 2, пробуренным для хозяйственно – питьевого снабжения СОР «Лиманчик».

Нами были проанализированы сведения о дебите, производительности и химическом составе подземных вод, вскрытых скв. 1 и 2 на глубинах 20-45м. Оказалось, что водоносный горизонт приурочен к флишевой толще пород (скв. 1), трещиноватых перемятых аргиллитов, мергелей и песчаников. Непосредственно водовмещающими породами служат трещиноватые кремнистые песчаники палеогеновой системы (Pg<sub>1</sub>сс-ап). В скв.2 флишевая толща пород палеогена (Pg<sub>1</sub>?) представлена плотными сланцами, трещиноватыми сланцами, глинистыми сланцами и водоносным горизонтом, представленного сланцем окварцованным трещинова-

тым. Эти отложения перекрываются четвертичными отложения – плотными суглинками с включениями гальки и глинами также с включениями гальки.

Возникает по крайней мере два вопроса: 1) подземные водоносные горизонты надежно защищены от проникновения в них грунтовых и (или)поверхностных вод, т. е. имеются ли в перекрывающей тоще пород «гидравлические окна» ; 2) происходит ли разгрузка подземных вод палеогена в озеро Лиманчик? Если на первый вопрос ответить без специальных гидрогеологических исследований сложно, то на второй можно ответить положительно. Суточный дебит подземных вод по нашим расчетам составляет по скв.1 – 172,8 м<sup>3</sup>/сут., а по скв.2 – 432м<sup>3</sup>/сут. Нетрудно рассчитать, что при таком дебите в случае их разгрузки в чашу водоема, проблемы с его подпиткой не было бы. Логичнее предположить, что грунтовые воды являются одним из основных источников питания озера, в то время как подземные безнапорные воды палеогена разгружаются в Черное море, минуя озера.

### **Заключение**

Проведенные экспедиционные исследования бассейна озера Малый Лиман направлены на первичный анализ его гидрологических особенностей и гидрохимической обстановки, на изучение экологического состояния озера и разработку рекомендаций по улучшению его функционирования. Выполненные работы по батиметрическому картографированию позволяют сделать вывод, что в данный момент уровень озера достиг рекордных минимальных значений, а запасы воды составляют менее одной третьей от своего объема в полноводные годы, что, по всей видимости, обуславливается как природными (продолжительный период с суммой атмосферных осадков ниже климатической нормы), так и антропогенными (регулирование поступления вод из озера Абрау посредством технических сооружений, туристическая нагрузка, в том числе неконтролируемая) факторами. Грунтовые воды , наряду с атмосферными осадками, являются одним из основных источников питания озера, в то время как подземные безнапорные воды палеогена разгружаются в Черное море, минуя озера. С целью уточнения степени влияния на уменьшение объема озера, соответственно, природной и антропогенной составляющей, оценки генезиса этих факторов, а также разработки программы экологического мониторинга экосистемы озера был осуществлен отбор более 50 проб воды и донных отложений.

По результатам экспедиционных исследований сделано предварительное, требующее специальных расчетов, заключение о существующем гидролого-гидрогеологическом режиме озера и возможных источниках воды для его регулирования. Это: 1) сбор в специальный резервуар ливневого стока, с его очисткой и последующей подкачкой воды в озеро; 2) изъятие определенного объема воды из палеогенового водосного горизонта и подкачка воды в озеро без ущерба для потребителей воды; 3) подкачка воды из Черного моря. Описанные мероприятия при необходимости можно совмещать, сопровождая их мониторингом воды в озере и скважинах. Подчеркнем, что все эти предложения требуют тщательной проработки и консультации со специалистами для того, чтобы сохранив природный ландшафт озера Лиманчик, мы не нанесли вред его обитателям и ущерб запасам подземных вод.

### **Список литературы**

1. Бекух З. А., Щеглова З. П., Ромащук В. А. Озера – памятники природы Краснодарского края, их современное состояние и перспективы использования // Географические ис-

следования Краснодарского края / Под общ. ред. А. В. Погорелова. Краснодар, 2015. С. 176-179.

2. ГОСТ 4192-82 Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.

3. Ефремов Ю. В., Панов В. Д., Базелюк А. А., Лурье П. М. Озера Предкавказья и Большого Кавказа. Ростов-на-Дону, Донской издательский дом, 2010.

4. Комаров Р. С. Гидрохимические особенности озера Малый Лиман (Краснодарский край) // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Санкт-Петербурга: "География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты", посвященной 100-летию создания первого в России специального географического высшего учебного заведения – Географического института, проведенной в рамках XIV Большого географического фестиваля. СПб.: Свое Издательство, 2018. С. 44-47.

5. Комплексное экологическое обследование особо охраняемых природных территорий регионального значения в целях снятия с них статуса особо охраняемой природной территории в связи с утратой ими своей ценности как природных объектов или вхождением в границы более крупной особо охраняемой природной территории: МО город-Новороссийск: Отчет / Куб. гос. аграрный ун-в. Краснодар, 2013. 66 с.

6. Литвинская С. А., Котов А. А. Современное состояние памятников природы "Озеро Романтики", "Озеро Лиманчик" // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы . №1. Краснодар, 2017 С.159-164.

7. Литвинская С. А., Лозовой С. П. Памятники природы Краснодарского края. Краснодар: Периодика Кубани, 2005. 352 с.

8. Чихачев А. С., Лукьянченко А. Д. Итоги исследований лаборатории экологического мониторинга «Лиманчик» в период 1995 -2005гг. // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов II научно-практической конференции, 4-7 сентября 2005г. СОЛ «Лиманчик». – Ростов н/Д: «КопиЦентр», 2005. – С. 151—154.

9. [rp5.ru](https://rp5.ru) [Электронный ресурс] // Архив погоды в Абрау-Дюрсо [https://rp5.ru/Погода\\_в\\_Абрау-Дюрсо](https://rp5.ru/Погода_в_Абрау-Дюрсо) (дата обращения: 24.10.2020)

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР: ЭМИССИЯ И ПОГЛОЩЕНИЕ  
МЕТАНА ПОЧВАМИ**

Сухоруков В. В., Трубник Р. Г., Федоров Ю. А.

Институт наук о Земле,  
Южный федеральный университет  
Ростов на Дону  
E-mail: [Sukhorukov20@yandex.ru](mailto:Sukhorukov20@yandex.ru)

**ANALYTICAL REVIEW: EMISSION AND ABSORPTION OF METHANE BY SOILS**

Sukhorukov V.V., Trubnik R.G., Fedorov Yu.A.

Institute of Earth Sciences,  
Southern Federal University  
Rostov on Don

**Аннотация:** В аналитическом обзоре рассмотрены процессы эмиссии и поглощения метана различными типами почв. Представлены оригинальные диаграммы, демонстрирующие глобальные потоки метана различными экосистемами, включая педосферу. Показана важная роль почв как одного из регуляторов содержания метана в тропосфере. На основе литературных и оригинальных данных, проведена оценка эмиссии метана и распределения его содержания в основных типах почв Ростовской области.

**Ключевые слова:** почвы, метан, содержание, эмиссия, глобальный уровень, Ростовская область

**Abstract:** The analytical review considers the processes of methane emission and absorption by various types of soils. Original diagrams are presented showing global methane fluxes by various ecosystems, including the pedosphere. The important role of soils as one of the regulators of methane content in the troposphere is shown. Based on the literature and original data, an assessment of methane emission and distribution of its content in the main types of soils of the Rostov region was carried out.

**Key words:** soil, methane, content, emission, global level, Rostov region.

**Введение**

Целью работы являлся обзор исследований по проблеме роли педосферы в эмиссии и поглощении метана. Метан ( $\text{CH}_4$ ) является вторым после углекислого газа наиболее активным парниковым газом Земли [26,32]. Это легкий газ, который быстро попадает с земной поверхности на границу тропосферы и стратосферы и на высоте 15-20 км под действием солнечных лучей разлагается на водород и углерод, который соединяется с кислородом и образует углекислый газ, что приводит к разрушению молекул озона в верхних слоях атмосферы [2,8]. Вклад  $\text{CH}_4$  в общий парниковый эффект оценивается в 18-19% [11,24] однако, темпы увеличения концентрации  $\text{CH}_4$  в атмосфере примерно в 2-4 раза выше, чем у  $\text{CO}_2$  [26]. В тоже время способность  $\text{CH}_4$  к экранированию теплового излучения в 20-40 раз выше, чем аналогичная характеристика у  $\text{CO}_2$  [3,4,5]. Важно отметить, что именно почвы оказывают существенное влияние на содержание метана в тропосфере и при этом один из наименее исследованных источников эмиссии биогенного метана в атмосферу является педосфера.

## **Методы мониторинга парниковых газов**

Мониторинг прямых эмиссий  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$ , которые являются составляющими экологической биохимической функции почв, проводят, как правило, с помощью известного метода экспозиционных камер. Этот метод является наиболее распространённым для количественной оценки прямых эмиссий парниковых газов из почв и донных отложений в полевых условиях. Он позволяет исследователям самостоятельно регулировать местоположение камер и время экспозиции [13,21,34]. В то же время отметим, что камерный метод имеет ряд недостатков [3, 4]. Например, при размещении камеры увеличивается воздухопроницаемость почвы в месте врезки камеры, вносится дополнительное давление на почву, может происходить некоторая дегазация почвы. Кроме того камерный метод позволяет определять почвенные потоки только с относительно не большой площади.

Также применяют методы дистанционного зондирования. Дистанционное зондирование со спутников может представлять информацию о эмиссии парниковых газов. Один из подходов заключается в оценке тропосферных концентраций  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  у поверхности, основанных на измерении интенсивности отраженных солнечных лучей в небольших диапазонах длин волн в видимой и коротковолновой частях спектра IR [31].

Кроме того, достаточно широко практикуется моделирование эмиссии парниковых газов из почв. Поскольку измерения дают только точечные данные, моделирование эмиссии парниковых газов из почв важно для регионализации таких измерений и для расчета глобальных потоков. Помимо эмпирических моделей для обработки полученных полевых данных используются модели, основанные на процессах, которые включают общие физические и химические процессы [26]. Такие подходы могут охватывать как локальные, так и глобальные масштабы.

Sheppard J.C. et al. [34] в своих оценках скоростей эмиссии и потоков метана использовали два подхода – экспериментальный и расчетный. При расчетах количества метана, выделяемого каждой из 18 экосистем (см. рис.2), во внимание принималась среднегодовая скорость эмиссии и коэффициент R. В качестве меры продукции метана была выбрана чистая первичная продукция (ЧПП) органического вещества данной экосистемы [13].

### **Факторы, оказывающие влияние на эмиссию и поглощение парниковых газов**

Эмиссия почвой парниковых газов является очень динамичным показателем, сильно варьирующим в пространстве, и особенно во времени. Величина эмиссии определяется многими факторами: температурой, влажностью, плотностью сложения почв, характером растительности, фенофазой растений и др. [11].

**Плотность сложения** – важный показатель при определении качества почвы. Использование большинства агротехнологий включает в себя борьбу с высокими показателями плотности сложения почв, однако некоторые способы обработки почвы, использование тракторов, сеялок и комбайнов приводят к увеличению плотности сложения почв и, как следствие, к снижению аэрации, особенно во влажных почвах. Снижение плотности сложения почвы может приводить к более низким рискам денитрификации и эмиссии закиси азота, а также к снижению рисков эмиссии метана. Так, в работе [32] показано, что переуплотнение почв может уменьшить ее способность окислять атмосферный метан на 30-90%. Более того, легкое уплотнение почв, приводящее к уменьшению аэрации, может увеличивать эмиссию закиси азота из почв более чем на 20%.

**Тепловой режим почв** – совокупность и последовательность всех явлений поступления, перемещения, аккумуляции и расхода тепла в почве во времени. Основным показателем

теплового режима является температура почвы (на разных глубинах почвенного профиля). Она зависит от климата, рельефа, растительного и снежного покрова, тепловых свойств почвы. Тепловой режим обусловлен преимущественно радиационным балансом, который зависит от соотношения энергии солнечной радиации, поглощенной почвой, и теплового излучения. Некоторое значение в теплообмене имеют экзо- и эндотермические реакции, протекающие в почве при процессах химического, физико-химического и биохимического характера, а также внутренняя тепловая энергия Земли. Однако два последних фактора оказывают незначительное влияние на термический режим почвы. В работе [33] описывается связь между эмиссией закиси азота и температурой. Эта зависимость усиливается при увеличении доли пор, занятых водой [28,33].

**Сезонная и суточная динамика.** Для потоков  $\text{CH}_4$  из почв также свойственна сезонная и суточная динамика, обусловленная влиянием гидротермических факторов на активность метаногенных и метанотрофных микроорганизмов, а также на скорость диффузии газа в системе почва-атмосфера. Скорость поглощения атмосферного метана отрицательно коррелирует с влажностью почвы и положительно с температурой. При высокой влажности и низкой температуре почвы весной и осенью выделение метана из неё преобладало над его поглощением из атмосферы, в то время как максимальная метаноокислительная активность в почве развивалась в летние месяцы. Характер и скорость потока метана между 9 и 10 часами утра наиболее точно соответствует его среднесуточным показателям. По мере прогревания верхнего 10-см слоя почвы с увеличением температуры воздуха к 15 часам происходит значительное усиление метаноокисления, которое постепенно ослабевает в вечерние часы, а в 3 часа имеет место выделение метана из почвы [9,29].

Существует мнение, что лесные почвы являются поглотителями  $\text{CH}_4$ , которое основано на результатах измерений потоков  $\text{CH}_4$  для различных лесных экосистем [18,19]. Среднее поглощение  $\text{CH}_4$  почвами тропических лесов составило  $-2,75 \pm 0,42$  моль  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ . Лесные почвы умеренного пояса поглощают в среднем  $-3,42 \pm 0,44$  моль  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , причем лиственные лесные почвы демонстрируют более высокие показатели поглощения  $\text{CH}_4$ , чем хвойные лесные почвы. Нетронутые лесные почвы, демонстрируют более высокие показатели поглощения  $\text{CH}_4$ , чем нарушенные лесные почвы [27,31]. Также исследования показали, что по сравнению с другими типами растительного покрова лесные почвы умеренного пояса показали самые высокие показатели поглощения  $\text{CH}_4$  до  $-12,50$  моль  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  [16,31]. Для сухих почв, как правило, характерен сток  $\text{CH}_4$  из атмосферы, вследствие его окисления метанотрофными бактериями почв. Выделение из сухих почв  $\text{CH}_4$  может являться показателем его подтока из микросипов в таком количестве, что он не успевает окисляться метанотрофами при прохождении через почвы. По этой причине, микросипы, как правило, наблюдаются над осадочными бассейнами в сухом климате, где глубоко в недрах земли в результате термического преобразования древнего органического вещества образовались подземные нефтяные и газовые залежи [15].

Безусловно, что водно-болотные угодья вносят большой вклад в эмиссию метана. Меньшая обводненность ландшафтов способствует большей аэрации их поверхности, увеличению мощности метанотрофного барьера в поверхностном слое болотных почв, и как следствие снижению содержания и эмиссии метана, несмотря на это, лесные почвы все же обладают большим потенциалом эмиссии метана, чем водно-болотные угодья [21, 24,30]. Поскольку в лесных почвах наблюдается вторая по величине скорость потока метана после водно-болотных угодий с их небольшим охватом, это говорит о том, что лесные почвы,

наряду со степными и полупустынными, вносят значительный вклад в глобальную эмиссию метана.

### Потоки метана на глобальном и региональном уровнях

В работе [13] приведены сведения по глобальным потокам метана из работ [20,34] различными экосистемами Земного шара. Нами построен график (рис. 1) и рассчитано процентное содержание вклада эмиссии различными экосистемами в его глобальную эмиссию в атмосферу (рис 2). Оказалось, что различными экосистемами выделяется от 0 до 317 млн. т./год метана, из них полупустынями и болотными экосистемами выделяется 12,9% (8,6% и 4,3% соответственно) от глобальной эмиссии метана различными экосистемами Земли.

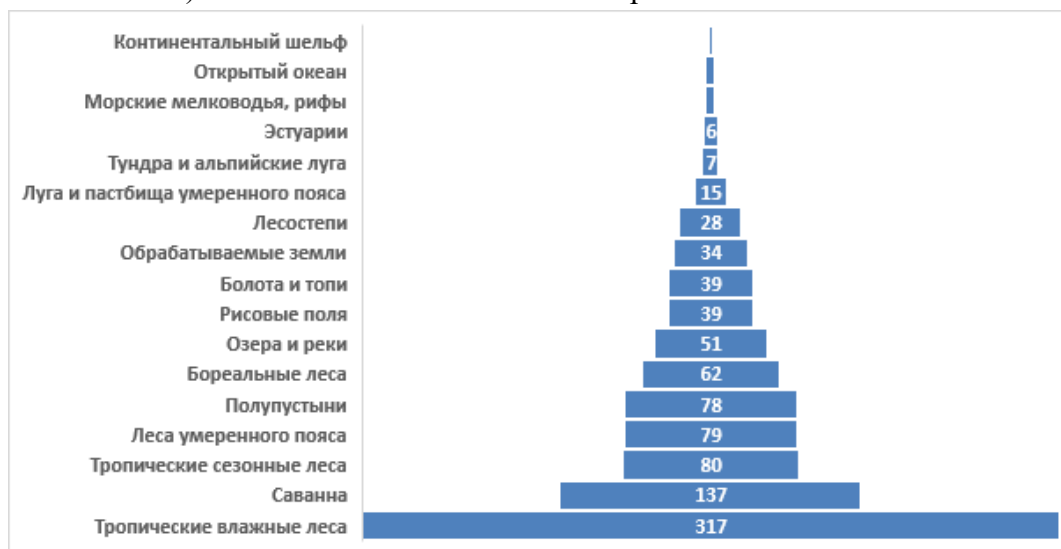


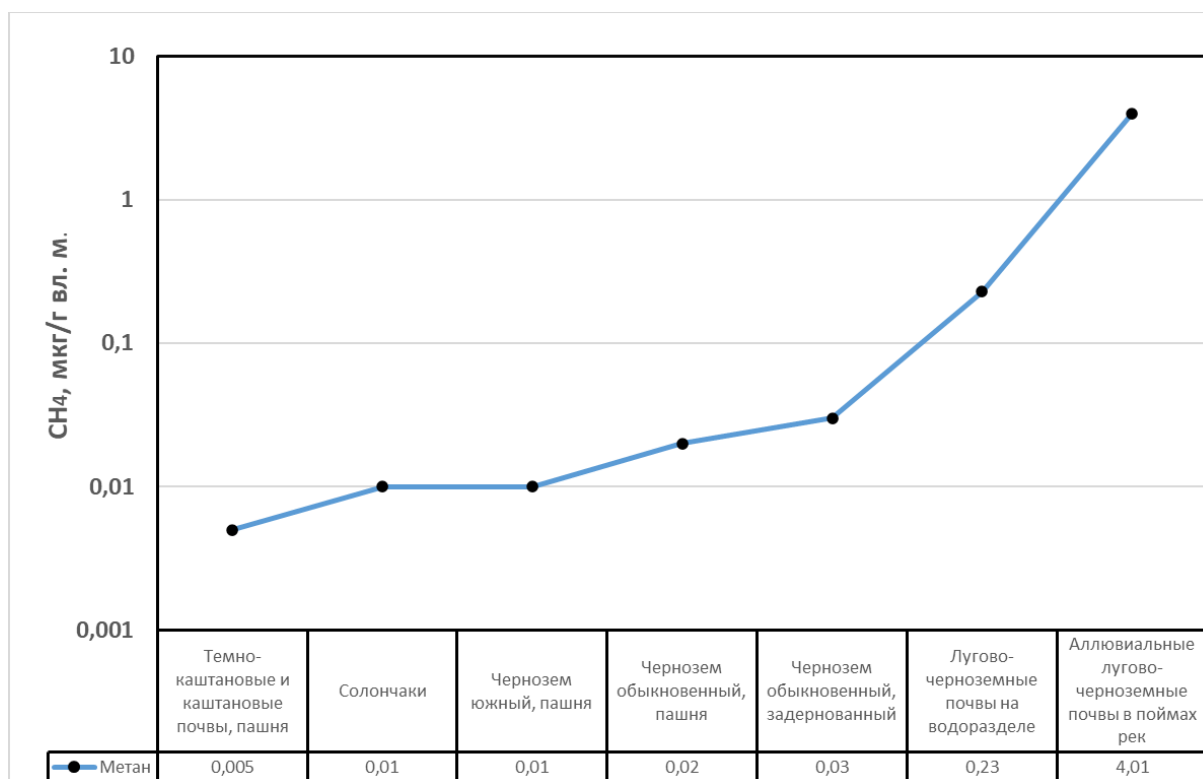
Рис. 1. Глобальная эмиссия метана различными экосистемами Земли (млн. т/год) (по данным [34])



Рис. 2. Процентное соотношение вклада глобальной эмиссии метана в атмосферу различными экосистемами Земли (по данным [13])



Особый интерес вызывают относительные объемы эмиссии метана лесостепями, степями, поскольку они занимают в Ростовской области доминирующее положение. Рассмотрим содержание метана в почвах Ростовской области (рис.3). Для этого воспользуемся данными из работы [14], чтобы обсудить оценку эмиссии метана различными типами почв Ростовской области.



**Рис. 3.** Среднее содержание метана в верхнем 0-2 см горизонте различных типах почв Ростовской области (по данным [14])

В работе [13] предложена формула подсчета эмиссии метана в атмосферу почвами. Которая позволяет достаточно точно рассчитать эмиссию метана в атмосферу почвами. Эта формула применима для различных природных сред и она аппроксимирует зависимость между концентрацией метана в поверхностном слое почвы и его потоком в атмосферу. В целом отмечается тесная связь ( $r=0.69$ ,  $P<0.01$ ) между количеством метана в горизонте почв 0-2 см и его потоками в атмосферу.

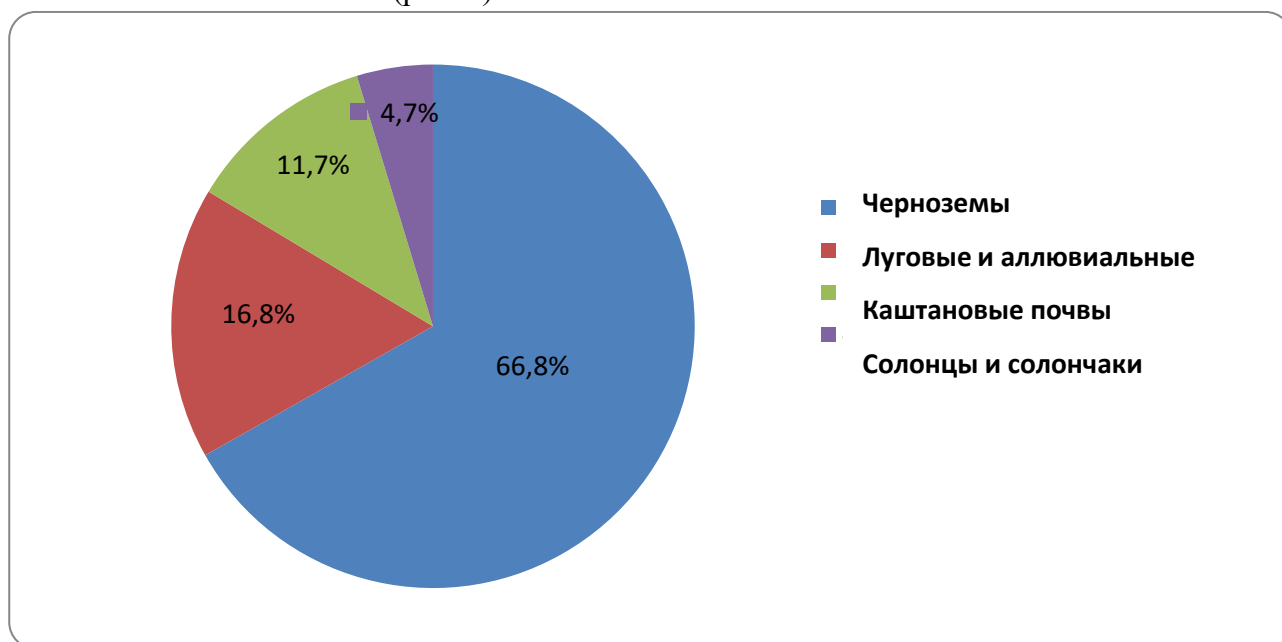
$$\lg F_{\text{CH}_4} = 0.8763 \times \lg C_{\text{CH}_4} + 3.7384 \text{ [13]},$$

где  $\lg F_{\text{CH}_4}$  – логарифм потока метана из почвы в атмосферу, нл/м<sup>2</sup> сутки;

$\lg C_{\text{CH}_4}$  – логарифм концентрации метана в почве, нл/дм<sup>3</sup>.

Согласно данным [14] содержание метана в почвах изменялось в пределах от <0.01 до 15.1 мкг СН<sub>4</sub>/г влажного веса (в. в.). Максимальные концентрации метана установлены в аллювиальных лугово-черноземных почвах, для которых характерна высокая влажность. Минимальные концентрации метана зафиксированы в темно-каштановых и каштановых почвах, а также в солончаках. В задернованных почвах, по сравнению с распаханнами, установлен более высокий уровень содержания метана. Распределение метана по почвенному профилю, как правило, характеризовалось снижением его концентраций до значений ниже предела об-

наружения от поверхности к нижним горизонтам, что обусловлено, главным образом, уменьшением количества и лабильности органических веществ, содержащихся в почвах. Величины эмиссии метана почвами в атмосферу изменялись в пределах от  $<0.1$  до  $1.5 \text{ мг CH}_4/\text{м}^2 \text{ сут.}$ , что существенно ниже интенсивности его эмиссии почвами болот и заболоченных участков и сопоставимо с минимальными потоками от сухих почв тундры [5,6,7,12,13,17,21]. Максимальная скорость эмиссии ( $1.5 \text{ мг}/\text{м}^2 \text{ сут.}$ ) зафиксирована в задернованных черноземах. Минимальные величины характерны для распаханых черноземных почв. Суммарная эмиссия метана исследованными почвами Ростовской области составляет  $\sim 16 \text{ т}$  в сутки. Наибольший вклад в суммарный поток метана вносят черноземы (66.8%), на луговые и аллювиальные почвы, каштановые почвы, солонцы и солончаки приходится 16.8, 11.7 и 4.7% соответственно (рис. 4).



**Рис. 4.** Вклад различных типов почв в суммарную эмиссию  $\text{CH}_4$  Ростовской области (по данным [14]).

С большой долей вероятности вклад прочих, не исследованных авторами почв (песчаные почвы, почвы балок, обнажения плотных и рыхлых пород), занимающих 6.6% площади области, незначителен. Если принять продолжительность активного периода эмиссии метана равной 210 дням в году (7 месяцев с апреля по ноябрь без снежного покрова), то годовая эмиссия метана почвами области составит 3360 т/год (или 4.8 млн.  $\text{м}^3$ ) [14]. Эта величина составляет всего лишь 0.65% от эмиссии метана болотами Архангельской области –  $\sim 521 \text{ тыс. т/год}$  [13], занимающими площадь 82.6 тыс.  $\text{км}^2$ , сопоставимую с площадью Ростовской области (92.5 тыс.  $\text{км}^2$ ), и  $\sim 1\%$  общей эмиссии метана (458 млн.  $\text{м}^3/\text{год}$ ) природными и антропогенными источниками Ростовской области [13], вклад которой в суммарный поток метана, приведенный в работе Н. М. Бажина (2000) для территории бывшего СССР, составляет в среднем 0.8% [1,14]. Однако следует еще раз отметить, что это – ориентировочная величина, и для более точных оценок суточной и годовой эмиссии метана почвенным покровом Ростовской области необходимо значительно большее количество точек наблюдений и проведение сезонных измерений.

Эмиссия почвой парниковых газов является очень динамичным показателем, сильно варьирующим в пространстве, и особенно во времени. Величина эмиссии определяется мно-

гими факторами: температурой, влажностью, плотностью сложения почв, характером растительности, фенофазой растений и др. [11].

По данным [14] наблюдается отчетливая тенденция уменьшения эмиссии метана в атмосферу по мере снижения температуры воздуха, что характерно и для динамики его содержания в почвах Ростовской области. В целом отмечается тесная связь ( $r=0.69$ ,  $P<0.01$ ) между количеством метана в горизонте почв 0-2 см и его потоками в атмосферу. Следует подчеркнуть, что достаточно часто фиксируются микропросачивания газа с поверхности почв, расположенных над разломами и оперяющими их трещинами в земной коре [10,15]. В целом же почвы являются ловушкой, способствующей предотвращению выхода в атмосферу газов, мигрирующих из находящихся на глубине скоплений углеводородов, что согласуется с результатами изотопного анализа.

Таким образом, несмотря на некоторые сдвиги и возросшее количество исследований по данной тематике, все еще есть множество нерешенных проблем, встающих перед исследователями при подсчете эмиссии метана почвами.

1. Различия в точной оценке типов землепользования и растительного покрова по-прежнему приводят к значительным погрешностям в подсчетах.

2. На сегодняшний день отсутствует общепринятая методическая база для определения интенсивности эмиссии метана почвами.

3. До конца не исследованы все факторы, влияющие на процессы эмиссии и потребления метана в почвенном покрове.

4. Эмиссия (и сток) метана из почв является результатом различных микробиологических процессов, которые, в свою очередь, зависят от факторов, определяющих рост и условия развития микроорганизмов. Поведение метана может меняться в зависимости от типа почвы, ее физико-химических показателей, температуры и влажности почвы, плотности, содержание органического вещества и т. д. К основным факторам, оказывающим влияние на интенсивность эмиссии метана из почв или его поглощения, можно отнести температуру и влажность почвенного покрова.

5. Водно-болотные угодья являются основным источником метана. Однако относительно небольшое распространение данных территорий на Земле компенсирует высокие уровни эмиссии метана. Вместе с тем автоморфные почвы за счет широкого распространения на Земле, с одной стороны, вносят значительный вклад в эмиссию метана, с другой, при определенных условиях, обладают уникальной способностью поглощения метана (с образованием  $CO_2$ ). Среди автоморфных почв максимальные концентрации метана характерны для аллювиальных лугово-черноземных почв, минимальные зафиксированы в темно-каштановых и каштановых почвах, а также в солончаках. В задернованных почвах, по сравнению с распашанными, установлен более высокий уровень содержания газа.

6. Объединение и обобщение данных исследований по различным типам почв могут пролить свет на вклад почв в глобальную эмиссию метана. Исследования за распределением концентраций и потоков метана необходимо проводить на локальном и региональном уровнях, объединив их в систему глобального мониторинга.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029)*

## Список литературы

1. Бажин Н. М. Метан в атмосфере / Н. М. Бажин // Соровский образовательный журнал. – 2000. – Вып. 6(3). С.52-57
2. Глаголев М. В., Сабреков А. Ф. Ответ А. В. Смагину: II. Углеродный баланс России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2014. Т. 5. № 2. С. 50-70.
3. Глаголев М. В., Сабреков А. Ф., Казанцев В. С. Физикохимия и биология торфа. Методы измерения газообмена на границе почва-атмосфера. Томск: Изд-во ТГПУ.2010.104 С.
4. Глаголев М. В., Шнырев Н. А. Динамика летне-осенней эмиссии  $\text{CH}_4$  естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вестник МГУ. Серия 17: Почвоведение.2007. №1. С. 8-14.
5. Глаголев М. В., Чистотин М. В., Шнырев Н. А., Сиринов А. А. Летне-осенняя эмиссия диоксида углерода метана осушенными торфяниками, измененными при хозяйственном использовании, и естественными болотами (на примере участка Томской области) // Агробиохимия.2008. № 5. С. 46-58.
6. Гальченко В. Ф., Дулов Л. Е., Крамер Б., Конова Н. И., Барышева С. В. Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири // Микробиология.2008. Т. 70. № 2. С. 215-225.
7. Десятков Б. М., Бородулин А. И., Махов Г. А., Котлярова С. С., Сарманаев С. Р. Оценка эмиссии болотного метана по его концентрации в приземном слое атмосферы // Метеорология и гидрология.1998. № 8. С. 67-73.
8. Минько О. И. Генерация углеводородного газа почвенным покровом планеты // Геохимия.1996. № 1. С. 3-14.
9. Новиков Н. Н., Степанов А. Л., Поздняков А. И., Лебедева Е. В. Сезонная динамика эмиссии  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}$  из торфяных почв поймы р. Яхромы // Почвоведение.2007. № 7. С. 867-874.
10. Пучков Л. А., Сластинов С. В., Коликов К. С. Извлечение метана из угольных пластов – Москва: Московский государственный горный университет, 2002.
11. Степанов А. Л., Манучарова Н. А. Образование и поглощение парниковых газов в почвенных агрегатах. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 82 с.
12. Сергеева М. А., Задорожная С. В. Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Сборник материалов Пятой научной школы (11-14 сентября 2006 г.). Томск: Издательство ЦНТИ. С. 238-244.
13. Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О. Метан в водных экосистемах: 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-н/Д – М.: ЗАО “Ростиздат”.2005. 330 с.
14. Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А., Тамбиева Н. С. Эмиссия метана из почв Ростовской области © 2011 г. Аридные экосистемы, 2011, том 17, № 4 (49), С. 44-52.
15. Гарькуша Д. Н., Фёдоров Ю. А. Глобальная эмиссия метана геологическими источниками. Международный Научно – исследовательский журнал. С. 37-51 Выпуск: № 3 (81).
16. Ambus, P., Christensen, D., 1995. Spatial and seasonal nitrous oxide and methane fluxes in Danish forest-, grassland-, and agroecosystems. J. Environ. Qual. 25,993–1001.

17. Bartlett K.B., Crill P.M., Sass R.L., Harriss R.C., Dise N.B. 1992. Methane emissions from tundra environments in the Yukon-Kuskokwim Delta Alaska // *Journal of Geophysical Research D*. Vol. 97. № 15. P.16645-16660.
18. Conrad R. Contribution of hydrogen to methane production and control of hydrogen concentrations in methanogenic soils and sediments // *FEMS Microbiology Ecology*, 1999. – Vol. 28, № 3. – P. 193–202.
19. Dalal, R.C., Allen, D.E., 2008. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems. Turner review no. 18, *Australian. J. Bot.* 56, 369–407.
20. Ehhalt D.H. The atmospheric cycle of methane. *Tellus*, V. 26. № 1-2, 1974. P. 58-70
21. Fan S.M., Wofsy S.C., Bakwin P.S., Jacob D.J., Anderson S.M., Keibain P.L., McManus J.B., Kolb C.E. 1992. Micrometeorological measurements of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> exchange between the atmosphere and subarctic tundra // *Journal of Geophysical Research D*. Vol. 97. № 15. P. 16627-16643.
22. Fedorov Yu. A., D. N. Gar'kusha & G. V. Shipkova. Methane emission from peat deposits of raised bogs in Pskov oblast // *Geography and Natural Resources*, volume 36, pages 70–78 (2015).
23. Garkusha D.N., Sukhorukov V.V. (2019),. Methane Emissions by Reed Formations on the Azov Sea Coast. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 19 (4), 286 – 295. <https://doi.org/10/3844/ojbsci.2019.286.295>.
24. Hanson R.S., Hanson T.E. Methanotrophic bacteria // *Microbiological reviews*, 1996. – Vol. 60, № 2. – P. 439–471.
25. IPCC, 2013. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Eds. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner et al. – Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Press C.U., 2013. – 1535 p.
26. IPCC, 2007. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
27. Luo, G.J., Brüggemann, N., Wolf, B., Gasche, R., Grote, R., Butterbach-Bahl, K., 2012. Decadal variability of soil CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> fluxes at the Höglwald forest, Germany. *Biogeoscience* 9, 1741–1763.
28. Pattey, E., Edwards, G.C., Desjardins, R.L., Pennock, D.J., Smith, W., Grant, B., MacPherson, J.I., 2007. Tools for quantifying N<sub>2</sub>O emissions from agroecosystems. *Agric. For. Meteorol.* 142 (2–4), 103– 119.
29. Peters V., Conrad R. Methanogenic and other strictly anaerobic bacteria in desert soil and other oxic soils // *Applied and environmental microbiology*, 1995. – Vol. 61, № 4. – P. 1673–1676.
30. Roulet N.T., Ash R., Moor T.R. 1992. Low Boreal Wetlands as a Source of Atmospheric Methane // *Journal of Geophysical Research D*. Vol. 97. № 4. P. 3739-3749.
31. Smith, K.A., Dobbie, K.E., Ball, B.C., Bakken, L.R., Sitala, B.K., Hansen, S., Brumme, R., Borken, W., Christensen, S., Prieme, A., Fowler, D., Macdonald, J.A., Skiba, U., Klemetsson, L., Kasimir-Klemetsson, A., Degorska, A., Orlanski, P., 2000. Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. *Glob. Change Biol.* 6, 793–803.

32. Smith K.A., McTaggart P., Tsuruta H. (1997) Emissions of N<sub>2</sub>O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation. *Soil Use Manage.*, 13, pp. 296-304;

33. Smith K.A., Thomson P.E., Clayton H., McTaggart P., Conen F. (1998a) Effects of temperature, water content and nitrogen fertilisation on emissions of nitrous oxide by soils. *Atmosph. Environ.*, 32, pp. 3301-3309;

34. Sheppard J.C. Westbergh H.H., Hopper J.F., Ganeson K., Zimmerman P. Inventory of global methane sources and their producing rates // *J. Geophys. Res.*, 1982. V. 87. P.1305-1312.

## ЭКСТРАКЦИЯ ПОЛИАРЕНОВ ИЗ ХЕМОЗЕМА ВОДОЙ В СУБКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

Сушкова С. Н., Минкина Т. М., Дудникова Т. С., Антоненко Е. М., Барбашев А. И.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Южный федеральный университет»

г. Ростов-на-Дону

terra\_rossa@mail.ru

## EXTRACTION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM SOILS BY WATER IN A SUBCRITICAL STATE

Sushkova S.N., Minkina T.M., Dudnikova T.S., Antonenko E.M., Barbashev A.I.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

"Southern Federal University"

Rostov-on-Don

**Аннотация.** Процесс экстракции опасных экотоксикантов – полициклических ароматических углеводородов усложнен использованием органических растворителей, требующих специальной утилизации по окончании анализа. Для усовершенствования анализа проведен опыт, в котором поллютанты извлекались из почвы водой в субкритическом состоянии при разных условиях температуры и давления. Установлены оптимальные параметры извлечения полиаренов из почв, построена трехмерная модель зависимости между изменением условий экстракции и степенью извлечения поллютантов.

**Ключевые слова:** полициклические ароматические углеводороды, загрязнение, условия экстракции, субкритическая вода.

**Abstract.** The process of extracting hazardous pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons, is complicated using organic solvents, which require special disposal at the end of the analysis. To improve the analysis, an experiment was carried out in which pollutants were extracted from soil with water in a subcritical state under different conditions of temperature and pressure. The optimal parameters of the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from soils were determined, and a three-dimensional model of the relationship between the change in the extraction conditions and the degree of extraction of pollutants was constructed.

**Keywords:** polycyclic aromatic hydrocarbons, benz(a)pyrene, extraction conditions, subcritical water.

**Введение.** Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – широко распространенные экотоксиканты, обладающие канцерогенной активностью [3]. Исследования содержания данных соединений в природных средах, в том числе почве, затруднено многими факторами, связанными с особыми условиями транспортировки и хранения образцов, а также с трудоемкостью процесса экстракции поллютантов методиками, основанными на применении зачастую небезопасных для здоровья исследователей, неполярных растворителей. К тому же использование таких экстрагентов увеличивает затраты на анализ и приводит к об-

разованию химических отходов, требующих специальной утилизации. В настоящее время, как в области аналитической химии, так и при некоторых технологических производственных процессах, требующих селективного растворения органических веществ, разрабатываются методы и приемы экстракции, основанные на использовании жидкостей в суб и сверхкритическом состоянии. При этом выбор условий экстракции (температура, давление, время экстракции), обуславливает степень извлечения искомого вещества из исследуемого субстрата [1, 4].

В качестве объекта исследования была выбрана почва наиболее загрязненного участка (хемозем), расположенного в пределах бывшего хранилища жидких промышленных стоков [6]. Гранулометрический состав почвы – тяжелосуглинистый (табл. 1). Следовательно, сорбционный потенциал данного субстрата по отношению к органическим поллютантам высокий, что потенциально является фактором, препятствующим естественной деструкции ПАУ. Отбор проб почвы проведен методом конверта на глубину 0-20 см.

Таблица 1

**Физические и химические свойства почвы**

Физ. глина, %	Ил, %	С орг	pH	CaCO <sub>3</sub> ,	ЕКО, мг-экв/100 гр
46,8	19,2	1,6	7,8	4,5	32,0

Определение оптимальных условий субкритической водной экстракции ПАУ проведено в динамических условиях с использованием авторской мобильной лабораторной установки (Патент RU 125490). Изучены следующие условия экстракции: при температурах 200, 250 и 300°C, давлении 50, 70 и 90 атм и скорости подачи экстрагента 1,0 мл/мин. Предыдущие исследования извлечения полиаренов позволили установить оптимальное время экстракции – 20 минут [5]. Количественное определение ПАУ в экстрактах проводили на высокоэффективном гибридном масс-спектрометре на базе тройного квадруполя с линейной ионной ловушкой LC/MS/MS (3200 modelQTrap, ABSciex, Singapore, 2015) с ВЭЖХ системой с диодноматричным детектированием (Agilent Model 1260, США, 2015) [2]. Статистическая обработка полученных результатов выполнена в программе Statistica 10.

В ходе исследования определяли суммарное содержание ПАУ в образце почвы состоящее из таких соединений как: нафталин, бифенил, флуорен, фенантрен, антрацен, аценафтен, аценафтилен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(к)флуорантен, бенз(б)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,h)антрацен, бенз(g,h,i)перилен.

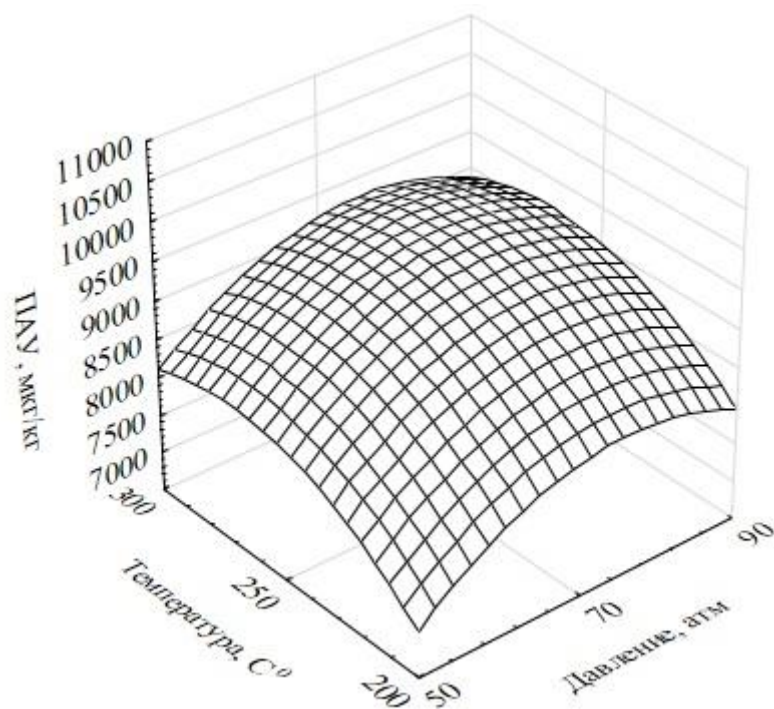
Результаты. Установлено, что при температуре 250°C и давлении 70 атм извлечение ПАУ составило 10472 мкг/кг. В условиях 250°C уменьшение давления до 50 атм приводит снижению степени извлечения поллютантов на 27%, а увеличение до 90 атм – на 18%. При снижении температуры до 200°C степень извлечения уменьшается на 22,0 – 29,7 %, при увеличении температуры до 300 также наблюдалось снижение степени извлечения на 12,2 – 19,1% (табл. 2).

На основании полученных результатов составлена трехмерная модель зависимости содержания ПАУ в экстракте от условий их извлечения (рис. 1). Аппроксимация модели выполнена полиномом второго порядка по методу квадратичного сглаживания согласно формуле:

$$z = -18609.9 + 272.3x + 132.0 * y - 1.8x * x - 0.02x * y - 0.2y * y$$

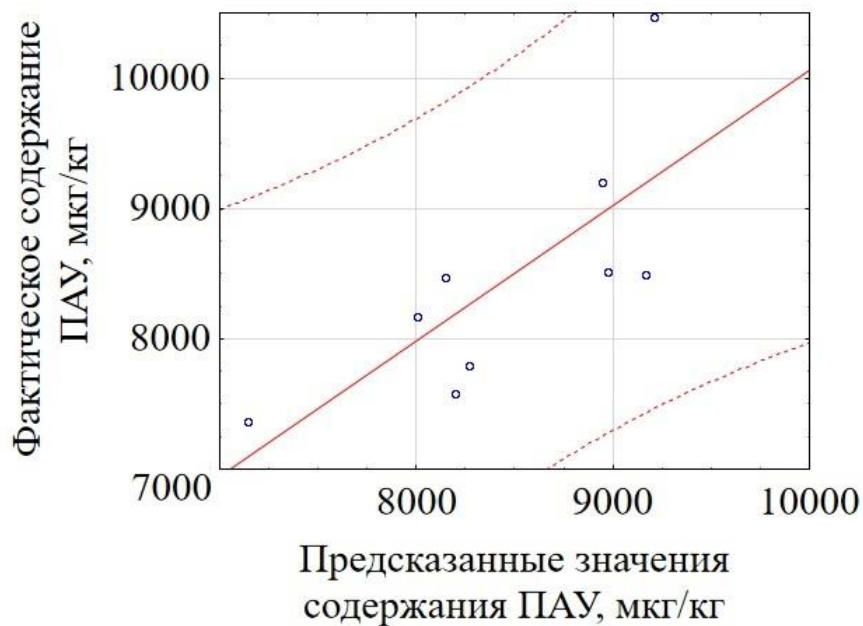
где z – суммарное содержание ПАУ (мкг/г), x – температура (С°), y – давление (атм)





**Рис. 1.** Влияние условий экстракции на степень извлечения ПАУ из почв

В целом, фактически полученные результаты и предсказанная в модель степени извлечения не имеют статистически значимых различий, что свидетельствует о качестве полученной модели. Достоверность различий проверена t-тестом при  $p$ -уровне  $< 0,05$  (табл. 2). Выявлена линейная зависимость между фактическими и предсказанными значениями, где коэффициент детерминации ( $R^2$ ) соответствовал 0,6 при  $p$ -уровне  $< 0,02$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Линейная зависимость между фактическими и предсказанными значениями содержания ПАУ в почве

**Фактическая и предсказанная степень извлечение ПАУ**

Давление, атм	Температура, °С	Содержание ПАУ, мкг/кг	
		Фактическое	Предсказанное
50	200	7363 ± 295	7143 ± 248
70		7797 ± 312	8270 ± 303
90		8168 ± 335	8002 ± 277
50	250	7580 ± 254	8199 ± 371
70		10472 ± 375	9206 ± 409
90		8513 ± 349	8975 ± 396
50	300	8472 ± 185	8147 ± 270
70		8496 ± 294	9169 ± 449
90		9197 ± 377	8946 ± 310

**Выводы.** Выявлена зависимость между условиями проведения экстракции и степенью извлечения поллютантов из хемозема. С увеличением давления с 50 до 70 атм выход ПАУ из пробы повышался. Дальнейшее повышение температуры экстракции до 300 °С, как и давления до 90 атм, более низкий выход полиаренов при данных условиях экстракции может быть обусловлен повышением реакционной способности воды и переходом ее в сверхкритическое состояние, что способствовало полному разложению органических ПАУ.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФ 19-74-10046

## Список литературы

1. Avino P., Russo M. V. A comprehensive review of analytical methods for determining persistent organic pollutants in air, soil, water and waste // *Current Organic Chemistry*. – 2018. – Vol. 22(10). – P. 939-953.
2. ISO 13877-2005, 2005. Soil quality – Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons – Method Using High-performance Liquid Chromatography.
3. Kuppusamy S., Thavamani P., Venkateswarlu K., Lee Y. B., Naidu R., Megharaj, M. Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions // *Chemosphere*. – 2017. – Vol.168. – P. 944-968.
4. Ramos-Contreras C., Concha-Graña E., López-Mahía P., Molina-Pérez F., Muniategui-Lorenzo S. Determination of atmospheric particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons using subcritical water extraction coupled with membrane microextraction // *Journal of Chromatography A*. – 2019. – Vol. 16(6). – P. 146-166.
5. Sushkova S. N., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Vasilyeva G.K., Borisenko N.I., Turina I. G., Kızılkaya, R. New alternative method of benzo [a] pyrene extraction from soils and its application in soil under technogenic pressure // *Journal of soils and sediments*. Vol. 16(4). P. 1323-1329.
6. Sushkova S., Minkina T., Tarigholizadehb S., Antonenko E., Konstantinova E., Gülser C., Dudnikova T., Barbashev A., Kızılkaya R. PAHs accumulation in soil-plant system of *Phragmites australis* Cav. in soil under long-term chemical contamination // *Eurasian journal of Soil Science*. – 2020. – Vol 9(3). – P. 242-253

## ФТОРИДЫ В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ И РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Тамбиева Н. С., Котова В. Е.  
ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону  
Valentina.E.Kotova@gmail.com

## FLUORIDES IN DRINKING WATER OF ROSTOV-ON-DON AND ROSTOV REGION

Tambieva N.S., Kotova V.E.  
FSBI «Hydrochemical Institute», Rostov-on-Don  
Valentina.E.Kotova@gmail.com

**Аннотация.** Фотометрическим и потенциометрическим методами определены концентрации фторидов в питьевых водах Ростовской области: водопроводной, подземных источников, скважинах, колодцах, бутилированных водах.

**Ключевые слова:** фториды, питьевая вода, фотометрия, потенциометрия

**Abstract.** Fluoride concentrations were determined by photometric and potentiometric methods in different types of drinking water of Rostov region: tap, underground, wells, bottled water.

**Keywords:** fluoride, drinking water, photometric and potentiometric methods

Фтор – один из важнейших микроэлементов с ярко выраженными физиологическими функциями, влияющий на здоровья человека. Основное количество фтора в организм поступает с питьевой водой, поэтому недостаток или избыток в ней фтора оказывает на него негативное воздействие: при низкой концентрации фтора (< 0,1-0,2 мг/л) возникает кариес зубов, плохо растут кости, волосы, ногти; при избыточном (> 2 мг/л) – флюороз зубов и скелета. При более высоких дозах фтор очень токсичен и может поражать печень, сердечную мышцу, щитовидную железу, почки, нервную систему, нарушать фосфорно-кальциевый обмен.

Содержание фторидов подлежит контролю и нормируется в природных и питьевых водах. Только для фтора введен новый принцип нормирования химических веществ в воде: определять норму не только для предельно-допустимой концентрации (ПДК), но и для оптимальной, а также минимальной концентрации (табл. 1). ПДК фторидов в питьевых водах неодинаковы для различных климатических районов (табл. 2).

Цель работы – определить концентрацию фторидов в источнике водоснабжения (р. Дон), в водопроводной воде г. Ростов-на-Дону и Ростовской области, а также в водах, которые являются действующими и потенциальными источниками водоснабжения.

*Таблица 1*

### Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости, концентрация фторидов, мг/л [1]

Нормативы физиологической полноценности воды	Нормативы качества		
	I категория	Высшая категория	
		Питьевая вода	Вода для детского питания
0,1-1,5	1,5	0,6-1,2	0,6-0,7

**Предельно-допустимые концентрации фторидов в водах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по климатическим районам [1]**

Климатические районы	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Класс опасности
I (районы ниже Полярного круга: Северная Сибирь, Якутия)	1,5	2
II (области Сибири и Дальнего Востока)	1,5	2
III (Приморский край, области на западе и северо-западе страны)	1,2	2
IV (Краснодарский, Ставропольский край, Ростовская область, Дагестан, Ингушетия, Крым)	0,7	2

Массовую концентрацию фторидов определяли чувствительным фотометрическим методом с лантан-ализаринкомплексом в присутствии ацетона и потенциометрическим методом с трилоном Б [4, 5].

Водопроводная вода. Многолетние наблюдения (2016-2020 гг.) за содержанием фтора в источнике водоснабжения р. Дон и одновременно в питьевой водопроводной воде в г. Ростов-на-Дону показали, что уровень концентрации фтора в водопроводной воде и воде водоисточника практически одинаков (табл. 3), что отмечают и другие авторы [6]. За 5 лет наблюдений концентрации фторидов в водопроводной воде не опускались ниже 0,3 мг/л и не поднимались выше 0,4 мг/л. Наибольшие из них наблюдались в январе-марте (0,334-0,370 мг/л), что связано с повышенным влиянием в эти месяцы грунтовых вод на водоисточник.

Таблица 3

**Сравнение концентрации фторидов в питьевой водопроводной воде г. Ростов-на-Дону и источнике водоснабжения р. Дон (по многолетним наблюдениям)**

Дата отбора	Концентрация фторидов, мг/л		Дата отбора	Концентрация фторидов, мг/л	
	р. Дон	Водопроводная вода		р. Дон	Водопроводная вода
17.05.2016	0,315	0,312	31.01.2018	0,353	0,349
09.06.2016	0,321	0,324	01.02.2018	0,370	0,368
27.07.2016	0,320	0,305	26.03.2018	0,335	0,339
15.12.2016	0,309	0,308	29.05.2018	0,317	0,314
18.01.2017	0,329	0,334	30.07.2018	0,311	0,314
18.07.2017	0,336	0,318	12.02.2020	0,334	0,340
27.12.2017	0,333	0,318	20.02.2020	0,341	0,337

Близки по содержанию фторидов и исследованные водопроводные воды других городов Ростовской области (табл. 4). В городах Азов и Шахты концентрация фторидов немного ниже 0,3 мг/л, но в среднем составляет 0,345 мг/л. По мнению Перельмана А. И. [3] ландшафты с сухим климатом, куда относится и Ростовская область, как правило, хорошо обеспечены фтором, что связано с испарительной концентрацией фтора: его содержание в реках повышается до 0,350 мг/л и хорошо согласуется с нашими данными.

По градации климатического районирования содержание фторидов в питьевых водопроводных водах области близки к оптимальным значениям: не превышают ПДК (0,7 мг/л) и не имеют низких значений (< 0,1-0,2 мг/л).

Однако, низкое качество воды р. Дон в связи с хронической нагрузкой обуславливает и низкое качество водопроводной воды по многим другим показателям (нефтепродукты,

нитритный азот, легкоокисляемые вещества, медь). Водопроводную воду не рекомендуется употреблять без дополнительной очистки.

Таблица 4

**Концентрация фторидов в питьевой водопроводной и бутилированных водах  
Ростовской области**

Водопроводная вода		Бутилированные воды	
Населенный пункт	Концентрация фторидов, мг/л	Торговая марка	Концентрация фторидов, мг/л
г. Аксай	0,361	Элитная	0,105
г. Азов	0,295	Аксинья	0,321
г. Батайск	0,348	Серебряная	0,080
г. Белая Калитва	0,324	Ice Cube	0,091
г. Каменск Шахтинский	0,356	Дончанка	0,040
г. Красный Сулин	0,426	Казачий родник	0,041
г. Новочеркасск	0,369	AQUA Vera	0,050
г. Ростов-на-Дону	0,367	Иверская	0,028
г. Шахты	0,288	Калитвенская	0,047
		Ключевая	< 0,01

Бутилированная вода. В связи с дефицитом качественной водопроводной воды с 90х гг. в г. Ростов-на-Дону зародился рынок коммерческой бутилированной воды, обеспечивающей питьевой водой область.

В результате появилось 4 альтернативных р. Дон источника: скважина на ул. Вавилова (90 м, «Аква-Дон»), скважина «Аксинья», находящаяся в окрестностях аэровокзала (85 м, «Аква-Дон»), скважина в пос. Матвеев Курган (70 м, «Чистая вода»), скважина в г. Аксай, поставляющая бутилированную воду «Аксу» (90 м).

В таблице 4 представлены концентрации фторидов в исследованных бутилированных водах. Вода торговых марок «Аксинья» (0,105 мг/л) и «Элитная» (0,321 мг/л) соответствуют нормативу физиологической полноценности воды (табл. 1) и пригодны для постоянного употребления. Концентрации фторидов в остальных водах менее 0,1 мг/л, постоянное употребление такой воды может способствовать усилению кариеса и вымыванию фторидов из организма.

Фильтрованная вода. В качестве сырья для производства бутилированной воды зачастую применяют водопроводную воду, которую дополнительно очищают и затем искусственно обогащают солями и минералами. Для целей очистки применяют метод обратного осмоса, при этом фториды полностью удаляются из воды, как например, в воде «Ключевая» (табл. 4). Фильтры на основе активированного угля очищают воду и не задерживают фториды. При пропускании водопроводной воды через угольные фильтры «Аквафор» и «Барьер» изменение концентраций фторидов не выявлено: концентрации фторидов 0,370 и 0,362 мг/л до и после фильтрования через «Аквафор»; концентрации фторидов 0,345 и 0,343 мг/л до и после фильтрования через «Барьер».

Подземные воды. С конца XX в. в г. Ростов-на-Дону наблюдается высокий уровень грунтовых вод общей площадью более 500 га [2]. В его основе стоят большие потери на протяжении десятилетий водопроводных и канализационных вод сетей водоканала за счет износа труб. В связи с этим наземные родники, источники, колодезные воды области могут

изобилуют опасными для здоровья загрязняющими веществами и быть непригодны для употребления в пищу.

Таблица 5

**Концентрации фторидов в грунтовых и подземных водах**

Колодцы		Скважины		Источники	
Место отбора	Концентрация фторидов, мг/л	Место отбора	Концентрация фторидов, мг/л	Место отбора	Концентрация фторидов, мг/л
г. Ростов-на-Дону (сады)	0,608	ст. Хомутовская	0,201	Сурб-Хач	0,357
х. Красный	0,197	пос. Чистоозерный	0,084	Морской Чулек	0,516
ст. Багаевская	0,266	г. Батайск	0,595	Ботанический сад	0,499
г. Зерноград	0,927	г. Батайск (сады)	0,798	Ростовский	0,474
		х. Богданов	0,100		

В таблице 5 представлены результаты определения концентраций фторидов в различных колодцах, скважинах и источниках. Превышение ПДК обнаружено для колодца г. Зерноград и скважины г. Батайск (сады), а в скважине пос. Чистоозерный концентрация фторидов не отвечает нормативу физиологической полноценности воды (табл. 1).

Обеспечение Ростовской области пригодной для употребления в пищу водой может быть осуществлено путем дополнительной очистки воды и использования воды из природных скважин северных районов области.

Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В ред. Дополнений и изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 № 75, Постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 № 77, Изменений № 2, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 49, Постановлений Главного государственного санитарного врача РФ от 30.08.2016 № 147, от 13.07.2017 № 97. Зарегистрировано в Минюсте России 19 мая 2003 г. № 4550.

2. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2012–2016 гг.: экол. вестн. Дона. Ростов-на-Дону, 2013–2017 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/state-of-the-environment/ekologicheskij-vestnik/>.

3. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Географгиз, 1961. 496 с.

4. РД 52.24.533-2017. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика измерений фотометрическим методом с лантан-ализаринкомплексом в присутствии ацетона. Ростов н/Д, 2017. 23 с.

5. РД 52.24.360-2008. Массовая концентрация в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом. Ростов н/Д, 2008. 22 с.

6. Руководство по контролю качества питьевой воды. Том 2.; под ред. Королевой К. Г., пер. с англ. Сутокской И. В. Женева: ВОЗ. 1987. 325 с.

**ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И СПОСОБЫ ЕГО  
УЛУЧШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Тарадин С. А., Нежинская Е. Н., Мищенко А. В.  
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, пос. Рассвет  
e-mail: taradinserj@mail.ru

**WATER REGIME OF COMMON CHERNOZEM AND WAYS TO IMPROVE IT IN  
SUNFLOWER CULTIVATION**

Taradin S.A., Nezhinskaya E.N., Mishchenko A.V.  
Rostov Federal Agrarian Research Center, Rassvet settl.  
e-mail: taradinserj@mail.ru

**Аннотация.** Исследования были проведены в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Ростовской области в 2012-2015 гг. Опыт расположен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5-4° юго-восточной экспозиции. Установлено, что применение чизельной обработки почвы при возделывании подсолнечника на склонах позволяет существенно сократить или приостановить эрозионные процессы, сократить смыв почвы на 39-41 %, а сток – на 11-14 %, при этом запас воды в снеге увеличивался на 8-23 %, а содержание доступной влаги в почве на 9,3-12,4 %.

**Ключевые слова:** продуктивная влага, сток, смыв, подсолнечник, запас воды в снеге.

**Abstract.** The research was conducted in a multi-factor stationary experiment located on the slope of the Bolshoy Log beam in the Rostov region in 2012-2015. The experiment is located in the system of contour and landscape organization of the territory of the slope with a steepness of up to 3.5-4 meters of the South-Eastern exposure. It was found that the use of chisel tillage for sunflower cultivation on slopes can significantly reduce or suspend erosion processes, reduce soil washout by 39-41%, and runoff by 11-14%, while the water supply in the snow increased by 8-23 %, and the content of available moisture in the soil by 9.3-12.4 %.

**Keywords:** productive moisture, runoff, flush, sunflower, water supply in snow.

В засушливых условиях Ростовской области одним из главных лимитирующих факторов, определяющих величину и качество урожая подсолнечника, является влага [8]. На землях, подверженных эрозии, это особо актуально. При возделывании культур на эрозионно-опасных склонах влага расходуется не только на транспирацию растений и испарение, но и на поверхностный сток [2,9].

Причина низких урожаев подсолнечника, на эрозионно-опасных землях – недостаточно благоприятные условия роста и развития растений, обусловленные потерей влаги на склонах в период вегетации, а также недостаточная научная разработка ключевых элементов технологий возделывания данной культуры в условиях эрозионно-опасного ландшафта [4]. Снижение влагообеспеченности подсолнечника обусловлено влиянием ряда факторов: последствием стока талых и ливневых вод; показателями водно-физических свойств почвы; особенностями перераспределения элементов водного баланса подсолнечника в течение вегетации культуры [3,10].

Естественная влагозарядка происходит, в основном, в холодный период года, так как в летний период осадки имеют ливневый характер и в большей степени теряются в виде поверхностного стока и испарения [1,5].

В связи с этим комплекс проводимых агротехнических мероприятий должен быть направлен на накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги.

Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области в 2012-2015 гг. Стационар находится в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5-4° юго-восточной экспозиции.

Опытные исследования представлены в двух севооборотах, отличающихся различным соотношением чистого пара и многолетних трав. Предшественник подсолнечника в обоих севооборотах – озимая пшеница.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый, на лессовидном суглинке. Мощность Аmax=25-30 см, А+Б – от 40 до 90 см – в зависимости от степени смытости. Порозность пахотного горизонта – 61,5 %, подпахотного – 54 %.

Система обработки почв: чизельная (Ч) – осуществлялась чизельным плугом ПЧ-2,5 на глубину 23-25 см; комбинированная (К) – комбинированным почвообрабатывающим агрегатом АКВ-4 на максимально возможную глубину (14-15 см); отвальная (О) (вспашка) – проводилась плугом ПН-4-35 на глубину 23-25 см; поверхностная (П) – дискаторами любых модификаций на максимально возможную глубину 14-15 см.

Продуктивную влагу определяли в слое 0-150 см. термостатно-весовым методом. Математическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (2011) с использованием персонального компьютера [6]. Определение смыва и размыва почвы проводили измерением объема водоройн по методу В. Н. Дьякова [7].

Различные способы основной обработки почвы оказывали влияние на изменение содержания влаги под посевами подсолнечника. Количество доступной влаги в вариантах с глубокими способами обработками почвы при посеве было больше, чем в вариантах с мелкими способами обработками. Чизельная обработка накапливала к моменту посева влаги больше, чем отвальная, но разница была не существенной (1-3 %). В вариантах с поверхностными обработками почвы содержание доступной влаги в почве было ниже на 9,3-12,4 % по сравнению с чизельной (таблица 1).

Таблица 1

**Запас влаги под посевами подсолнечника в зависимости от способа обработки**

**ПОЧВЫ, мм.**

Срок наблюдения	Севооборот							
	«А»				«Б»			
	Ч	К	П	О	Ч	К	П	О
Посев	217,8	196,3	197,5	214,6	228,1	205	199,6	220,3
Полная спелость	69,9	60,7	62,3	68,1	70,5	62,8	62,2	65,3

В фазу полной спелости запас продуктивной влаги сократился в 3-3,5 раза. Влага расходовалась на создание продукции и частично с испарением. Динамика ее распределения сохранилась аналогично посеву. При фазе полной спелости глубокие обработки сохраняли влаги больше чем поверхностные на 4-11 %.



Одна из задач основной обработки почвы состоит в накоплении и сохранении доступной влаги. Поэтому важной задачей земледелия является предотвращение потерь при снеготаянии. Большую роль в накоплении снега играет гребнистость почвы. За счет гребнистости увеличивается площадь поверхности почвы, что позволяет аккумулировать большее количество влаги, а также более успешно противостоять эрозионным процессам. В зависимости от способа обработки почвы меняется коэффициент гребнистости (таблица 2).

Максимальный коэффициент гребнистости в обоих севооборотах отмечен на варианте с отвальной обработкой почвы – 14,2-15,0 %, что в среднем в 1,5-1,8 раза выше, чем на вариантах с безотвальными обработками.

Таблица 2

**Гребнистость почвы, высота снегового покрова и запас воды в снеге в зависимости от способа основной обработки почвы.**

Севооборот	Способ обработки почвы	Гребнистость, %	Высота снегового покрова, см	Плотность снега, г/см <sup>3</sup>	Запас воды в снеге, т/га
А	Ч	7,9	24,5	0,25	611,3
	К	9,0	22,5	0,24	549,1
	П	8,6	23,9	0,24	586,1
	О	14,2	18,9	0,21	411,0
Б	Ч	8,2	22,6	0,27	600,9
	К	9,4	20,3	0,24	490,1
	П	10,3	20,5	0,26	546,5
	О	15,0	18,5	0,22	432,5

Важную роль в накоплении почвенной влаги играет высота и плотность снежного покрова. Наибольшая высота снегового покрова отмечена в обоих севооборотах на варианте чизельной обработкой почвы (24,5 см в севообороте «А» и 22,6 см в севообороте «Б»). Использование других обработок привело к снижению высоты снежного покрова на 8-23 %. Соответственно и запас воды в снеге был наибольшим на вариантах с чизельной обработкой почвы, составив 611,3 и 600,9 т/га. На вариантах с поверхностными обработками почвы запас воды в снеге в севообороте «А» был выше на 33,6-42,6 %, а в севообороте «Б» – на 13,3-26,4 % по сравнению с отвальной обработкой.

В целом, сравнивая данные, полученные на вариантах основной обработки, следует отметить, что после отвальной вспашки отмечались наименьшие высота снежного покрова и запасы воды в снеге. Чизельная, комбинированная и поверхностные обработки почвы осуществляются без оборота пласта, и большая часть стерни остается на поверхности поля. При перераспределении снега он задерживается на вариантах с безотвальными обработками почвы, тогда как гребни отвальной вспашки не способны задерживать большую часть снега.

При переходе весенних температур через 0°С начинается интенсивное снеготаяние и формируется сток талых вод. Поверхностный сток за период исследований наблюдался на опытных участках в период интенсивного снеготаяния (таблица 3). Наибольший сток талых вод был выявлен на вариантах с отвальной обработкой (22,4-22,5 м<sup>3</sup>/га) в обоих севооборотах. Наименьший сток талых вод был зафиксирован на варианте с чизельной обработкой (19,9 и 19,2 м<sup>3</sup>/га). На вариантах с поверхностными обработками сток талых вод составлял 21,1-23,3 м<sup>3</sup>/га.

Сток и смыв почвы в зависимости от способа обработки почвы

Севооборот	Способ обработки почвы	Сток, м <sup>3</sup> /га	Смыв, т/га
А	Ч	19,9	2,6
	К	21,1	3,4
	П	21,8	3,6
	О	22,5	4,3
Б	Ч	19,2	2,4
	К	23,2	3,5
	П	23,3	3,6
	О	22,4	4,1

Со стоком воды смывается плодородный слой почвы. Известно, что предельно-допустимые нормы смыва почвы на черноземах обыкновенных приазовской зоны Ростовской области не должны превышать 3,0-3,5 т/га. Как следует из приведенных данных, наибольший смыв почвы отмечался после отвальной обработки, составив в севообороте «А» – 4,3 т/га, севообороте «Б» – 4,1 т/га. Таким образом, смыв почвы при использовании отвальной обработки превышает предельно допустимые нормы в указанных севооборотах на 16,3-39,5 и 12,2-41,5 %. Аналогичные превышения при поверхностных обработках имели минимальные значения. Смыв почвы на варианте с чизельной обработкой почвы составлял 2,4-2,6 т/га. Применение чизельной обработки почвы позволило сократить смыв почвы в севообороте «А» на 13,3-25,7 %, севообороте «Б» – на 20,0-31,4 % от предельно-допустимой нормы. В ходе исследований для оценки влияния поверхностного стока на смыв почвы был проведен корреляционный анализ, который установил тесную взаимосвязь между этими величинами ( $r=0,82$ ).

В системе почвозащитных мероприятий одним из важных элементов является противоэрозионная организация территории на основе контурно-полосного размещения культур и агрофонов. Сущность данного приема заключается в том, что поле занято не одной культурой, а двумя, и их размещают не сплошными массивами, а чередуют между собой отдельными лентами-полосами шириной от 50 до 100 м, в зависимости от крутизны склона. Чередование культур и агрофонов проводится так, чтобы в полосах сменяли друг друга рыхлая (зябь) и уплотненная (посевы озимых культур, многолетних трав) пашня.

Таким образом, в системе почвозащитного комплекса при возделывании подсолнечника на склонах крутизной до 3,5-4° предлагаются следующие мероприятия: контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов; специальные агротехнические приемы (бороздование, щелевание); полезащитные и стокорегулирующие лесные полосы, усиленные валами-канавами. Противоэрозионные гидротехнические сооружения проектируются в том случае, если остальные элементы почвозащитной системы не в состоянии предотвратить развитие эрозионных процессов на пашне. На пахотных склоновых землях они выполняют вспомогательную роль по предотвращению концентрации стока и задержанию временных потоков талых и ливневых вод. Применение чизельной обработки почвы на склонах при возделывании подсолнечника позволяет существенно сократить или приостановить эрозионные процессы, сократить смыв почвы на 39-41 %, а сток – на 11-14 %, при этом запас в снеге увеличивается на 8-23 %, содержание доступной влаги в почве на – 9,3-12,4 %.

## Список литературы

1. Валиев А. Р., Матяшин Ю. И., Сафин Р. И. Агротехническая оценка нового способа безотвальной обработки эрозионно-опасных почв // Достижения науки и техники АПК. – 2010. - № 9. – С. 56-58.
2. Гаевая Э. А. Влияние способов обработки почвы на водно-физические свойства и урожайность ярового ячменя при возделывании на склоновых землях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. - № 3 (31). – С. 132-147.
3. Гаевая Э. А., Мищенко А. Е., Кисс Н. Н., Васильченко А. П., Тарадин С. А., Кузнецов Ю. Г., Полиенко Е. А. Обоснование некоторых элементов технологии возделывания гороха посевного на склоновых землях // Земледелие. – 2016. - № 6. – С. 39-42.
4. Гаевая Э. А., Сафонова И. В. Продуктивность севооборотов на эрозионноопасных склонах Ростовской области // Зерновое хозяйство России. – 2014. - № 3. – С. 51-55.
5. Громов А. А. Давлятов И. Я. Эффективность различных технологий при возделывании подсолнечника в северной зоне Оренбургской области // Известия ОГАУ. – 2005. – №3. – С. 126-128.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник: Монография / Б. А. Доспехов 6-е изд. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
7. Дьяков В. Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водоройнам / В. Н. Дьяков // Почвоведение. – 1984. – № 3. – С. 146 – 148.
8. Листопадов И. Н., Гаевая Э. А., Габунов А. Ю., Мищенко А. Е. Влага и корневая система озимой пшеницы в севообороте // Земледелие. – 2009. - № 5. – С. 34-36.
9. Мищенко А. Е., Кисс Н. Н., Гаевая Э. А., Васильченко А. П., Мищенко А. В. Почвозащитные мероприятия при возделывании полевых культур в системе контурно-полосной организации эрозионно опасного склона // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. - № 2. – С. 49-53.
10. Полуэктов Е. В., Луганцев Е. П. Почвозащитные системы в ландшафтном земледелии /- Изд-во СКНЦ ВШ, Ростов н/Д, 2005. – 208 с.

**АККУМУЛЯЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В  
АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ**

Тихомиров О. А.

Тверской государственный университет, Тверь,  
tikhomirova@mail.ru

**ACCUMULATION OF ORGANIC AND MINERAL SUBSTANCES IN AQUAL  
COMPLEXES OF RESERVOIRS OF THE UPPER VOLGA**

Tikhomirov O. A.

Tver State University, Tver, tikhomirova@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы накопления органических и минеральных веществ в аквальных комплексах водохранилищ Верхней Волги. Приводится оценка накопления тяжелых металлов в природных компонентах водохранилищ. Установлена дифференциация состава донных отложений и уровня их загрязнения в условиях различных аквальных комплексов.

**Ключевые слова:** аквальный комплекс, аккумуляция, органические вещества, тяжелые металлы, водохранилище

**Abstract:** The article deals with the accumulation of organic and mineral substances in the aquatic complexes of the reservoirs of the Upper Volga. The assessment of accumulation of heavy metals in natural components of reservoirs is given. There is a differentiation of bottom sediments and their level of contamination in conditions of various aqual complexes.

**Keywords:** aquatic complex, accumulation, organic substances, heavy metals, reservoir

Длительная история развития водохранилищ Верхней Волги привела к формированию сложной внутренней структуры аквальных комплексов. В процессе эксплуатации водохранилищ произошли глубокие изменения ландшафтной организации и экологического состояния природной среды. С этой точки зрения анализ антропогенных изменений природных компонентов и оценка экологического состояния аквальных комплексов равнинных водохранилищ Верхней Волги становится актуальной задачей.

Объектами полевых исследований послужили аквальные комплексы в пределах Верхневолжского, Иваньковского, Угличского и Рыбинского водохранилищ. Аквальные комплексы, созданных человеком водоемов, испытывают существенное антропогенное воздействие и выступают конечным звеном каскадных систем аккумулирующих вещество водосбора. Исследования [2008, 2011] позволили установить преобладающие природно-антропогенные ландшафтообразующие процессы (ускоренные: эрозия, абразия, аккумуляция биогенного и минерального вещества, зарастание, сплавинообразование, заболачивание и др.). Эти процессы привели к формированию в водохранилищах эрозионных, абразионно-аккумулятивных, сплавинно-аккумулятивных, макрофитно- и планктонно-аккумулятивных, нейтральных аквальных комплексов. В их пределах могут быть выделены соответствующие уровню аквафации: литокомплексы, псаммокомплексы, пелокомплексы, фитокомплексы, а также торфяные, торфяно-сплавинные и почвенные комплексы.

Химический анализ воды, донных отложений и растительности проводился в лабораториях Тверского государственного университета по общепринятым методикам. Анализ данных показал, что вода природно-антропогенных аквальных комплексов водохранилищ характеризуется, по сравнению с речными аквакомплексами природного типа, более высокими значениями содержания главных ионов, ионов металлов, органических веществ и существенно пониженным содержанием растворенного кислорода. Химический состав воды природно-антропогенных реолимнических аквакомплексов занимает промежуточное положение между озерными и речными ландшафтами.

В аквакомплексах защищенных заливов водохранилищ в летние периоды прослеживается четко выраженная дифференциация гидрохимических свойств водных масс. Воды фитопланктонных пелокомплексов характеризуются слабощелочной реакцией. В аквакомплексах сплавин рН колеблется от 6,3 до 8,4, в условиях сильного зарастания рН = 6,8 – 8,7. В педокомплексах умеренного и слабого зарастания рН увеличивается до 7,0 – 8,8 [2008,2011,2018]. В соответствии со степенью зарастания выражена дифференциация водных масс аквальных комплексов по физико-химическим свойствам, содержанию кислорода, биогенных элементов и др.

В пределах верхневолжских водохранилищ широко представлены аккумулятивные аквальные комплексы лимнического типа с фитофильными, пелофильными и почвенным биоценозами. Верхние части заливов заняты литоральными фитокомплексами различной степени зарастания, средние глубоководные части – педокомплексами. Макрофитная растительность – важный источник грунтообразующего материала, принимает активное участие в формировании химических свойств донных отложений и затопленных почв аквакомплексов водохранилищ. В условиях защищенных мелководий ежегодное отложение макрофитных остатков привело к накоплению на поверхности дна биогенно-аккумулятивных горизонтов, представленных грубым торфом и органическими илами. Эти отложения обогащены органическим веществом, гумусом, азотом, подвижными формами фосфора и калия. Наиболее богаты питательными элементами макрофитные отложения литоральных фитоаккумулятивных и илы пелоаккумулятивных профундальных комплексов.

Ландшафты водохранилищ Верхней Волги характеризуются активным процессом аккумуляции в донных отложениях и затопленных почвах N, P и K. Лабораторные анализы показали довольно высокое содержание гумуса (4,0 – 6,8%), общего азота (0,2 – 1,5%), подвижных форм фосфора и калия (соответственно: 6,5 – 45,0 и 3,5 – 11,0 мг на 100 г образца) в затопленных почвах и макрофитных илах педокомплексов Иваньковского водохранилища, что в большинстве случаев выше, чем в гумусовых горизонтах почв берега.

Парагенетический профиль, проложенный от вершин заливов по глубине, в соответствии со степенью зарастания и защищенностью от волнения, демонстрирует закономерное изменение свойств водных масс и донных отложений, сменяющих друг друга аквальных комплексов. Донные отложения аквакомплексов верховьев заливов содержат существенно больше азота и органического вещества (до 40–75%), по сравнению с серыми илами глубоководных пелокомплексов. Концентрация подвижных форм фосфора нарастает в направлении от сплавин к слабозарастающим участкам заливов, находящимся в условиях низкой гидродинамической активности.

Наблюдается закономерное накопление микроэлементов (Zn, Cu, Ni, Mo и др.) в соответствии с особенностями гидрологического режима, морфологии и зарастания аквальных

комплексов. В пелофациях пелагиально-профундальных урочищ отмечены максимальные значения концентрации тяжелых металлов. Их содержание в илах превышает фоновые значения концентраций для почв и речных осадков (в 5-10 раз). Донные отложения комплексов открытой литорали характеризуются минимальным содержанием микроэлементов.

Среди биогенных комплексов максимальная аккумуляция металлов наблюдается в донных отложениях и затопленных почвах, формирующихся в условиях умеренного и слабого зарастания. Эти аквакомплексы выделяются по накоплению свинца (больше в 1,5 раза), меди (в 1,4 раза), хрома (в 1,1–2 раза), марганца (в 2 раза) по сравнению со сплавидами и зоной сильного зарастания. Такое отличие, вероятно, связано с более активным выходом металлов из органических остатков отмирающей биоты в условиях разреженной растительности и воды обогащенной кислородом. В результате быстрого разложения «мягкой» растительности в водной среде с преобладающей окислительной обстановкой, поглощенные гидробионтами металлы переходят в состав макрофитного органо-минерального ила.

Выявлены максимумы концентраций большинства тяжелых металлов в пределах водохранилищ. В условиях Иваньковского водохранилища наиболее значительное накопление металлов отмечено в биогенных комплексах Волжского плеса. Менее выражен этот процесс в условиях Иваньковского и Шошинского плесов.

Наиболее экологически чистыми являются литоральные открытые аквакомплексы. В них донные отложения содержат минимальное количество тяжелых металлов, соответствующее фоновым показателям. В донном материале защищенных участков по заливам отмечено умеренное накопление металлов. В среднем для отложений приплотинных плесов превышение геохимического фона составляет от 2 до 8 раз. В аквакомплексах сильного зарастания содержание металлов в донных отложениях превышает фон в 2–7 раз. В условиях умеренного и слабого зарастания – в 1,5–14 раз [2008].

В ходе исследований установлены определенные внутриводоемные процессы (зарастание, илонакопление и др.), способствующие аккумуляции тяжелых металлов в аквальных комплексах различных типов. В пределах водохранилищ Верхневолжья выделяются несколько техногенных аномальных потоков тяжелых металлов, связанных с поступлением сточных вод промышленных предприятий и городов в р.Волгу. Значения суммарного показателя концентрации тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ изменяется от низкого до высокого уровня загрязнения (от  $\Sigma_{10} = 5$  до 56).

Наиболее сильными аккумуляторами тяжелых металлов являются пелагиально-профундальные аквальные комплексы и защищенные литоральные биогенные аквальные комплексы.

Таким образом, на основании анализа полученных материалов следует сделать вывод о существенной дифференциации накопления органо-минеральных веществ и тяжелых металлов в природных компонентах аквальных комплексов водохранилищ Верхней Волги. Значительное накопление тяжелых металлов связано, прежде всего, с техногенными источниками химических элементов и внутриводоемными процессами аккумуляции веществ в аквальных комплексах различных типов.

#### Список литературы

1. Тихомиров О. А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ /О. А.Тихомиров. – Тверь: Изд-во ТвГУ, 2008. – 308с.

2. Тихомиров О. А. Формирование, динамика и экологическое состояние аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Автореф. дис...д-ра. геогр. наук. М., 2011. – 44 с.

3. Тихомиров О. А. Теоретические и методические проблемы исследования формирования и экологического состояния аквальных комплексов равнинных водохранилищ / О. А.Тихомиров //Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. – 2018. – №1. – С.5-19.

**СУЛЬФИТРЕДУЦИРУЮЩИЕ КЛОСТРИДИИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ГРУППЫ  
СОЛЕННЫХ ОЗЕР СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

Трубник Р. Г., Федоров Ю. А., Швыдкая Е. А.  
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону  
truroman@sfedu.ru

**SULPHITE-REDUCING CLOSTRIDIA IN SEDIMENTS SALT LAKES STAVROPOL  
REGION**

Trubnik R.G., Fedorov Yu.A., Shvydkaya E.A.  
Southern Federal University, Rostov-on-Don  
truroman@sfedu.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследований численности сульфитредуцирующих клостридий в отложениях группы соленых озер Ставропольского края. На основании результатов исследования проведена оценка пригодности использования отложений грязевых озер в лечебных целях по титру клостридий.

**Ключевые слова:** соленые озера, отложения, сульфитредуцирующие клостридии, Ставропольский край.

**Abstract.** The results of the abundance of sulfite-reducing clostridia studies in bottom sediments of the salt lakes in the Stavropol Region are presented. Based on the results of the study, an assessment was made of the suitability of using bottom sediments for medicinal purposes by the titer of Clostridia.

**Keywords:** salt lakes, bottom sediments, sulfite-reducing clostridia, Stavropol Region.

Аридный климат и геологическое строение обуславливает распространение многочисленных соленых озер на территории Ставропольского края, в которых залегают иловые сульфидные грязи, неоднократно доказавшие свою эффективность при лечении целого ряда определенных групп заболеваний [3]. Вопрос контроля качества лечебных грязей становится еще более актуальным в связи с возрастающим уровнем антропогенной нагрузки. Так, на юге России популярность грязелечения (непосредственно на водоемах) среди населения возрастает от года к году, что может привести к бактериальному загрязнению пелоидов, в том числе сульфитредуцирующими клостридиями (СРК) [9; 10]. Данные микроорганизмы относятся к спорным анаэробам кишечного происхождения, которые обладают уникальной способностью – редуцировать сульфиты до сульфидов. Это обстоятельство учитывается при идентификации СРК, что позволяет относить их к санитарно-показательным микроорганизмам. В РФ при исследовании качества лечебных грязей всех типов (торфяные, сапропелевые, иловые минеральные, сопочные) применяют нормативный уровни численности СРК, согласно которому титр клостридий не должен составлять менее 0,1 [5]. Таким образом, настоящее сообщение направлено на оценку качества отложений группы соленых озер Ставропольского края по титру клостридий. Фундаментальная направленность изучения распределения сульфитредуцирующих клостридий по разрезу донных отложений состоит в том, что существуют представления об их участии



наряду с бактериями метаногенами и сульфатредукторами в образовании метана и сероводорода [11].

В ходе экспедиционных исследований группы сульфидных соленых озер Ставропольского края (озеро Соленое (Медвеженское), Соленое (Александровский район), Соленое (Нижнепетровское), Соленое (Лушниковское), озеро Птичье (рис.)) были отобраны пробы отложений, представляющих собой донные осадки и затопленные почвы. Методика отбора проб и последующего анализа в низ численности СРК подробно описана в работах [1; 2].



**Рис. 1.** Карта-схема станций отбора проб донных отложений соленых сульфидных озер Ставропольского края

Географическое описание и характеристика опробованных водных объектов представлена в работе [8]. Результаты исследования представлены в Табл. Анализ результатов показал, что в отложениях всех водных объектов присутствуют вегетативные клетки сульфитредуцирующих клостридий. Подчеркнем, что такая ситуация характерна и для донных отложений целого ряда пресных и слабоминерализованных водных объектов Юга ЕТР [6, 7, 11].

*Таблица 1*

**Численность СРК в отложениях группы соленых озер Ставропольского края, выраженная в титре клостридий.**

№ станции	Название водного объекта	Титр клостридий
1	озеро Соленое (Медвеженское)	0,0-0,1
2	озеро Соленое (Александровский район)	0,01-0,0001
3	озеро Соленое (Нижнепетровское)	0,01-0,0001
4	озеро Соленое (Лушниковское)	0,001-0,00001
5.	озеро Птичье	0,001

Отметим, что численность СРК в отложениях озера Соленое (Медвеженское) существенно ниже, чем в других опробованных озерах. Вероятно, это связано с особым природоохранным режимом, действующем на территории, в пределах которой расположено озеро Соленое (Медвеженское). Вместе с тем максимальная численность СРК зафиксирована в отложениях озера Соленое (Лушниковское). Мы полагаем, что это обстоятельство обусловлено популярностью, которой пользуется водоем у туристов, ежедневно посещающих его в бальнеологических целях. Предположительно, за последние несколько лет уровень антропогенной нагрузки на озеро Соленое (Лушниковское) существенно вырос. Так, по данным [4], численность СРК в донных отложениях в 2012 году была значительно ниже, чем приведена в данном исследовании.

Подводя итог вышесказанному, можно констатировать, что только в отложениях озера Соленое (Медвеженское) численность СРК не превышает нормативных значений [6]. Численность СРК в отложениях озера Соленое (Александровский район), озера Соленое (Нижнепетровское), озера Соленое (Лушниковское), озера Птичьё превышают нормативные значения по титру клостридий на несколько порядков, следовательно, отложения перечисленных водоемов не могут быть рекомендованы к использованию в лечебных целях без соответствующей санитарно-микробиологической подготовки. Само же наличие сульфитредуцирующих клостридий в отложениях указывает на возможность существования альтернативных процессов образования метана в переувлажненных переуплотненных затопленных почвах, что следует учитывать при анализе роли почвенного покрова в эмиссии метана в атмосферу. Полученные результаты исследования указывают на необходимость выявления источников и оценки масштабов антропогенного воздействия на экосистемы грязевых соленых озер Ставропольского края.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029)*

#### Список литературы

1. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Хромов М. И. Метан в воде и донных отложениях устьевой области Северной Двины (Белое море) // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 4. С. 534–547.
2. ГОСТ 10444.9-88 Продукты пищевые. Метод определения *Clostridium perfringens*.
3. Ефименко Н. В., Меньшикова Т. Б., Васин В. А., Глухов А. Н., Урвачева Е. Е., Школьный В. Н. Лечебные грязи озера Большой Тамбукан в медицинской реабилитации социально значимых заболеваний // *Курортная медицина*. 2015. № 2. С. 89-94.
4. Мальчуковский Л. Б., Старокошко Л. Е., Гайдамака И. И., Чипизубов А. И. Сравнительная характеристика иловой сульфидной грязи озёр Большой Тамбукан и «Солёное» Лушниковского месторождения // *Курортная медицина*, 2012. № 1. С. 14-21.
5. МУК 143-9/316-17 Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей.
6. Трубник Р. Г. Применение сульфитредуцирующих клостридий в оценке антропогенного воздействия на прибрежную зону юго-восточной части Таганрогского залива. В книге: Понт Эвксинский – 2019 материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвященной памяти д. б.н., проф. С. Б. Гулина. Севастополь, 2019. С. 68-69.

7. Трубник Р. Г., Федоров Ю. А. Клостридии как индикатор экологического состояния донных отложений (на примере лиманов Таманского полуострова) // Актуальные проблемы наук о Земле: сборник трудов II научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2016. С. 218-221.

8. Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Потапов Е. Г., Трубник Р. Г., Мальчуковский Л. Б., Потапов И. Е. Химический состав рапы группы грязевых озер Ставропольского края // Курортная медицина. 2018. № 4. С. 17-23.

9. Trubnik R.G., Fedorov Yu.A., Nedoseka L.A. Recovered gases and bacteria from the Clostridium genus as ecological condition indicators of bottom sediments of the Eastern Donbass small rivers // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. V. 17(3). P. 201-210.

10. Fedorov Yu.A., Gar'kusha D.N., Trubnik R.G. Bacteria of the Clostridium Genus, Methane and Hydrogen Sulfide in Sulfide Mud of the Taman Peninsula Reservoirs // OnLine Journal of Biological Sciences, 2018. V. 18(3). P. 315-322.

11. Fedorov Y.A., Gar'kusha D.N., Trubnik R.G., Morozova M.A. Sulfite-Reducing Clostridia and their Participation in Methane and Hydrogen Sulfide Formation in the Bottom Sediments of Water Objects and Streams of the ETR South // Water Resources, 2019. V. 46. P. 85-93.

## ИЗУЧЕНИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ В НИЖНЕ-СВИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Уфимцева А. А.<sup>1</sup>, Зубкова П. С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Нижне-Свирский государственный природный заповедник», <sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

<sup>1</sup>г. Лодейное Поле, Ленинградская обл., <sup>2</sup>г. Санкт-Петербург  
nsvirsky.zap@gmail.com

## NATURE RESEARCH AND NATURE CONSERVATION IN A NIZHNE-SVIRSKY STATE NATURE RESERVE

Ufimtceva A. A.<sup>1</sup>, Zubkova P. S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Federal state-founded institution «Nizhne-Svirsky state nature reserve», <sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State University»

<sup>1</sup>Lodeynoye Pole, Leningrad region, <sup>2</sup> Saint Petersburg  
nsvirsky.zap@gmail.com

**Аннотация.** Нижне-Свирский заповедник расположен на юго-восточном берегу Ладожского озера. В заповеднике уже более 50 лет работает Ладожская орнитологическая станция по отлову, кольцеванию и прижизненному описанию птиц. Изучаются весенние, летние и осенние перемещения птиц, подробно описывается линька и физиологическое состояние мигрирующих особей. Строгий режим охраны территории позволяет изучать природные комплексы, не подверженные антропогенному воздействию в течение десятков лет.

**Ключевые слова:** заповедник, миграция птиц, орнитология, ООПТ.

**Abstract.** Nizhne-Svirsky state nature reserve is located on a southeastern shore of Lake Ladoga. For more than 50 years, the Ladoga Ornithological Station has been operating in the nature reserve for catching, ringing and describing migratory birds. There are studied spring, summer and autumn movements of birds, moult and physiological state of migrating individuals are described in detail. The strict protection regime of the nature reserve makes it possible to study natural complexes that have not been subjected to anthropogenic impact for decades.

**Keywords:** nature reserve, bird migration, ornithology, nature protected areas.

Нижне-Свирский государственный заповедник – это особо охраняемая природная территория (ООПТ), расположенная на юго-восточном берегу Ладожского озера в Лодейнопольском районе Ленинградской области. Он является старейшим заповедником области и занимает площадь в 42390 гектаров, 5000 гектаров из которых приходится на мелководную прибрежную акваторию Свирской губы Ладожского озера. В течение уже 40 лет территория и акватория заповедника являются охраняемой зоной, на которой проводятся научные исследования и осуществляется контролируемый познавательный туризм.

История организации заповедника, как и его современная научная деятельность, неразрывно связаны с темой перелётных птиц. Интенсивные работы учёных-зоологов

Ленинградского (ныне Санкт-Петербургского) университета, проводившиеся в 60-е годы XX века, выявили пути массового пролёта птиц над территорией Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Было установлено, что наибольшие скопления птиц-мигрантов наблюдаются на северо-восточном берегу Свирской губы, в районе урочища Гумбарицы. Именно в этой точке оказалось целесообразным устроить полевой стационар для массового изучения мигрирующих птиц. Так в 1968 г., благодаря совместным усилиям сотрудников Ленинградского университета, института Биологии КФАН и Зоологического института АН, появилась Ладожская орнитологическая станция (ЛОС) – полевая база для отлова, кольцевания и изучения мигрирующих птиц [16]. Первые десять лет работы станции позволили понять значимость этого природного уголка для целей науки и охраны природы. Были опубликованы научные данные, доказывающие значимую роль акватории Свирской губы, прилегающих болот и лесов в сезонных миграциях водоплавающих, околородных птиц и сухопутных мигрантов, а также обоснована значимость сохранения природных комплексов южного Приладожья в целом. Эти материалы были использованы для организации на данной территории сначала регионального заказника, а 11 июня 1980 года вышло Постановление №309 Совета Министров РСФСР «Об организации государственного заповедника "Нижне-Свирский"».

С момента основания и по настоящее время работа Нижне-Свирского заповедника построена по принципу сочетания мер по охране территории и проведения активных научных исследований. Отделом науки заповедника, в сотрудничестве с коллегами из различных научных организаций и волонтерами, выполняются все работы, обязательные для осуществления на ООПТ. Это проведение фенологических наблюдений, ведение летописи природы, осуществление зимних маршрутных учётов животных и др. Однако одним из важнейших прикладных результатов работы заповедника является непрерывная работа полевого научного орнитологического центра – ЛОС – в течение более полувека.

ЛОС – одна из пяти станций в мире, на которой отлов птиц происходит с помощью больших стационарных ловушек. Методика отлова и описания птиц остаётся практически неизменной, что позволяет иметь мониторинговые долговременные данные и изучать многолетние ряды изменений различных параметров миграции птиц [1, 5, 17]. Нахождение станции в границах ООПТ самого серьёзного уровня охраны позволяет исключить воздействие антропогенного фактора на перелётных птиц в точке наблюдений. Это делает ЛОС действительно уникальным местом орнитологических наблюдений и сбора научных данных. Ежегодно с апреля по ноябрь на станции отлавливается и окольцовывается от 8 до 15 тысяч около 120 видов птиц. В основном это мелкие Воробьиные птицы, но также представлены виды отрядов Журавлеобразные, Ржанкообразные, Кукушкообразные, Голубеобразные, Дятлообразные, Козодоеобразные, Совеобразные, Ястребообразные и Соколообразные.

Основателями станции – коллективом лаборатории экологии и охраны птиц БиНИИ ЛГУ под руководством д. б.н., профессора Г. А. Носкова – были заложены основные направления работы: изучение количественного и качественного состава птиц-мигрантов во время весенних, летних и осенних перемещений, изучение физиологии мигрирующих птиц, подробнейшее описательное и экспериментальное изучение линьки [2]. Современная работа ЛОС – это продолжение научных и природоохранных традиций, формировавшихся в течение полувека. Квинтэссенцией исследований, проводимых на станции, явилось создание концепции годового цикла сезонных явлений птиц и принципов его регуляции [3, 4, 5, 7, 9,

10, 11, 12]. Прикладным аспектом исследований явилась разработка метода подробного описания состояния оперения и публикация монографии по линьке птиц, которая в настоящее время является настольной книгой на кольцевательных станциях России и зарубежных стран [6, 15].

География районов, откуда прилетают птицы, отлавливаемые на ЛОС, очень обширна: это территория Западной и Восточной Европы, Северная, Западная и Центральная и Южная Африка, Индия и даже Юго-Восточная Азия [3, 4, 8, 13, 14]. Птицы, находясь на вышеназванных территориях зимовок, тесно контактируют с местной флорой и фауной, что предполагает обмен экто- и эндопаразитами, бактериями, вирусами. По возвращении в гнездовую часть ареала птицы неизбежно привносят эти нетипичные живые организмы в местные природные сообщества. Изученность такого переноса, межконтинентального «обмена» живыми организмами, довольно слаба. Между тем, понимание общей картины глобального перемещения микроорганизмов и прогнозирование развития потенциально опасных вспышек заболеваний, переносимых птицами, – одно из перспективных направлений развития орнитологии. Доступность и массовость объектов исследований в период работы ЛОС даёт возможность проводить обследования представителей природных популяций и оперативно собирать научный материал для межпредметных исследований в вирусологических, микробиологических, прикладных ветеринарных и иных целях [18, 19]. Подобные междисциплинарные исследования представляются одним из вероятных вариантов развития работы станции в будущем.

Обеспечением соблюдения природоохранного режима на территории Нижне-Свирского заповедника занимается занимают инспекторы в области охраны окружающей среды. Посещение территории возможно только по специальным разрешениям, выданным администрацией заповедника. Посетить заповедник можно с экскурсионно-познавательными или волонтерскими целями, для проведения научных работ или в рамках иного сотрудничества с заповедником. На заповедной территории и акватории запрещена любая хозяйственная деятельность, в том числе частный и промышленный сбор грибов, ягод и иных частей растений, рыбалка, охота, добыча живицы. Охраняемая акватория Свирской губы Ладожского озера составляет 2800 метров от берега и простирается от устья реки Свирь до границы с республикой Карелия. На акваторию Нижне-Свирского заповедника распространяются общие правила природоохранного режима, в том числе запрещается несанкционированное нахождение на акватории и осуществление рыбной ловли. Охраняемая территория заповедника маркирована пограничными аншлагами и стендами. Координаты поворотных точек границ заповедника размещены на официальном сайте.

В течение десятилетий единственным способом обнаружения нарушителей заповедного режима было патрулирование территорий государственными инспекторами в области охраны окружающей среды. Однако новые технологии постепенно внедряются во все сферы человеческой деятельности, в том числе, в методы работы охраны ООПТ. Например, в полевом сезоне 2020 года в Нижне-Свирском заповеднике, в целях пресечения нарушений природоохранного режима, были успешно опробованы и приняты к постоянному использованию фотоловушка, квадрокоптеры и action-камеры.

Фотоловушки, расположенные на труднодоступных участках заповедника, позволяют фиксировать транспортные средства и нарушителей природоохранного режима. При этом данные с современных фотоловушек автоматически отправляются в отдел охраны, что позволяет быстро среагировать и направить инспектора на конкретный участок. Помимо

оптимизации труда сотрудников, такой подход к работе на ООПТ является экологичным, поскольку снижает антропогенную нагрузку на территорию за счёт уменьшения количества выездов на патрулирование всей территории.

Беспилотники используются для фото- и видеофиксации нарушителей на акватории. Находясь на берегу, сотрудники отдела охраны фиксируют номера лодок и катеров на удалении до пяти километров. Квадрокоптер развивает скорость до 75 км/ч, что позволяет быстро приблизиться к плавательным средствам нарушителей. Использование action-камер гарантирует достоверность информации при оперативной работе с нарушителями, а также исключает возможные расхождения при возникновении спорных вопросов во время рассмотрения дела о правонарушении.

Необходимо отметить, что изучение и охрана природы на ООПТ с самым строгим уровнем охраны – например, в Нижне-Свирском заповеднике Ленинградской области – может развиваться в соответствии с общемировыми тенденциями проведения научных исследований и осуществления охраны территорий. Сохранение природных комплексов заповедника в неизменном состоянии и исключение влияния человека на территорию позволяют проводить научные исследования на натуральных, не искажённых антропогенным воздействием сообществах. Активное взаимодействие отдела науки Нижне-Свирского заповедника с коллегами из других организаций открывает перспективы будущего сотрудничества и новых проектов, а имеющаяся, постоянно действующая полевая база в виде Ладожской орнитологической станции служит местом передачи накопленного биологического и природоохранного научного опыта следующим поколениям молодых учёных. В результате заповедник является центром, объединяющим несколько поколений неравнодушных натуралистов, энтузиастов и любителей природы вместе для осуществления общего благородного дела – изучения и охраны окружающей среды.

#### Список литературы

1. Афанасьева Г. А., Мытарева И. А. Банк данных Ладожской орнитологической станции // Орнитологические исследования в Приладожье. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. С.6-17.
2. Кумари Э. В. Инструкция для изучения миграции птиц. Тарту, 1955. 28 с.
3. Миграции птиц Северо-Запада России. Воробьиные / Г. А. Носков [и др.]. СПб: Изд-во «Реноме», 2020. 532 с.
4. Миграции птиц Северо-Запада России. Неворобьиные / Г. А. Носков [и др.]. СПб: Изд-во АНО ЛА «Профессионал», 2016. 656 с.
5. Носков Г. А. Изменчивость параметров миграционной активности в годовом цикле сезонных явлений птиц и ее роль в микроэволюционном процессе // Труды Мензбирова орнитологического общества, Т. 1: Материалы XIII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. – Махачкала: АЛЕФ, 2011. С.17-30.
6. Носков Г. А., Гагинская А. Р. К методике описания состояния линьки у птиц // Сообщения Прибалтийской комиссии по изучению миграций птиц. № 7. 1972. С. 134-163.
7. Носков Г. А., Бардин А. В., Резвый С. П. О терминологии в описании территориального поведения птиц: Материалы Всесоюзной конференции по миграциям птиц. М., 1975. С.59-63.

8. Носков Г. А., Зимин В. Б., Резвый С. П., Рымкевич Т. А., Лапшин Н. В., Головань В. И. Птицы Ладожского орнитологического стационара и его окрестностей // Экология птиц Приладожья. Л., 1981. С.3-86.
9. Носков Г. А., Рымкевич Т. А. О закономерностях адаптивных преобразований годового цикла птиц // ДАН СССР, 1989. Т. 301. № 2. С.505-508.
10. Носков Г. А., Рымкевич Т. А. Формы миграционной активности в годовом цикле птиц // Орнитологические исследования в Приладожье. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. С.18-60.
2. Носков Г. А., Рымкевич Т. А. Миграционная активность в годовом цикле птиц и формы её проявления // Зоологический журнал, 2008. № 4. Т. 87. С.1-12.
3. Носков Г. А., Рымкевич Т. А. Регуляция параметров годового цикла и её роль в микроэволюционном процессе у птиц // Успехи современной биологии, 2010. № 4. Т. 130. С.346-359.
4. Носков Г. А., Рымкевич Т. А. Санкт-Петербургский регион в системе миграционных путей птиц западной Палеарктики // Труды Карельского научного центра РАН, 2016. № 1. С.45-56.
5. Резвый С. П., Носков Г. А., Гагинская А. Р. и др. Атлас миграций птиц Ленинградской области по данным кольцевания // Труды СПбОЕ, 1995. Т. 85. Вып. 4. 232 с.
6. Рымкевич Т. А., Савинич И. Б., Носков Г. А. и др. Линька воробьиных птиц Северо-Запада СССР. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1990. 304 с.
7. Уфимцева А. А., Рымкевич Т. А. Ладожская орнитологическая станция – что это такое? // «Сохранение природной среды и особо охраняемые природные территории» (к 100-летию мониторинга экосистем Петергофа и его окрестностей). Материалы XI Молодежной экологической Школы-конференции с международным участием в усадьбе «Сергиевка» 2017 г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф, 23-24 ноября 2017 г., 2017. С.47-57.
8. Berthold P., Schlenker R. Das „Mettnau-Reit-Ilmitz-Programm“ ein langfristiges Vogelfangprogramm der Vogelwarte Radolfzell mit vielfältiger Fragestellung // Vogelwarte, 1975. V.28. S.97-123.
9. Gregory R., van Strien A. Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health // Ornithological Science, 2010. № 9. Pp.3–22.
10. Hahn S., Bauer S., Liechti F. The natural link between Europe and Africa – 2.1 billion birds on migration // Oikos, 2009. V. 118. Pp.624–626.



**ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕГИДРОГЕНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ В ПОЧВАХ  
ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА**

Федоренко Е. С., Зинченко В. В., Антоненко С. А., Пахота А. А. Горовцов А. В.,  
Минкина Т. М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

Ростов-на-Дону.

elena.fedorenko.99@mail.ru

**CHARACTERISTICS OF DEHYDROGENASE ACTIVITY IN THE SOILS OF THE  
COASTAL TERRITORIES OF THE TAGANROG BAY**

Fedorenko E.S., Zinchenko V.V., Antonenko S.A., Pahota A.A. Gorovtsov A.V.,  
Minkina T.M.

**Аннотация.** Активность дегидрогеназ в почве является важным показателем состояния микробного сообщества. Значения данного показателя в верхних слоях почвенного профиля зависят от типа почвы. Данные различия тем сильнее, чем больше отличаются факторы почвообразования и свойства почв. Проведена диагностика почв прибрежных территорий Таганрогского залива по дегидрогеназной активности.

**Ключевые слова.** Мониторинг почв, ферментативная активность, дегидрогеназы.

**Abstract.** Enzymes of the dehydrogenase group are an important indicator of the activity of the microbial community in soil. Fluctuations of indicators of biological properties in the upper soil layers depend on different types of soils. The biological differences are the stronger, the more the factors of soil formation and soil properties differ. Diagnostics of the soils of the Taganrog Bay by dehydrogenase activity was carried out.

**Keywords.** Soil monitoring, enzymatic activity, dehydrogenase.

**Введение.** Нарращивание мощностей промышленных объектов вызывает возрастание антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Загрязнения отрицательно влияют как на естественное разнообразие, так и на активность почвенной биоты. Одной из важнейших биологических характеристик почв является их биологическая активность. Деятельность почвенных микроорганизмов обуславливает процессы преобразования веществ и минерализации, обеспечивает выполнение почвой ее экосистемных функций. Ферментативная активность – одна из самых лабильных характеристик почв и изменяется раньше, чем другие показатели. Наиболее показательными ферментами являются дегидрогеназы, которые тесно связаны с процессами микробного окисления. Являясь эндогенными ферментами, они проявляют свойства индикаторов активности микробного сообщества почвы. Дегидрогеназы участвуют в биологическом окислении органического вещества почвы путем внутриклеточного переноса электронов и протонов с органических субстратов на неорганические акцепторы. Одни дегидрогеназы переносят их непосредственно на молекулярный кислород, другие – на какие-либо акцепторы, например, на хиноны [2].

Активность ферментов в почве зависит от ее физико-химических свойств, рН, засоленности, карбонатности, окультуренности, внесения удобрений, известкования. Физические свойства почвы (сложение, оструктуренность, плотность и др.), определяя характер водно-

воздушно-термических режимов, в значительной степени влияют на ферментативную активность почв.

Целью данной работы было изучение дегидрогеназной активности в почва прибрежных территорий вблизи Таганрогского залива.

**Объекты и методы.** Объектом исследования являлись почвы территорий вблизи Таганрогского залива, отобранные на побережье и в городских зонах по периметру залива: аллювиально луговая насыщенная среднесуглинистая на аллювиальных супесчаных отложениях, аллювиально лугово-болотная тяжелосуглинистая на аллювиальных суглинистых отложениях, аллювиально луговая насыщенная среднесуглинистая на аллювиальных суглинистых отложениях, аллювиально луговая насыщенная слоистая почвы тяжелосуглинистая на морских отложениях, аллювиально луговая насыщенная слоистая тяжелосуглинистая на морских песчаных отложениях, чернозем обыкновенный карбонатный остаточного-луговато тяжелосуглинистый на лессовидных глинах и суглинках, аллювиально луговая насыщенная почва тяжелосуглинистая на аллювиальных отложениях, аллювиально луговая насыщенная почва глинистая на аллювиальных отложениях, солончак соровой корковый среднесуглинистый на аллювиальных отложениях, солончак соровой глинистый на аллювиальных отложениях, аллювиально луговая насыщенная почва тяжелосуглинистая на аллювиальных отложениях, аллювиально луговая насыщенная слоистая почва тяжелосуглинистая на морских песчаных отложениях. Таганрогский залив расположен в зоне промышленного и городского загрязнения почв, что может сказываться на состоянии окружающей среды. В следствие чего необходимо проводить мониторинг состояния почвенного покрова территории залива. Для анализа ферментативной активности использовались только верхние горизонты каждого образца, отобранные на глубине в среднем от 0 до 10-20 см в зависимости от мощности горизонта А.

Метод определения ферментативной активности основан на способности дегидрогеназ восстанавливать трифенилтетразолийхлорид (ТТХ) до трифенилформаза, имеющего ярко-красную окраску, что позволяет определять его концентрацию фотометрическим методом при длине волны 490 нм. Метод оценки токсичности веществ по дегидрогеназной активности имеет ряд преимуществ. К их числу относят: экспрессность анализа, высокую чувствительность, высокую производительность, позволяющую иметь большое число повторностей для статистической обработки результатов, возможность количественно выразить эффект действия вещества [1].

**Результаты исследований.** По полученным данным можно судить, что все исследуемые типы почв (рис. 1) характеризуется богатой степенью обогащенности почв ферментами дегидрогеназы по шкале Д. Г. Звягинцева [3]. Наибольшую активность дегидрогеназ имеют почвы аллювиально луговая насыщенная слоистая тяжелосуглинистая на морских песчаных отложениях и чернозем обыкновенный карбонатный остаточного-луговато тяжелосуглинистый на лессовидных глинах и суглинках, показатель достигал 66.69 и 66.50 мкг ТФФ/г абс. сух. почвы/ч, соответственно. Это может объясняться большим содержанием органического вещества в верхнем горизонте почв и, следовательно, активной деятельностью микроорганизмов. Аллювиально луговые почвы характеризуются высокой динамикой ферментативной активности (от 30.21 до 66.69 мкг ТФФ/г абс. сух. почвы/ч). При высоком плодородии данных почв различные факторы могут влиять на биологическую активность, например, рН, затопляемость участка, растительный покров.



**Рис. 1.** Показатели активности дегидрогеназы в разных типах почв

Солончаки содержат различные легко растворимые соли и это негативно сказывается на активности микробных сообществ. Известно, что физиологически нейтральные соли ингибируют активность дегидрогеназ [4]. Поэтому ферментативная активность солончаков ниже показателя активности чернозема и среднего показателя по аллювиально луговым почвам. Тем не менее, показатели активности дегидрогеназы в солончаке сорovém корковом среднесуглинистом на аллювиальных отложениях и в солончаке сорovém глинистом на аллювиальных отложениях составили 32.62 и 49.28 мкг ТФФ/г абс. сух. почвы/ч, что также согласно шкале Д. Г. Звягинцева [3] рассматривается как высокая степень обеспеченности почв дегидрогеназами.

**Заключение.** Показатели ферментативной активности являются информативной характеристикой состояния почвенного покрова. Для каждой почвы характерен определенный уровень активности микробного сообщества. При этом на жизнедеятельность микроорганизмов в почве оказывают влияние как естественные факторы – гранулометрический состав, рН, содержание органического вещества, так и антропогенные, в том числе – нарушение почвенного покрова, загрязнение поллютантами органической и неорганической природы. Измерение дегидрогеназной активности позволяет оценить общую интенсивность метаболизма микроорганизмов, и этот показатель быстро реагирует на стрессовые факторы, поэтому его целесообразно использовать при оценке состояния почвы. По итогам проведенной работы дана характеристика микробиологической активности почв побережья Таганрогского залива, однако для более полного их описания следует изучить активность гидролитических ферментов и количественные показатели микробных сообществ данных почв.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ 20-14-00317

#### Список литературы

1. Kızılkaya R. et al. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals //European Journal of Soil Biology. – 2004. – Т. 40. – №. 2. – С. 95-102.
2. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван. – 1974. – С. 275.
3. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей //Почвоведение. – 1978. – №. 6. – С. 48-54.
4. Личко В. И. Ферментативная активность как индикатор экологического состояния почв //дис. – Ин-т фундаментальных проблем биологии РАН. – 1998. – С. 18.

**О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ  
СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА  
ДОНА**

Федоров Ю. А., Михайленко А. В., Гарькуша Д. Н., Доценко И. В., Дмитрик Л. Ю.  
Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
e-mail avmihaylenko@sfedu.ru

**ON THE FIRST RESULTS OF EXPEDITION WORK TO STUDY THE MERCURY  
CONTENT IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL RIVERS IN THE DON BASIN**

Fedorov Yu. A., Mikhailenko A.V., Garkusha D. N., Dotsenko I. V., Dmitrik L. Yu.  
Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don

**Аннотация.** Выполнены экспедиционные работы по отбору проб по латерали и разрезу донных осадков малых и средних рек бассейна Дона. В полевых условиях был описан литологический состав донных отложений, определены физико-химические показатели ( $T^{\circ}C$ , Eh, pH), а в лабораторных – валовое содержание ртути. Вариации и средние валовые содержания Hg, показали, что они, в основном, сформировались в условиях техногенного воздействия на окружающую среду региона. Физико – химическая обстановка в донных осадках наряду с иногда встречающимся в них запахом сероводорода, указывают на то, что ртуть могла выводиться из круговорота путем образования её сульфидов и изоморфного вхождения в сульфиды железа.

**Ключевые слова:** малые реки, река Дон, донные отложения, литология, водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал, ртуть.

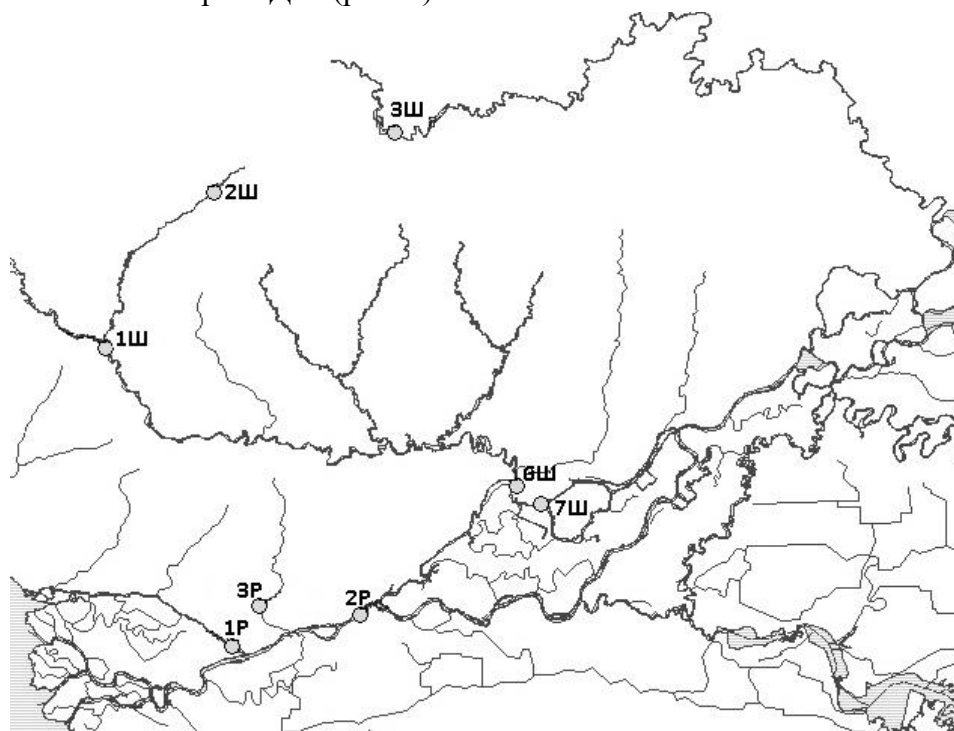
**Abstract.** Expedition work was carried out on sampling along the lateral and cross-section of bottom sediments of small and medium-sized rivers of the Don basin. The lithological composition of bottom sediments was described in the field, physical and chemical parameters ( $T^{\circ}C$ , Eh, pH) were determined, and the total mercury content was determined in the laboratory. Variations and average gross contents of Hg showed that they were mainly formed in the conditions of a technogenic impact on the environment of the region. The physical and chemical conditions in the bottom sediments, along with the sometimes occurring smell of hydrogen sulfide, indicate that mercury could be removed from the cycle by the formation of its sulfides and isomorphous entry into iron sulfides.

**Keywords:** small rivers, Don River, bottom sediments, lithology, hydrogen index, redox potential, mercury.

Высокая значимость настоящего исследования обусловлена тем, что донные отложения играют важную экологическую функцию. Она заключается в том, что поступающие в водные объекты загрязняющие вещества, включая ртуть, выводятся из воды с осаждающимся взвешенным веществом в донные осадки. Это способствует самоочищению водной толщи, что, однако, не исключает возможности обратной эмиссии некоторого количества ртути в придонные слои воды вследствие изменения ветровой обстановки и физико-химических условий [1,3-5]. И, тем не менее, донные отложения все же – более консервативный компо-

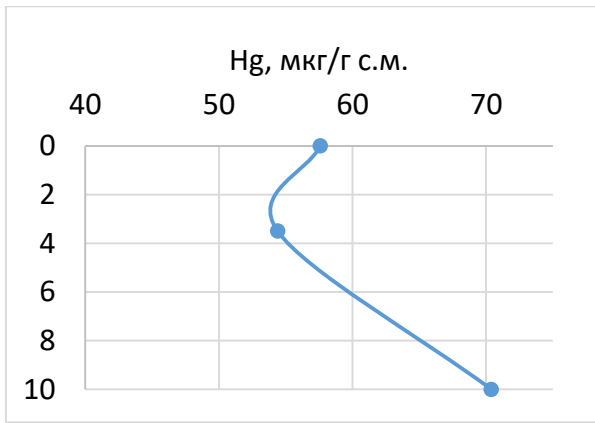
нент аквального ландшафта в сравнении с волной массой. Поэтому, содержание ртути в пробах, отобранных по разрезу донных отложений, как и других ТМ, могут отражать не только современное экологическое состояние водного объекта, но и то, что существовало в ретроспективе в период их захоронения. Кроме того, эти данные могут служить в качестве показателя природного фона её содержания. Но, при этом, одним из условий должно быть существование по профилю более или менее однотипного литологического состава донных осадков и отбор проб из слоев, которые не находились под техногенным влиянием. Водородный показатель и окислительно – восстановительный потенциал в донных отложениях влияют на миграцию ртути, являясь индикатором условий диагенеза при которых она способна образовывать её сульфид, изоморфно входить в состав сульфидов железа и таким образом выводиться из круговорота [3,5-6].

В основу исследования положены данные о литологическом описании донных отложений, содержании ртути, значениях водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала, которые получены в ходе экспедиционных работ на малых и средних реках бассейна реки Дон (рис 1.).

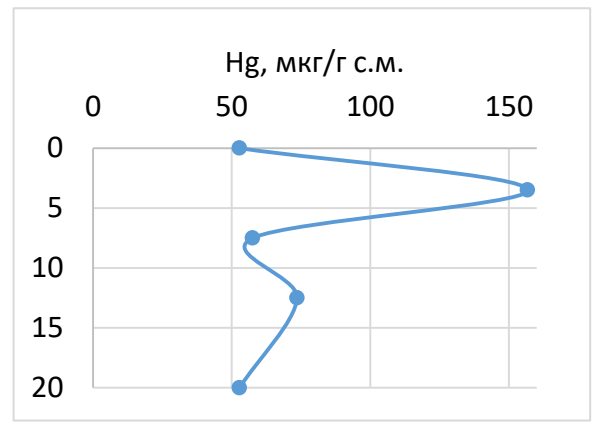


**Рис. 1.** Схема расположения станций отбора проб

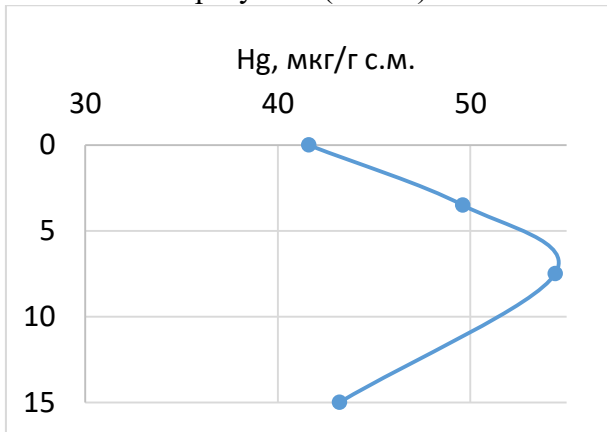
Анализ полученных данных показал, что в верхнем слое донных отложений (0-2 см) концентрации ртути варьировали от 24 до 126,4 нг/г с. м., а в среднем составило 63,52 нг/г с. м. На рисунке 2 показано изменение содержания ртути в донных отложениях р. Тузлов. Станция отбора проб находится ниже впадения Б. Крепкой (2-2,5 км), в районе станицы Большекрепинской. Донные отложения в данной колонке представляют собой плотный ил, от темно-серого до черного цвета без выраженного запаха сероводорода. Среднее содержание ртути составило 60,8 нг/г с. м. (нг/г сухой массы). Отмечено незначительное снижение концентрации ртути при переходе от горизонта 0-2 см к горизонту 2-5 см, где зафиксировано минимальное содержание – 54,4 нг/г с. м. Максимум (70,4 нг/г с. м.) характерен для слоя 5-10 см. Среднее содержание металла, для данной станции отбора проб, составляет 60,8 нг/г с. м.



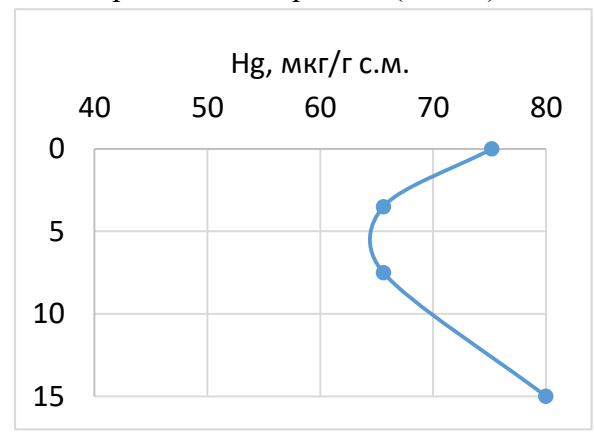
р. Тузлов (ст. 1Ш)



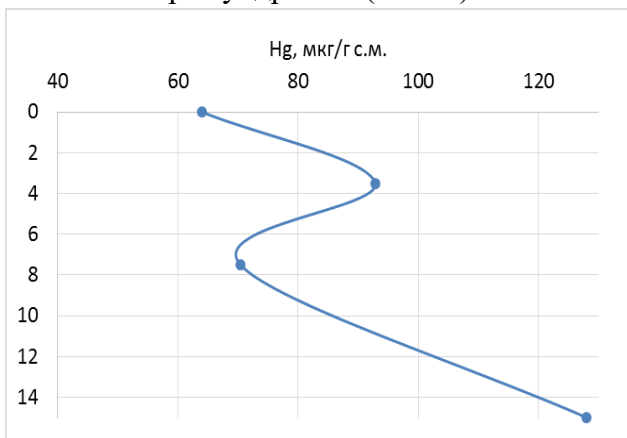
р. Большая Крепкая (ст. 2Ш)



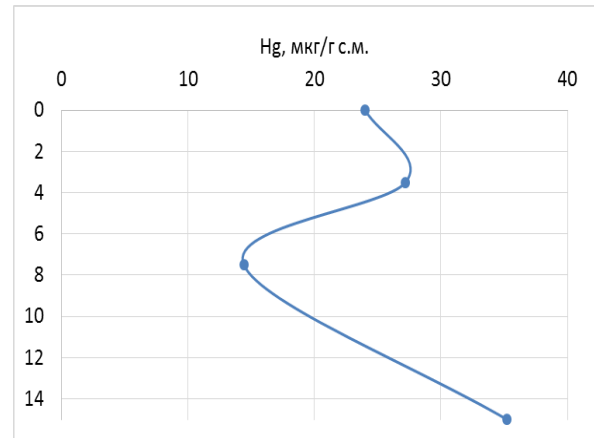
р. Кундрючья (ст. 3Ш)



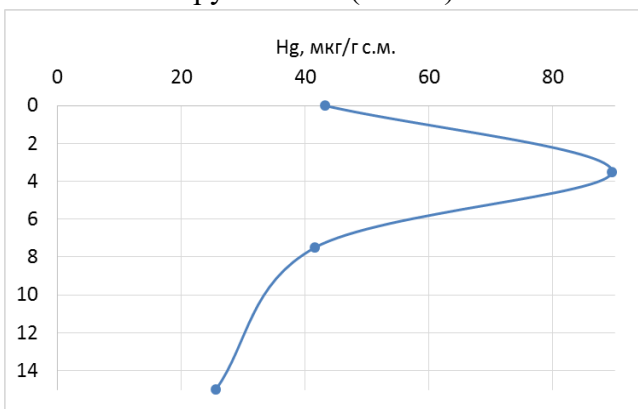
р. Кадамовка (ст. 6Ш)



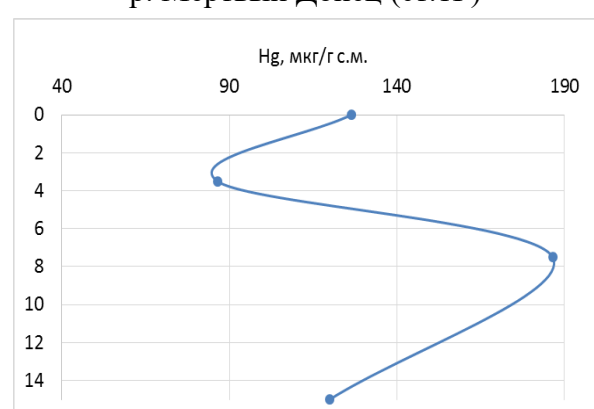
рук. Аксай (ст. 7Ш)



р. Мертвый Донец (ст. 1Р)



р. Дон (ст. 2Р)



р. Темерник (ст. 3Р)

**Рис. 2.** Вертикальное распределение ртути в колонках донных отложений

На р. Большая Крепкая была отобрана колонка донных отложений 20 см, станция отбора располагалась в 300 м ниже хутора Атаmano-Власовка. Отложения в целом однородные и глинистые. В горизонте 0-2 см ощущается слабый запах сероводорода, 5-15 хорошо лепится, наблюдаются вкрапления крупного гравийного материала, цвет темно-серый, почти черный, мягкий ил внизу. Пластичный, липкий ил к 20 см происходит уплотнение материала. Зафиксирован резкий скачок содержания ртути в горизонте 2-5 см, превышающий почти в 3 раза содержание в смежных горизонтах и составляющий 156,8 нг/г с. м., максимум для данной станции. Минимальная концентрация Hg отмечена в поверхностном слое (0-2 см) и на глубине 15-20 см, составляет 52,8 нг/г с. м. Среднее содержание металла составляет 78,72 нг/г с. м.

Донные отложения, отобранные в районе Соколовского водохранилища на реке Кундрючьей, представлены плотным, но мягким илом. Цвет темно-серый местами коричневый (элементы почвы) без выраженного запаха сероводорода, с небольшой примесью, до 1-2% песчаного материала. Уплотнение материала вниз по горизонту, до 10-15% примеси песчаной фракции, ракушки. Среднее содержание ртути в данной колонке составляет 47,2 нг/г с. м., что ниже подобных значений на реках Тузлов, Большая Крепкая, Кадамовка и Аксай. Максимальная концентрация металла наблюдается в горизонте 5-10 см, 54,4 нг/г с. м., а минимальная, 41,6 нг/г с. м., - в поверхностном горизонте 0-2 см. В целом, отмечается незначительное колебание содержания металла.

В устье р. Кадамовка был отобран плотный, однородный ил, черного цвета, пластичный, влажный, с легким запахом сероводорода. На графике наглядно показано, что наименьшее содержание ртути, 65,6 нг/г с. м., в горизонтах 2-5 и 5-10 см. Максимальная концентрация 80 нг/г с. м. зафиксирована на глубине 10-15 см. Среднее содержание по всем горизонтам составляет 71,6 нг/г с. м. и близко по значению к р. Большая Крепкая.

На станции отбора проб в реке Аксай отложения представлены глинистым илом с примесью песчаного материала, до 10-15%, его доля увеличивается до 20% к нижним горизонтам. Сверху уплотненный материал, на глубине 2-8 см полужидкий, выражен запах сероводорода. Для данной колонки донных отложений характерно наибольшее среднее содержание ртути 88,8 нг/г с. м, относительно в рассмотренных выше. Минимальная концентрация 64 нг/г с. м. отмечена в поверхностном слое донных отложений и увеличивается в 1,5 раза при переходе к горизонту 2-5 см до 92,8 нг/г с. м., после чего до 70,4 нг/г с. м. вновь снижается. Максимум, 128 нг/г с. м., зафиксирован на глубине 10-15 см, что почти в 2 раза превышает концентрацию металла в вышележащем горизонте.

В колонке донных отложений, отобранной в р. Мертвый Донец минимальное содержание металла отмечено на глубине 5-10 см (14,4 нг/г с. м). Данный горизонт представлен черным влажным и липким илом, с резким гнилостным запахом, с остатками полуразложившейся растительности. Отмечается примесь песчаных частиц до 5%, встречаются остатки раковин. Максимальная концентрация отмечена на глубине 10-15 см, составляет 35,2 нг/г с. м. Донные отложения представляют собой тоже, что в предыдущем горизонте, но с более резким запахом гнили и сероводорода. Средняя концентрация ртути составляет 25,6 нг/г с. м.

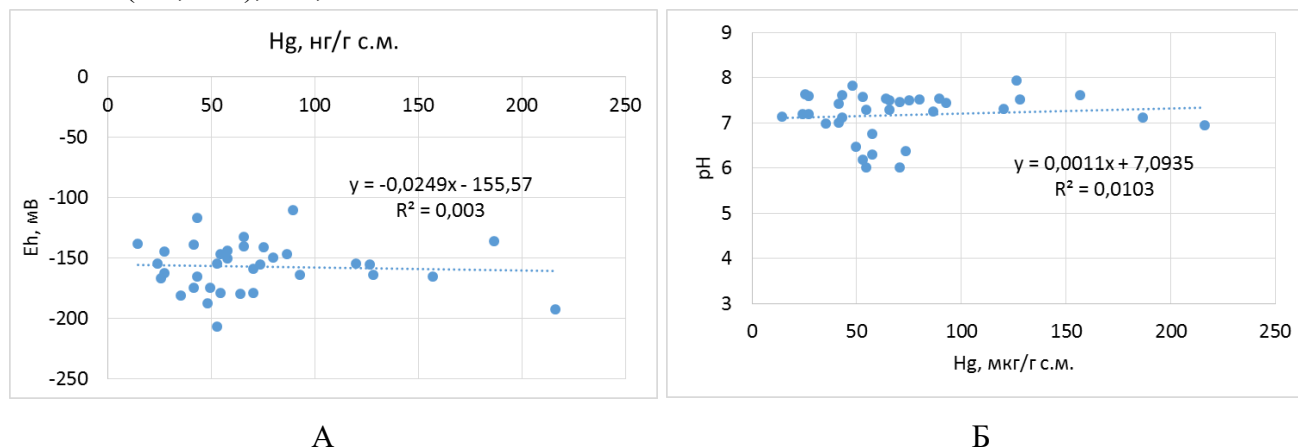
На р. Дон отбор проб осуществлялся в заводи, в 150 метрах от самой реки. Участок расположен на левом берегу и имеет форму аппендикита, длина 300 метров, ширина около 40-50 метров. На глубине 2-5 см отмечено двукратное увеличение содержания ртути с 43,2 нг/г с. м., до максимума (89,6 нг/г с. м.) Отложения представляют собой глинистый мягкий ил, полужидкой консистенции, черного цвета, без запаха сероводорода. Минимальное со-



держание металла отмечено в горизонте 10-15 см (25,6 нг/г с. м.) в черном, глинистом иле, темно-серого цвета, более плотном и менее пластичный, чем в вышележащем горизонте, отмечен слегка гнилостный запах. Средняя концентрация ртути в данной колонке составляет 49,6 нг/г с. м.

В донных отложениях р. Темерник среднее содержание ртути составило 147,7 нг/г с. м. Минимальная концентрация характерна для подповерхностного слоя (2-5 см) – 86,4 нг/г с. м. Донные отложения здесь маслянистые глинистые, черного цвета (похожи на мазут), менее влажные, чем в предыдущем горизонте, без песчаных примесей, присутствует запах сероводорода и мазута. На глубине 5-10 см концентрация увеличивается более чем в 2 раза, затем, к 10-15 см, снова незначительно снижается. В более плотном темно-сером до черного иле со слабым запахом сероводорода, в горизонте 15-20 см зафиксировано максимальное содержание металла для данной колонки, 216 нг/г с. м.

Выполнен анализ изменения окислительно-восстановительного потенциала и водородного показателя в донных отложениях района исследования. В целом, условия изменялись от слабокислых до слабощелочных. Определено, что в целом для донных отложений водных объектов района исследования характерны значения Eh от -206,5 до -110,6 мВ, которые в среднем составили -157,4 мВ, величины pH изменялись от 6,01 до 7,93 (в среднем 7,16). В поверхностном слое донных отложений окислительно-восстановительный потенциал варьировал от -206,5 до -138,5 мВ (в среднем -163,5 мВ), а водородный показатель от 6,3 до 7,93 (в среднем 7,28). Были построены корреляционные зависимости между содержанием Hg с одной стороны и pH и Eh с другой (рис. 3 а,б). Связи между данными параметрами не обнаружено, коэффициенты корреляции соответственно составили 0,101 и -0,055. Однако следует отметить синхронное распределение значений pH и содержания ртути в верхнем слое осадков (0-2,5 см),  $r=0,5$ .



**Рис. 3.** Зависимость между содержанием ртути и окислительно-восстановительным потенциалом (А), водородным показателем (Б)

В заключение отметим, что валовое содержание ртути в донных осадках малых и средних рек бассейна Дона варьировалось в широких пределах от 14,4 до 216,0 нг/г с. м., что согласуется с диапазоном, зарегистрированным для них в нижнем течении Дона (от 66,0 до 180,0 нг/г с. м.). С учетом анализа глубины отбора проб донных отложений и скоростей их осадконакопления [2] высказано предположение, что, исключая Мертвый Донец, уровни содержания валовой ртути сформировались в них под влиянием деятельности человека. Это подтверждается отсутствием тренда уменьшения содержания ртути с глубиной. В соответ-

ствии с терминологией Ю. А. Федорова, данный диапазон залегания донных отложений, позволяет отнести его к «слою антропогенного воздействия». Наблюдаемые широкие флуктуации содержания валовой ртути по профилю донных осадков могут быть также обусловлены влиянием их литогенной матрицы. Физико-химическая обстановка (Eh, pH) и присутствие сероводорода способствуют депонированию ртути в донных осадках в виде её сульфида и в структуре глобул сульфидов железа. Масштабное изучение распределения валового содержания ртути и других ТМ по латерали и разрезу донных отложений позволит определить для них региональный природный и антропогенный фон, а также рассчитать долю ТМ техногенного происхождения. Данные исследования впервые научно обоснованы в [2-6] и требуют своего дальнейшего продолжения.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-1862.2020.5. (Изучение распределения ртути, физико-химических закономерностей) и гранта РФФИ №. 19-05-5009 (Проведение экспедиционных работ, научное обоснование поведения ртути в донных осадках).*

#### Список литературы

1. Тяжелые металлы в компонентах ландшафта Азовского моря: монография / Михайленко А. В., Федоров Ю. А., Доценко И. В.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. 214 с.
2. Федоров Ю. А., Березан О. А., Величко М. Л., Предеина Л. М., Андреев Ю. А., Хансиварова Н. М. Распределение и уровни концентрации ртути в атмосфере и водоемах Азовского моря. В кн.: Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2002. С.150-166.
3. Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Коробов В. Б., Доценко И. В. Донные отложения и их роль в загрязнении ртутью поверхностных вод (на примере устья р. Северная Двина и Двинской губы Белого моря) // Метеорология и гидрология. 2010. № 9. С. 44-55.
4. Kuznetsov A., Fedorov Yu., Fattal P. Chronology of Contemporary Sedimentation and Oil Components Accumulation in the Bottom Sediments of the Sea of Azov // Proceedings of International Conference "Managing risks to coastal regions and communities in a changing world" (EMECS'11 – SeaCoasts XXVI, St. Petersburg, 22–27.08.2016). Moscow: RIOR Publ.. 2016.
5. Fedorov Yu. A., Ovsepyan A. E., Savitsky V.A., Lisitzin A.P., Shevchenko V. P., and Novigatsky A. N. Mercury in White Sea Bottom Sediments: Distribution, Sources and Deposition Chronology//Oceanology.2019.v.59, № 1. pp.143-150.
6. Fedorov Yu.A., Ovsepyan Asya E., Zimovets A. A., Savitskiy V A., Lisitsyn A.P., Shevchenko V. P., Dotsenko I. V., Novigatsky A. N. Chapter : Mercury Distribution in Bottom Sediments of the White Sea and the Rivers of Its Basin In book: The Handbook of Environmental Chemistry//Switzerland: Springer. 2018. №82. part II. p.207-240.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА МЕДУЗЫ *AURELIA AURITA* LINNEUS, 1758 И ХИЩНИЧЕСКИЙ ПРЕСС НА ЗООПЛАНКТОН ШЕЛЬФОВЫХ РАЙОНОВ КРЫМА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

Г. А. Финенко, Н. А. Дацык, Б. Е. Аннинский, Ю. А. Загородняя, Е. С. Губарева  
Федеральный исследовательский центр Институт биологии южных морей РАН  
г. Севастополь  
e-mail: gfinenko@gmail.com

**SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF JELLYFISH *AURELIA AURITA* LINNAEUS, 1758 AND PREDATORY IMPACT ON ZOOPLANKTON IN CRIMEAN SHELF AREAS (THE BLACK SEA)**

G. A. Finenko, N. A. Dazyk, B. E. Anninsky, Ju. A. Zagorodnyaya, E. S. Hubareva  
Federal Research Centre Institute of biology of the southern seas RASci Sevastopol

**Аннотация.** Исследована сезонная динамика обилия, размерной структуры популяции и интенсивности питания медуз *Aurelia aurita* в районах внутреннего и внешнего шельфа Черного моря в январе – октябре 2016 г. Показано, что климатические изменения последних лет привели к перестройке видовой структуры сообщества желетелого макропланктона в сторону преобладания медуз. Пищевой пресс популяции медуз на зоопланктон в обоих районах оказался низок – от 0,22 до ~5% биомассы зоопланктона в сутки, что говорит об отсутствии контроля зоопланктонного сообщества популяцией *A. aurita*.

**Ключевые слова:** медуза *Aurelia aurita*, численность, биомасса, пищевой спектр, суточный рацион, выедание

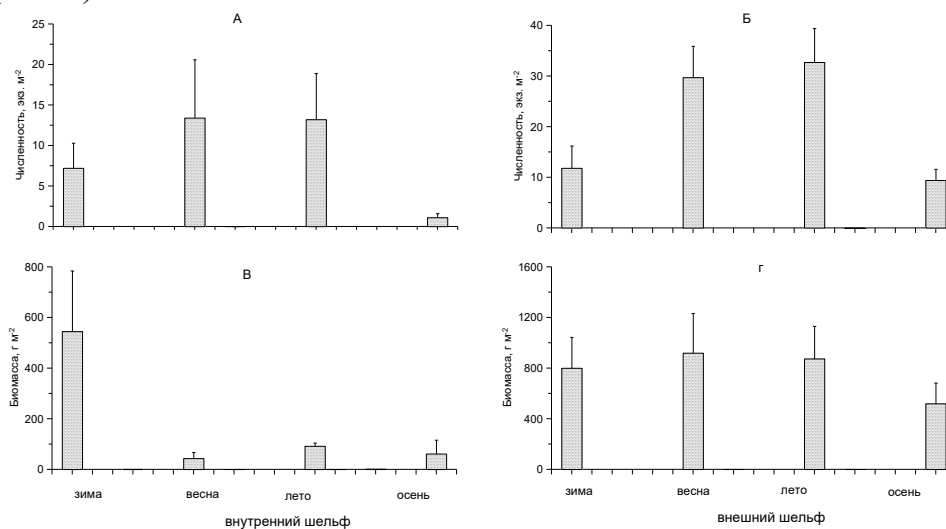
**Abstract.** The seasonal dynamics of the abundance, the size population structure and the feeding intensity of *Aurelia aurita* in the areas of the Black Sea inner and outer shelf in January – October 2016 were investigated. It is shown that climate changes of recent years were resulted in restructuring of the species structure community towards the predominance of jellyfish. Predatory pressure of the jellyfish populations in both regions was low – from 0,22 to ~5% of zooplankton biomass per day, which indicates the lack of control of the zooplankton community by the *A. aurita* population.

**Keywords:** jellyfish *Aurelia aurita*, abundance, biomass, food spectrum, daily ration, predatory impact

**Материал и методы.** Исследования выполнялись в четырех рейсах НИС «Профессор Водяницкий» – 83 (январь – февраль), 84 (апрель), 86 (июнь), 90 (октябрь) 2016 г. в прибрежных районах Черного моря у берегов Крыма от м. Тарханкут до Керчи. Все станции были расположены на шельфе и разделены на станции внутреннего (глубина <50 м) и внешнего (51–200 м) шельфа. Отбор проб и обработку материала проводили по методике, описанной в [5]. При анализе размерной структуры популяция *A. aurita* была разделена на 5 размерных групп: <10; 10-50; 51-100; 101-200 и >201 мм.

**Результаты.**

**Численность, биомасса, структура популяции медуз.** Медуза *A. aurita* достигала высоких величин биомассы на станциях внутреннего и внешнего шельфа во все сезоны. Биомасса медуз в мелководном районе была максимальной в зимний период ( $544 \pm 29,6 \text{ г м}^{-2}$ ) и оставалась на значительно более низком уровне в остальные сезоны ( $43,2\text{--}91,7 \text{ г м}^{-2}$ ). На станциях внешнего шельфа биомасса *A. aurita* более чем на порядок, превышала биомассу на внутреннем шельфе и несколько снижалась к осени из-за отмирания прошлогоднего поколения (Рис. 1).



**Рис.1.** Численность (А, Б) и биомасса (В, Г) *Aurelia aurita* на внутреннем и внешнем шельфе Крыма в разные сезоны 2016 г.

Начало размножения наблюдалось в весенний период, когда на западе внутреннего шельфа – Каркинитский залив – около 40% популяции составляли медузы новой генерации <10 мм. На внешнем шельфе в это время шел быстрый рост медуз, благодаря чему увеличивалась доля 11–50-миллиметровых животных по сравнению с зимой. Эта же группа преобладала летом в обоих районах. В осенний период на мелководных станциях размерная структура популяции медузы была ограничена двумя размерными группами (11-50 и 51–100 мм), гораздо более разнообразна она была во втором районе, где присутствовали 4 группы (от 11 до > 200 мм), при этом до 30% общей численности составляли крупные 101–200-миллиметровые животные.

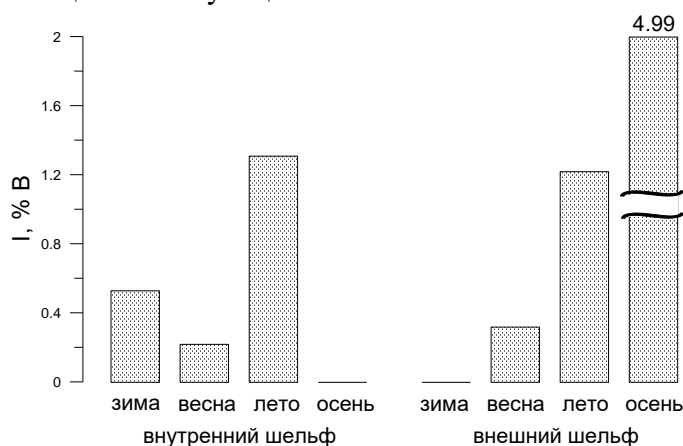
**Пищевой спектр, интенсивность потребления пищи и хищнический пресс на зоопланктонное сообщество.** В течение периода наблюдений основной компонент рациона медуз – велигеры двустворчатых моллюсков и ракообразные. Пищевой спектр *A. aurita* был беден в зимний период и включал немногочисленные виды копепод яйца и взрослых коловраток. Несмотря на низкую долю меропланктона в общей биомассе кормового зоопланктона, велигеры бивальвий составляли до 80% количества потребленных жертв на внешнем шельфе. Летом пищевой спектр медуз расширился, как за счет увеличения потребляемых видов ракообразных, так и небольшой доли других групп жертв – личинок гастропод, щетинкочелюстных, аппендикулярных. В целом, в течение большей части периода исследований, за исключением зимы, ракообразные составляли основу рациона *A. aurita* в обоих районах.

Величина суточного рациона *A. aurita* изменялась на порядок в течение изученных сезонов с минимальными значениями в весенний период на мелководных станциях ( $0,010 \pm$

0,002 мг С экз.<sup>-1</sup> сутки<sup>-1</sup>), когда средний размер особи в популяции был минимален. Наиболее интенсивно в обоих районах медузы питались летом, когда в районе внешнего шельфа удельный рацион *A. aurita* достигал максимальных значений ( $12,9 \pm 3,1\%$  С сутки<sup>-1</sup>).

Пищевые потребности медуз, рассчитанные как скорость дыхания в данных температурных условиях, составляли от 1,9 до 10% С тела в зависимости от района и сезона исследования. Степень обеспеченности пищей медуз – отношение между дыхательными потребностями (Q, мг С экз.<sup>-1</sup> сутки<sup>-1</sup>) и скоростью потребления пищи (R, мг С экз.<sup>-1</sup> сутки<sup>-1</sup>) – изменялась в зависимости от сезона. Дыхательные потребности в десятки раз превышали суточные рационы в районе внутреннего шельфа зимой, что связано с низкой интенсивностью потребления пищи, обусловленной низкой концентрацией зоопланктона. Медузы были лучше обеспечены пищей весной и летом (Q/R – 1,64–3,27). На внешнем шельфе только в летний период суточные рационы популяции были выше пищевых потребностей. Таким образом, в течение большей части года медузы не могли удовлетворить минимальные пищевые потребности исключительно за счет мезозоопланктона.

Рассчитанная на основе величин рационов, биомассы зоопланктона и численности медуз скорость выедания зоопланктона популяцией медуз изменялась от 0,22 до ~5% биомассы зоопланктона в сутки (Рис. 2), что говорит об отсутствии контроля зоопланктонного сообщества популяцией *A. aurita*.



**Рис. 2.** Сезонная динамика интенсивности выедания (I) биомассы мезопланктона (B) популяцией *A. aurita*.

**Обсуждение.** В 50–60 гг 20 века, когда начались исследования желетелых в Черном море, биомасса *A. aurita* не превышала  $10 \text{ г м}^{-2}$  [4]. В 1970-е годы в связи с интенсивной эвтрофикацией Черного моря популяция аурелий резко увеличилась, к 1980-м годам она достигла пика в  $600\text{--}1500 \text{ г м}^{-2}$  [2]. Вселение гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 в конце 1980-х привело к изменению в структуре черноморской экосистемы: численность медузы снизилась, средние размеры особей уменьшились. Вселение нового вида гребневиков – *Beroe ovata* Bruguèri 1789, контролирующего в Черном море развитие *M. leidyi* и уменьшившего его численность, привело, напротив, к возрастанию обилия медуз. Многолетний мониторинг состояния популяции медуз на шельфе Черного моря у Севастополя показал четко выраженную тенденцию увеличения биомассы, особенно в последнюю декаду [1]. В 2009–2010 гг. в этом районе максимальная биомасса *A. aurita* в весенние месяцы (март – май) в 2–4 раза превышала наблюдавшуюся в 2004 – 2008 годах. Весной 2013 г в прибрежных районах Крыма на отдельных станциях биомасса медуз

превышала 1500 г м<sup>-2</sup> [3]. В июне 2016 г на одной из станций внешнего шельфа в Евпаторийско-Севастопольском районе была зарегистрирована биомасса 5560 г м<sup>-2</sup>. В начале 2000-х максимальная биомасса в шельфовых районах составляла лишь 200–300 г м<sup>-2</sup> [1], в настоящее же время она близка к величинам, наблюдавшимся в 80-е годы 20 века. По-видимому, причина возрастания обилия медуз, наряду с уменьшением количества *M. leidy*, состоит в повышении температуры воды, происходящим в последние годы. Это, несомненно, улучшает трофические условия для стробилиации полипов (бентической формы медуз) и может привести к увеличению численности эфир и взрослых животных. Таким образом, климатические изменения последних лет привели к перестройке видовой структуры сообщества желетелого макропланктона в сторону преобладания медуз *Aurelia aurita*.

Низкие величины выедания зоопланктона медузами, близкие к полученным нами, отмечались в шельфовых районах у Севастополя и открытых районах Черного моря ранее [3, 7]. Отсутствие корреляции между биомассой желетелых хищников и биомассой мезопланктона и его отдельных таксономических групп [6] подтверждает наше заключение, что на данном этапе желетелые не контролируют количественное развитие зоопланктонного сообщества. Величины численности и биомассы зоопланктона в настоящее время определяются, по-видимому, изменчивостью соотношения продуктивности и смертности за счет других действующих факторов.

Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» (Регистрационный номер НИОКТР АААА-А18-118021490093-4) и при частичной поддержке проекта РФФИ и г. Севастополя р\_а 18-44-920022 «Отклик черноморской пелагической экосистемы на изменение климата в регионе (на примере медуз, гребневиков и мелких пелагических рыб).

#### Список литературы

1. Аннинский Б. Е., Аболмасова Г. И., Дацык Н. А. Влияние желетелых хищников на кормовую базу мелких пелагических рыб. Выедание мезозоопланктона медузой *Aurelia aurita* L. в Черном море // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей / под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской, Г. Е. Шульмана, Ю. А. Загородней. 2011. Севастополь: ЭКОСИ Гидрофизика. С. 276–283.
2. Виноградов М. Е. Современные тенденции изменения экосистемы Черного моря // Вестник Академии наук СССР. 1987. N 10. С. 56–67.
3. Дацык Н. А., Финенко Г. А., Аболмасова Г. И. Желетельный зоопланктон в прибрежных и открытых районах Черного моря в весенний период 2013 г // Гидробиологический журнал. 2015. Т.51, N 5. С. 29–39.
4. Миронов Г. Н., Биомасса и распределение медуз *Aurelia aurita* (L.) по данным траловых ловов в 1949 – 1962 гг. в Черном море // Биология моря. 1971. Вып. 24. С. 49–69.
5. Финенко Г. А., Дацык Н. А., Аннинский Б. Е. Пространственное распределение и питание желетелых хищников в прибрежных районах Крыма в зимний период 2016 г. // Морской биологический журнал. 2016. Т.1, N 3. С. 42–49.
6. Arashkevich E. G., Louppova N. E., Nikishina A. B., Pautova L. A., Chasovnikov V. K., Drits A. V., Podymov O. I., Romanova N. D., Stanichnaya R. R., Zatsepin A. G., Kuklev S. B.,

Flint M. V. Marine environmental monitoring in the shelf zone of the Black Sea. Assessment of the current state of the pelagic ecosystem // *Oceanology*. 2015. V. 55, issue 6. P. 871–876.

7. Finenko G. A., Anninsky B.E., Datsyk N. A. Trophic characteristics of *Mnemiopsis leidyi* and its impact on the plankton community in Black Sea coastal waters // *Oceanology*. 2018. V. 58, issue 6. P. 817–824

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Фролов Д. М., Киселева Т. Д.

Географический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

Москва

denisfrolovm@mail.ru

## ECOLOGICAL ASPECTS OF GLOBAL CLIMATE WARMING FOR MOUNTAIN TERRITORIES

Frolov D.M., Kiseleva T.D.

Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University

Moscow

denisfrolovm@mail.ru

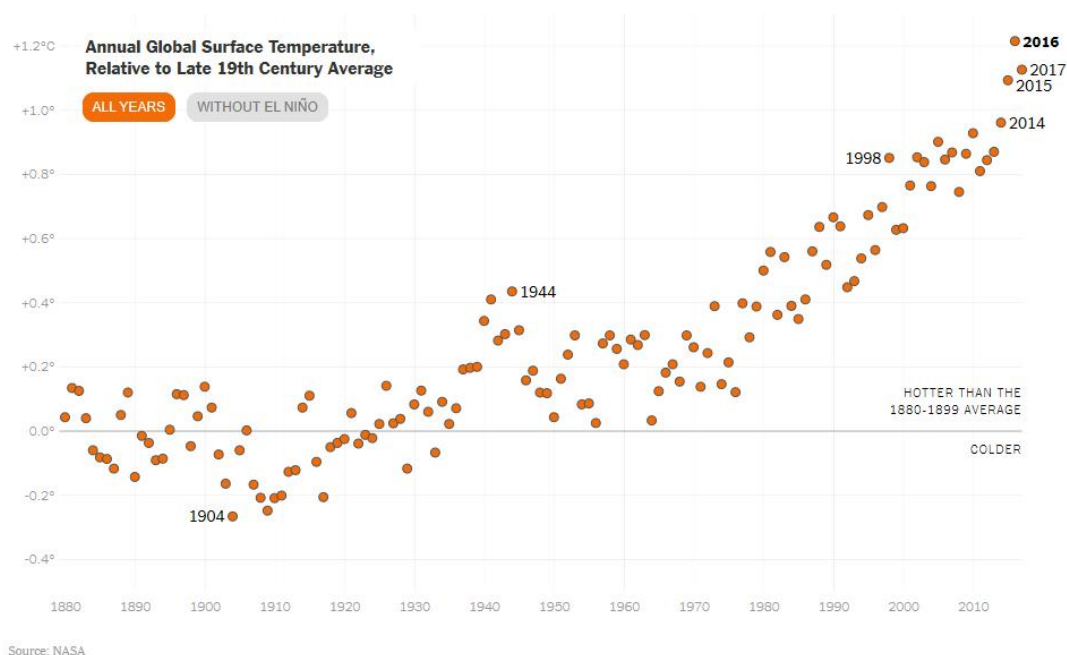
**Аннотация.** В статье рассматриваются экологические аспекты глобального изменения климата для горных территорий.

**Ключевые слова:** горные территории, снежный покров, экологические аспекты.

**Abstract.** In the paper the ecological aspects of global climate warming for mountain territories are considered.

**Keywords:** mountain territories, snow cover, ecological aspects.

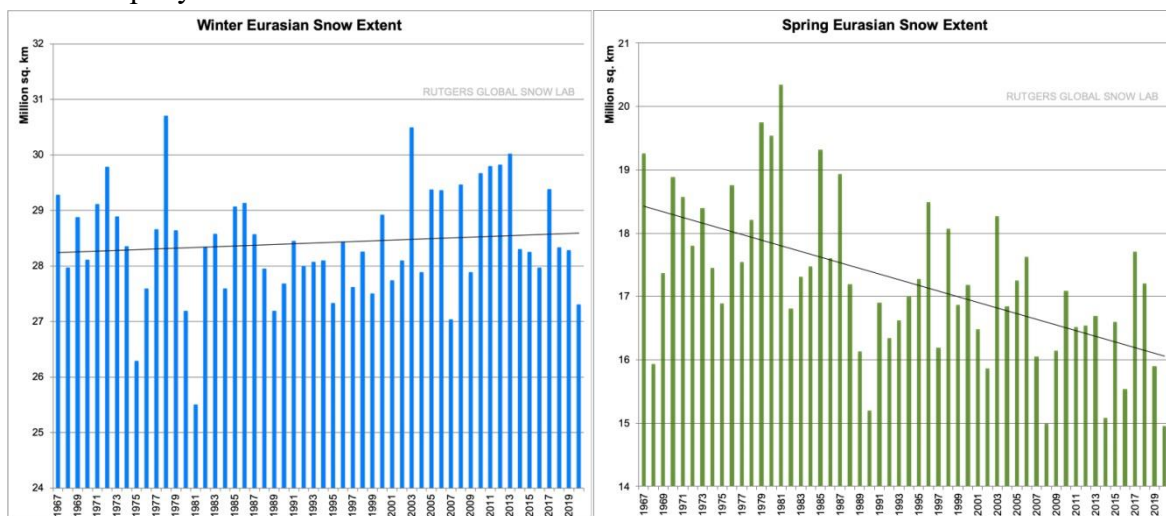
На Земле в последние десятилетия интенсивно идёт глобальное потепление климата (рис. 1):



**Рис. 1.** Аномалии среднегодовой температуры воздуха относительно усреднённых данных конца 19-го века.

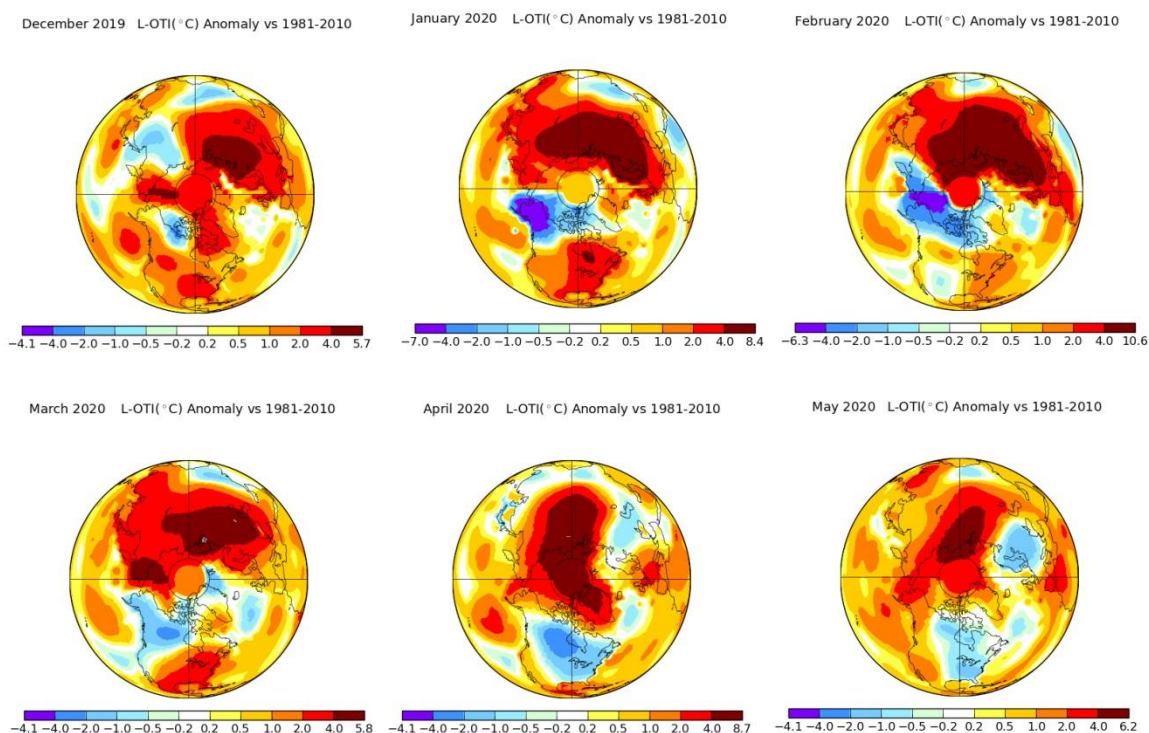


В связи с нарастающим в последние десятилетия интенсивным потеплением климата идёт интенсивное перераспределение залегания снежного покрова [1], которое также отражено на рисунке 2:



**Рис. 2.** Площадь распространения снежного покрова в зимний и весенний период в Евразии по данным Rutgers University [2].

На рисунке 2 особенно видно уменьшение площади распространения снежного покрова в весенний период. Так, по данным Rutgers University [2], площадь распространения весеннего снежного покрова в Евразии неуклонно падает, обладая снижением осреднённого тренда с 18,5 млн. кв. км в 1967 году до 16 млн. кв. км 2020 году, то есть в среднем на 0,05 млн. кв. км в год. Причём распространение снежного покрова весной 2020 достигло минимума, так как прошедший зимний период 2019/2020 на территории Евразии был особенно тёплым (положительная аномалия температуры наблюдалась почти во все месяцы) (рис. 3):



**Рис. 3.** Аномалии температуры воздуха в Северном полушарии в конце 2019 и первой половине 2020 года относительно средних многолетних значений за 1981-2010 гг. [3].

В связи с этим горнолыжные курорты во всех частях мира в последние годы сталкиваются с нехваткой естественного снега для подготовки трасс и в связи с этим, всё интенсивней используется искусственное производство снега и оснежение горнолыжных склонов. Так, по данным сайта [4] для производства одного кубического метра искусственного снега требуется до одного кубометра воды и до 6,8 киловатт электроэнергии (в зависимости от температуры окружающего воздуха и относительной влажности). Это неблагоприятно сказывается на экологии горных регионов. Также, по данным работы [5], искусственное оснежение наносит вред произрастающим в оснежаемой местности растениям тем, что искусственный снег требует больше времени весной, чтобы растаять и тем самым задерживает начало их ежегодного вегетативного периода. И также для искусственного оснежения требуется создавать большие резервуары запасов воды по близости для подачи снежным пушкам на склоны, которые также сильно меняют гидрологические условия местности, в том числе и для произрастающих растений.

Используемые при подготовке снежных склонов для горнолыжных соревнований в условиях потепления калийные и натриевые соли после таяния снега и начала вегетации влияют на состав почвы и произрастающую растительность. Используемые же для обработки снежных склонов соли селитры могут также служить впоследствии, как и удобрение для растений [6].

В Южно-Сахалинске на склонах горнолыжного курорта «Горный воздух» при строительстве горнолыжных трасс идёт вырубка лесов, что усиливает смыв почвы с оголённых склонов. Местными экологами наблюдается увеличение мути и песчаной и глиняной взвеси от смыва грунта со склонов в результате вырубки в местной речке. Также это ведёт к увеличению числа сходящих со склонов лавин и селей [7].

Работа выполнена по ГЗ АААА-А16-116032810093-2 по теме 1.7 «Картографирование, моделирование и оценка риска опасных природных процессов».

#### Список литературы

1. Pulliainen, J., Luojus, K., Derksen, C. et al. Patterns and trends of Northern Hemisphere snow mass from 1980 to 2018 // *Nature* 581, 294–298 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2258-0>
2. <https://climate.rutgers.edu/snowcover/>
3. <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
4. <https://xn--snkompetanse-wjb.no/?lang=en>
5. De Jong Carmen, Challenges for mountain hydrology in the third millennium // *Front. Environ. Sci.*, 2015, Том 3, с. 38. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00038>
6. Pallin, Heidi Bostad (2011); Salting i skianlegg, Litteraturprosjekt HiST, NTNU <https://www.godeidrettsanlegg.no/publikasjon/salting-av-skianlegg>
7. <https://sakhalin.info/weekly/194958>

**РУССКИЙ ПОЧВОВЕД А. С. СОЛДАТОВ И ЕГО МЕСТО  
В ДАГЕСТАНОВЕДЕНИИ**

Ханмагомедов Х. Л.<sup>1,2</sup>, Пайзулаева Р. М.<sup>1</sup>, Гебекова А. Н.<sup>3</sup>, Айламматова  
Д. А.<sup>1</sup>, Омаров Ш. К.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет»,  
<sup>3</sup>Дагестанский институт развития образования, г. Махачкала, e-mail: tberikey@mail.ru

**RUSSIAN SOIL SCIENTIST A. S. SOLDATOV AND HIS PLACE IN DAGESTANI  
STUDIES**

Khanmagomedov Kh. L.<sup>1,2</sup>, Paizulayeva R.M.<sup>1</sup>, Gebekova A. N.<sup>3</sup>, Ailammatova D. A.<sup>1</sup>,  
Omarov Sh. K.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>DAGESTAN state University of national economy,  
<sup>2</sup>DAGESTAN state agrarian University, Dagestan Institute of education development,  
Makhachkala, e-mail: tberikey@mail.ru

**Аннотация.** А. С. Солдатов – один из виднейших почвоведов в Дагестановедении в послевоенный период нашей страны. Его вклад в дагестанское почвоведение начался с создания и функционирования Дагестанского федерального исследовательского центра РАН – Дагестанской научно-исследовательской Базы АН СССР.

**Ключевые слова:** Дагестанское почвоведение, вклад в науку, А. С. Солдатов.

**Abstract.** A. S. Soldatov is one of the most prominent soil scientists in Dagestani Studies in the post-war period of our country. Its contribution in the Dagestani soil science began with the establishment and operation of Dagestan, Federal research centre of the RAS Dagestan scientific research Base of the USSR.

**Keyword:** Dagestani soil science, contribution to science, A. S. Soldatov.

Современное почвоведение – одно из востребованных в системе сельскохозяйственной, биологической и географической наук, где рассматриваются вопросы взаимодействия природных процессов и хозяйственного освоения верхней части литосферы, где происходит активная жизнедеятельность организмов и человека. Эта проблема использования земель в целях сельского хозяйства за последние десятилетия не всегда решалась комплексно. Вместе с тем природоохранные и экологические проблемы защиты элементов ландшафта приобрели особо актуальный характер» [3, с.113]. Это красной нитью проходит во всех почвенных исследованиях Александра Сысоевича Солдатова и приобретает особую роль, несмотря на то, что они изданы во второй половине 1940-х – 1960-х годов. Мы должны отдать должное в этом отношении А. С. Солдатову, кандидату геолого-минералогических наук, крупному почвоведу, отдавшему свою жизнь своей стране – России и субъекту её – Дагестану. Как пишет В. Т. Богучарсков «уважение к предкам – это не только показатель нравственности, но и ключ в будущее» [1, с.3]. Здесь не исключение он – сын великого русского народа, Андрей Сысоевич Солдатов, о нем ценный материал содержится в литературе, в фондах архива Дагестанского Федерального исследовательского центра РАН [12, 13]. Приказом № 4 от 29

июля 1946 года по Дагестанской научно-исследовательской Базе АН СССР (ДагБАН) зачислен старшим научным сотрудником по сектору почвоведения с 1 июля 1946 г. [12, л. 3]. Распоряжением № 2 от 8 октября 1946 г. назначается с 1 октября того года и. о. ученого секретаря Базы с одновременным выполнением обязанности старшего научного сотрудника сектора почвоведения. Систематическое изучение почв под руководством А. С. Солдатова началось не с 1947 года, как пишет Н. Г. Капустянская [2, с.109], а с 1946 года с созданием ДагБАН [4]. Первой работой, изданной А. С. Солдатовым в 1947 г. в ДагБАНе в популярном изложении является «Плодородие почв и борьба за урожай» [4], где рассматриваются вопросы: что растения получает из почвы?, чем удобряют почву?, расширять почвы многолетних трав, борьба с сорняками, создавайте культурные почвы. В этом небольшом труде рассказывается о том, что необходимо для питания растений, какие питательные вещества надо вносить в почву, как накопить и сберечь влагу в ней, как бороться с сорняками и как, таким образом, повысить плодородие почв и добиться получения высоких урожаев [4, с.3]. Для широкого читателя такая работа в конце 1940-х годов была необходима и свое издание, мы считаем, оправданным. Завершая изложение, А. С. Солдатов на с. 15 данной работы приводит слова В. Р. Вильямса – «Нет плохих почв, а есть плохие хозяева». Как он справедливо пишет далее, «повышение плодородия почвы зависит от человека, обрабатывающего ее, от того, насколько полно соблюдаются агротехнические правила» [4, с.15]. 7-12 февраля 1949 г. состоялась 2-я научная сессия ДагБАН. Здесь он выступил с сообщением и опубликовал в ее трудах статью под названием «Некоторые итоги изучения почв летних пастбищ Южного Дагестана» [5]. По его мнению, впервые высокогорные почвы были выделены в особую генетическую группу русским исследователем Н. А. Богословским, который в 1902 г. предложил назвать высокогорные почвы горно-луговыми [5, с.225]. Он считает, что первые сведения о горно-луговых почвах Кавказа мы находим в работах профессора С. А. Захарова. По его мнению, эти почвы в пределах Дагестана представлены двумя группами, а именно, горно-луговыми на глинистых сланцах и горно-луговыми чёрноземовидными на известняках [5, с.295]. А. С. Солдатов летом 1947 г. исследовал альпийские и субальпийские почвы в Ахтынском и Рутульском районах Дагестана, на хребтах и их склонах на высоте 1500-3700 м над уровнем моря, изучил более 10 колхозов, исследуя почвы многих пастбищ Мезанского сельсовета (колхоз им. Орджоникидзе, на склонах у Мезанского перевала в Рутульском районе). Описаны им почвы горы Фальряд, Мидяхиль, Суфри и хребта Хултал-Даг, где расположены пастбища колхоза имени Микояна и др., анализировал климат и материнские породы [5, с.295]. Он выделил в данной статье: 1) горно-тундровые островные и «подушками» почвы; 2) горно-луговые слаборазвитые скелетные легко-суглинистые почвы на сланцах; 3) горно-луговые маломощные суглинистые почвы на элювии глинистых сланцев и песчаников, оснащающимися соответствующими таблицами разрезов, химическим составом [6, с.297]. Данное исследование требует дальнейшего скрупулезного анализа с точки зрения изучения агрохимического, химического свойств почв. А. С. Солдатов в 1952 г. публикует работу, посвященную почвам сельскохозяйственной артели им. Сталина села Чох Гунибского района Дагестана на территории Присулакской низменности [6]. Основу данного исследования составили полевые работы автора в июле и августе 1949 г. одновременно с геоботаническими исследованиями, которое проводилось здесь отделом растениеводства Дагестанского филиала АН СССР [6, с.3]. Им, при исследовании заложены в поле и описаны более 60 глубоких разрезов, главнейшие из них (какие главнейшие автор не указывает – Х. Х., Р. П., А. Г., Д. А., Ш. О.) доходили до грунтовых вод. Одновременно определялись естественная влажность почв и пород, струк-

турные элементы путем сухого просеивания [6, с.3]. Как далее отмечает исследователь, кроме глубоких скважин, было заложено около 10 полуям и прикопок, для установления почвенных границ в природе. Составлялась в процессе полевых работ почвенная карта, карта материнских пород, глубин грунтовых вод, почвенно-мелиоративного района полевых исследований в едином масштабе [6, с.3]. Изучены геоморфологические составляющие. Путем районирования рассмотрены климатические процессы, охарактеризованы такырно-почвенные разности с изучением морфологического профиля, где он недеффицирован [6, с. 5, 101-102]. В представленных рисунках: № 5 отмечены корково-такырные солончаки, покрытые «белыми» солями, бугры солончаков с лебедой бородавчатой кутана Сафар-Али [2, с.101], рисунок № 6, корково-такырные солончаки с кустами соляного колосняка кутана Аджи-аул [2, с. 102] сделана для каждой почвы, в особенности для морфологических признаков [6, с.125-133]. А. С. Солдатов свою работу, посвященную почвенному районированию Терско-Сулакской низменности в кратком изложении начинает словами «решение задания резкого увеличения урожаев всех сельскохозяйственных культур в ближайшие годы, обязывает исследовать почвенные ресурсы республики (Дагестан – Х. Х., Р. П., А. Г., Д. А., Ш. О.) наиболее рационально, на основе достижений науки и опыта передовиков сельского хозяйства» [7, с.84]. Далее, на этой странице он продолжает: «земельные фонды Терско-Сулакской низменности представляют собой основной объект земледелия Дагестанской АССР (мы скажем, как и почвы Приморской низменности к югу от озера Аджи в пределах Дербентского, Сулейман-Стальского и Магарамкентского районов – Х. Х., Р. П., А. Г., Д. А., Ш. О.). Во всех типах почв А. С. Солдатовым в Терско-Сулакской низменности выделены и охарактеризованы солонцево-солончаковатые и солонцово-солончаковые почвы, имеющие слабое засоление (легко растворимых солей менее 2 %). Здесь же отмечает, что площади залегания отдельными группами, а именно луговые, солончаковатые (в сочетании с луговыми и заболотными), глинистые и тяжелосуглинистые, на аллювиальных субглинистых и глинистых породах (площадью 3449 га (2,09 %)), луговые солончаки глинистые и тяжелосуглинистые – 70 568 га (1,74 %), луговые солончаковые глинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных тяжело-суглинистых и глинистых породах – 75 000 га (1,85 %), наименьшую площадь имеют каштановые карбонатные тяжесуглинистые и суглинистые, суглинистые на делювиальных суглинков, подстилаемых галечником – 313 га (0,08 %), лугово-степные солончаковатые глинистые и суглинистые на аллювиальных породах аналогичного механического состава – 6102 га (0,15 %), светло-каштановые солонцевато-солончаковатые глинистые и суглинисты, на аналогичных породах – 6210 га (0,15 %). Изучены эти почвы с широким использованием ландшафтных методов исследования. В цитируемых нами страницах подчеркивается, что для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на почвах региона необходимо мелиоративное обеспечение и устойчивое определение почвы грунтовыми водами. На с. 101 данной работы А. С. Солдатов констатирует: «Рациональное освоение засоленных залежных земель Терско-Сулакской низменности с неблагоприятным естественным оттоком грунтовых вод необходимо создание коллекторно-дренажной сети для отвода соленых грунтовых вод системы (какой не называет – Х. Х., Р. П., А. Г., Д. А., Ш. О.) системы орошения с промывками засоленных почв и определением верхних слоев грунтовых вод. На этой же странице А. С. Солдатовым подчеркнуто пресные грунтовые воды (1-2 грамма на литр) рекомендуется использовать для промывок засоленных почв и для орошения полей, не допуская их бесполезного отвода [8]. Он здесь же, для разработки мелиоративных мероприятий по почвам района Терско-Сулакской низменности рекомендует дополнительное изучение ряда специаль-

ных мелиоративных вопросов с использованием публикуемых данных о почвах низменности (каких не называется – Х. Х., Р. П., А. Г., Д. А., Ш. О.). Данное исследование требует дальнейшего изучения исходя из реальностей первого двадцатилетия XXI века. Территория Держинской оросительной систем в Хасавюртовском и Бабаюртовском районах составляет 170 тыс. га [10, с.97] – предмет изучения почв А. С. Солдатова. Он выделяет шесть почвенных районов, залегающий: 1) выше уровня океана (в метрах) от 0 до 10 м и более; 2) от 0 до 3; 3) ниже океана, от 5 до 10 м; 4) от 10 до 15 м; 5) ниже от 15 до 20 м; 6) ниже от 20 до 27. Здесь автор работы подробно излагает содержание валового азота и фосфора его грунта и почв луговых разновидностей, солончаков. С этой работой тесно перекликивается другая работа А. С. Солдатова, связанная с их засолением [9] он рассматривает почвообразование не только Терско-Сулакской низменности, но дельтовой аллювиальной области, выделяя 3 стадии этого процесса: 1) начального почвообразования, которое формируется примитивные почвы на слоистых слабо сортированных аллювиальных почвах, предшествующих почвенно-луговым почвам; 2) почвенно-лугового почвообразования с преобладанием пойменно-луговых и болотных, местами солонцеватых и солончаковатых почв; 3) почвообразование на древних осушенных частях низменности в процессе которого формируются и преобладают типичные для дерново-аллювиальных низменности лугово-дерновые почвы; на более поздних стадиях лугово-дерновый процесс сопровождается заметным соленакоплением; 4) почвообразование в условиях отрыва от грунтового и паводкового увлажнения, приводящего к постепенному прекращению лугового процесса и соленакопления с переходом почв дельтово-аллювиальной низменности (через лугово-степные и лугово-каштановые почвы) в зональные почвы каштанового типа [10, с.15]. В данной работе выделяются и характеризуются почвы лугово-степные солонцеватые, луговые, лугово-степные солончаковатые, лугово-солончаковатые, луговые солонцевато-солончаковые, луговые солончаковые, солончаки. Работа А. С. Солдатова, изданная в 1964 году, посвящается изучению перспектив рассоления почв в одном из важнейших районов Северного Дагестана, каким является Терско-Сулакская низменность [11]. Здесь рассматриваются вопросы формирования почвенного покрова, изучение физико-географической особенности региона и геолого-геоморфологической составляющей. На с. 51-59 данной работы А. С. Солдатов дает почвенное районирование рассматриваемой низменности, разделив на следующие группы районов: 1) районы первой группы с площадью 193953 га массивами почв – темно-каштановых карбонатных и слабосолонцеватых, лугово-каштановых, светло-каштановых, пойменно-луговых, солонцевато-солончаковых вдоль рек Терек, Сулак и в местах из регионов; 2) район второй группы – с площадью 304850 га, где почвы светло-каштановые, солончаковатые и рыхло-песчаные; 3) район третьей группы, с площадью 145663 га. Почвы лугово-болотные солончаковатые, пески приморские бугристо-бархатные и слабозакрепляющие. В дельто-аллювиальной области шесть типов с площадью 30 тыс. га каждой [11, с.59]: 1) Вдоль реки Терек. Район орошения луговых незасоленных, солончаковатых, лугово-каштановых на суглинках и песках в комплексе с луговыми почвами; 2) Почвообразующие породы преимущественно аллювиальные суглинистого и глинистого состава; 3) Район орошаемого земледелия; 4) Центральная часть территории оросительной системы. Почвообразующие породы – глины, суглинки, постилаемые песками тяжелыми суглинками. В северной и южной части с. Мужут – почвообразующие породы – глины с прослойками суглинков и песками, где почвообразующие породы – тяжелые суглинистые, засоленные глинистые вдоль речки Аликазган [11, с. 59]. На с. 76 автор исследования уделяет внимание вертикальном дренажу, что по сравнению с горизон-

тальным имеет значительные преимущества: глубина залегания грунтовых вод может регулироваться в соответствии с необходимостью; по его мнению, может устраняться опасность реставрации заголения повторными промывками, если в этом будет необходимость; создаются благоприятные условия для быстрого опреснения верхних слоев грунтовых вод, корнеобитаемого слоя и перемещения солей в поток грунтовых вод с отводом за пределами рассолённых территорий; строительство вертикального дренажа [11, с. 76]. По его мнению, каждый дренажный колодец даёт определенный положительный эффект, пресные и слабозасоленные дренажные воды, т. е. могут быть использованы в чистом виде или в смеси с поверхностными водами для орошения и промывки засоленных земель [11, с.76]. Приложены таблицы химического солевого состава почв низменности, минерализация грунтовых вод [11, с.79], которые дополняют текстовую часть почвенного исследования. По нашему мнению, анализ почвенных исследований А. С. Солдатова необходимо продолжить. Это касается, прежде всего, молодых почвоведов. Конечно, мы осознаем, что не все вопросы, затронутые в исследовании этого крупного почвоведа юго-западной России изложены дотошно, но и данное исследование имеет свою актуальность для дальнейшего изучения. Скажем, А. С. Солдатов остался в дагестанском почвоведении, как специалист высокого класса, прекрасный руководитель, кому можно подойти не только по научным вопросам, но и для решения любых житейских вопросов.

#### Список литературы

1. Богучарсков В. Т. История географии: учеб. пособие для вузов. М.: Академический Проект, 2006. – 560 с.
2. Капустянская Н. Г. Почвенный покров Низменного Дагестана // Физическая география Низменного Дагестана. – Тр. ест.-геогр. фак-та. – Вып. 7. – Махачкала: Дагучпедгиз, 1972. – С. 108-122.
3. Пайзулаева Р. М., Ханмагомедов Х. Л., Курбанов С. А., Гебекова А. Н. Почвы Теркемейской равнины Дагестана // Проблемы развития АПК регионов: Ежеквартальный научно-практический журнал. – Махачкала: Изд. Даг. гос. аграр. ун-та. 2020. – С. 109-116.
4. Солдатов А. С. Плодородие почвы и борьба за урожай. Популярная серия. – Вып. 8. – Махачкала: Изд. Даг. исследовательской базы АН СССР, 1947. – 16 с.
5. Солдатов А. С. Некоторые итоги изучения почв летних пастбищ Южного Дагестана – Труды 2-ой научной сессии Дагестанской базы АН СССР 7-12 февраля 1949 г. – Махачкала: Изд-во Даг. базы АН СССР. 1949. С. 294-307.
6. Солдатов А. С. Почвы сельскохозяйственной артели имени Сталина сел. Чох Гунибского района ДАССР (на материале Присулакской низменности). – Махачкала: Изд. Даг. фил. АН СССР, 1952. – 147 с.
7. Солдатов А. С. Почвенные районы Терско-Сулакской низменности и их краткое описание // Тр. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР. – Т. 2. – Махачкала: Изд. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР. 1955. – С. 84-102.
8. Солдатов А. С. Почвенные исследования в Дагестанской АССР // Вопросы почвоведения, агрофизики и агрохимии. – Тр. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР. – Махачкала. Изд. Даг. фил. АН СССР. 1956. – С. 5-29.
4. Солдатов А. С. Почвы Дзержинской оросительной системы в связи с их засолением. // Вопросы почвоведения, агрофизики и агрохимии – Тр. Отдела почвоведения Даг.

фил. АН СССР. – Махачкала. Изд. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР, 1959. – С. 5-96.

5. Солдатов А. С. Почвенное районирование территории Держинской оросительной системы. // Вопросы почвоведения, агрофизики и агрохимии – Тр. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР. – Махачкала. Изд. Отдела почвоведения Даг. фил. АН СССР, 1959. – С. 97-112.

6. 11.Солдатов А. С. Перспективы рассоления почв Терско-Сулакской низменности. – Махачкала: Даг. кн. изд-во, 1964. – 124 с.

7. Архив Дагестанского Федерального исследовательского центра РАН. – Ф. 1. – Оп. 4. – Ед. хр. 1. – 31 л.

8. Архив Дагестанского Федерального исследовательского центра РАН. – Ф. 1. – Оп. 1. – Ед. хр. 138. – 33 л.



**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СОЕДИНЕНИЙ  
ВАНАДИЯ И МОЛИБДЕНА НА ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ФИТОПЛАНКТОНА В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ**

Хорошевская В. О, Предеина Л. М.  
ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета  
г. Ростов-на-Дону  
vv.z2@yandex.ru

**TO THE ISSUE OF THE INFLUENCE OF INCREASED CONCENTRATIONS OF  
VANADIUM AND MOLYBDENUM COMPOUNDS ON PHYTOPLANKTON LIFE  
INDICATORS IN THE TAGANROG GULF**

Khoroshevskaya V.O., Predeina L.M.

**Аннотация.** В статье обобщены данные по источникам поступления биометаллов (ванадия и молибдена) в воды акватории восточной и центральной части Таганрогского залива и накопления их в поверхностном слое донных отложений. Приведен анализ возможной связи интенсивного развития фитопланктона, в особенности цианобактерий, с повышенными концентрациями ванадия и молибдена в этой части акватории залива.

**Ключевые слова.** ванадий, молибден, фитопланктон

**Abstract.** The article summarizes data on the sources of high concentrations of biometals (vanadium and molybdenum) in the waters of the Eastern and Central part of the Gulf of Taganrog and their accumulation in the surface layer of bottom sediments. An analysis is made of the possible connection between the intensive development of phytoplankton, especially cyanobacteria, and the arrival of biometals in this part of the Gulf area.

**Keyword.** vanadium, molybdenum, phytoplankton

Проблема интенсивного развития цианобактерий в летне-осенний вегетационный период в последние пятнадцать лет, которые отличались снижением водного стока р. Дон по отношению к среднемноголетнему, характерна не только для речных вод Нижнего Дона [11], но и для «зон смешения» речных и морских вод с соленостью до 5 ‰ в восточной и центральной частях Таганрогского залива. Эта тенденция отмечается рядом исследователей, системно наблюдавших развитие фитопланктона в Таганрогском заливе. По данным [6] с 2007 до 2012 гг. биомасса фитопланктона во всем заливе возросла с 3380 до 6020 мг/м<sup>3</sup>. Эти годы характеризовались благоприятными условиями для интенсивной вегетации фитопланктона (повышенный температурный фон, преобладающая ветровая депрессия). Летом массовое развитие водорослей охватывало всю акваторию Таганрогского залива. Основу биомассы формировали цианобактерии. С 2013 г., с увеличением солености и сокращением ареала пресноводных видов, максимального развития фитопланктон в Таганрогском заливе достигал в восточном и центральном районах [7]. Исследования планктонного альгоценоза Таганрогского залива с 2003 г. проводились также сотрудниками ЮНЦ РАН. Полученные ими результаты согласуются с выводами других исследователей данного водоема и свидетельствуют, что зона максимального развития микроводорослей сместилась в восточную часть Таганрогского залива, особенно в летне-осенний период, вследствие цветения цианобактерий

[2]. Важной особенностью восточной части Таганрогского залива, где отмечается зона максимального развития фитопланктона, является поступление важных для стимулирования развития фитопланктона биометаллов, ванадия и молибдена [5,10].

Одним из основных источников поступления ванадия и молибдена в восточную часть Таганрогского залива является речной сток. Изучение процессов потребления водорослями ванадия в Таганрогском заливе в 80-х годах прошлого века показало, что оно сравнимо с поступлением металла в растворённом состоянии с водным стоком р. Дона [12]. Установлено, что в устье р. Дон в 2012-2014 гг. в различные гидрологические сезоны отмечались превышающие предельно допустимые концентрации ванадия и молибдена, установленные для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рыб.</sub>) и составившие 1 мкг/л для обоих металлов. Концентрации ванадия варьировали от 8 до 10 мкг/л, молибдена – от 2 до 4 мкг/л [8]. В устье р. Миус концентрации ванадия варьировали от 3 до 22 мкг/л, а молибдена 3 до 12 мкг/л [8].

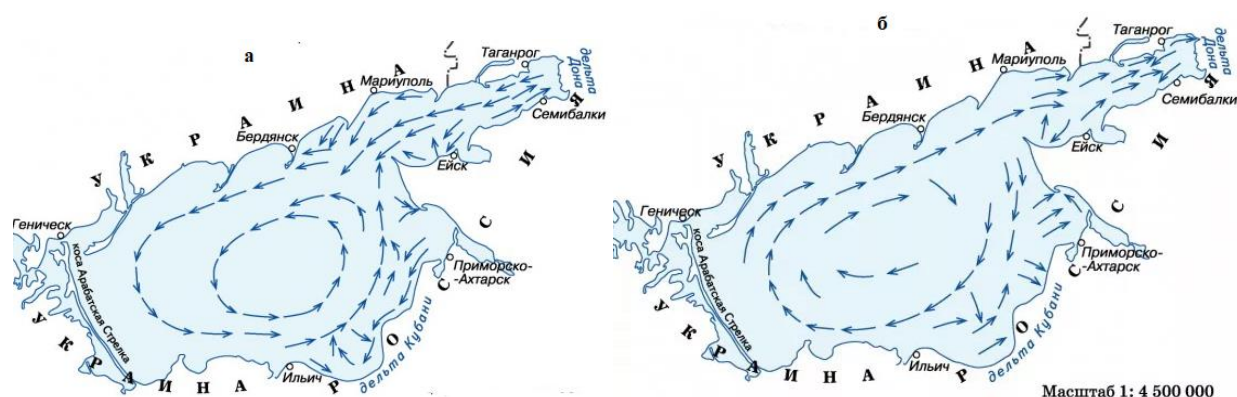
Другим важным источником поступления ванадия и молибдена в прибрежные воды Таганрогского залива являлись сточные воды г. Таганрог. Исследования по содержанию этих биометаллов в прибрежных водах Таганрогского залива в районе г. Таганрог, проводившиеся в 2000, 2003, 2005, 2007 и 2008 гг., приведены в работе [3]. Точки отбора проб показаны на рисунке 1.



**Рис. 1.** Карта – схема прибрежной зоны Таганрогского залива в районе г. Таганрог (1, 2, 3 – точки отбора проб) [3]

Точка отбора проб № 1 располагалась в прибрежных водах рядом с санкционированной свалкой морского грунта порта Таганрог. В 2006 г. среднегодовые концентрации ванадия и молибдена там достигали 2 мкг/л. Эта точка отбора проб располагалась в районе выпуска очистных сооружений г. Таганрог. Проблема несанкционированных сбросов неочищенных стоков через ливневый коллектор в воды Таганрогского залива в районе села Петрушино на момент написания статьи была не решена. В месте выпуска очищенных вод от городских очистных сооружений в прибрежных водах обнаруживались концентрации ванадия, превышавшие ПДК в 4 раза, молибдена – в 2 раза. Точка отбора проб № 2 располагалась в устье р. Самбек, которая впадает в Таганрогский залив. По данным мониторинга поверхностных вод суши, приведенным в работе [3], в 2005 г. воды малых рек г. Таганрог характеризовались высоким содержанием ванадия и молибдена, концентрации которых достигали соответственно 19 и 8 мкг/л, что превысило ПДК в 19 и 8 раз.

Для Таганрогского залива характерен интенсивный водообмен и перемешивание водных масс. Шееобразные течения с суточным периодом, направленные днем к устью впадающей в залив реки Дон, а ночью – от устья реки в сторону моря, вызывают суточные колебания уровня воды, достигающие у побережья г. Таганрог амплитуды от 50 до 80 см. Основной причиной возникновения течений в Таганрогском заливе является ветер, вызывающий, в основном, течения смешанного типа: непосредственно от воздействия ветрового поля на воду и образующиеся после сгонно-нагонного перемещения водных масс (рис. 2). Вследствие этих процессов речные и прибрежные воды, содержащие повышенные концентрации ванадия и молибдена, разносятся по всей акватории Таганрогского залива. В исследованиях [8] в 2012-2014 гг. установлены высокие концентрации ванадия и молибдена в прибрежных водах центральной части Таганрогского залива в районе порта г. Ейск, варьировавшие в июле соответственно от 8 до 24 мкг/л и от 4 до 11 мкг/л.



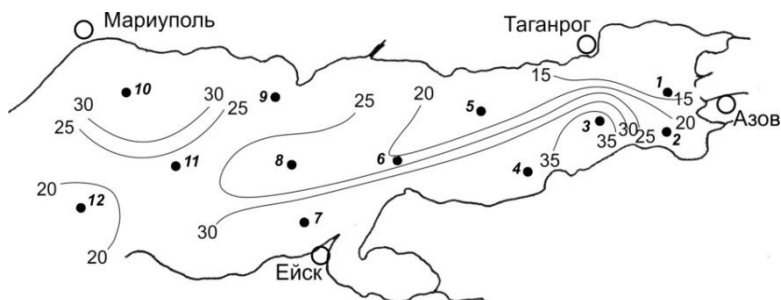
**Рис. 2.** Карта – схема течений в Азовском море при северо-восточном (а) и юго-западном (б) направлениях ветра [1]

Представленные данные свидетельствуют о том, что в водных массах по всей акватории Таганрогского залива обнаруживаются повышенные концентрации ванадия и молибдена, превышающие ПДК<sub>рыб</sub>. Находясь в водной толще, эти металлы сорбируются взвесью и фитопланктоном, осаждаются и накапливаются в донных отложениях. По данным исследований [9] содержание ванадия в донных отложениях Таганрогского залива в октябре 2012 г. изменялось в диапазоне от 15 до 35 мкг/г сухого веса, в апреле 2014 г. – от 10 до 20 мкг/г (содержание в среднем снизилось на 30-40 %), молибдена – от 0,8 до 4,0 мкг/г в октябре 2012 г. и от 0,8 до 4,0 мкг/г в апреле 2014 г. (было стабильным). Содержание молибдена в донных отложениях в отдельных районах достигало значений, превышающих его кларк для осадочных пород в два раза (кларк – 2 мкг/г). Распределение содержания ванадия и молибдена в поверхностном слое донных отложений Таганрогского залива представлено на рисунках 3 и 4. Известно, что при определенных физико-химических условиях в придонных слоях воды донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения воды, в том числе соединениями ванадия и молибдена. Учитывая тот факт, что в Таганрогском заливе небольшие глубины, а также интенсивный водообмен и перемешивание водных масс, донные отложения в определенные периоды могут быть еще одним источником повышенных концентраций ванадия и молибдена в воде.

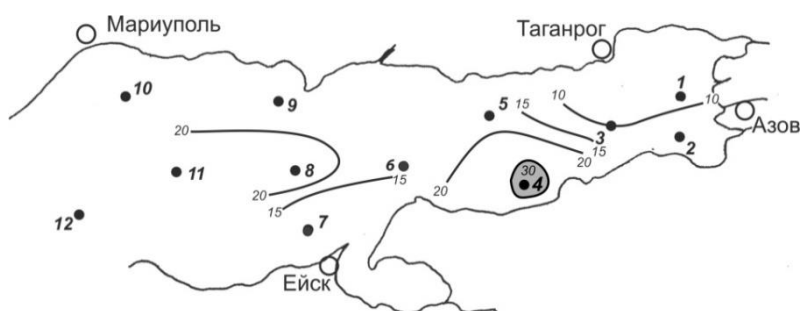
В лабораторных экспериментах на природной воде из р. Дон по изучению влияния добавок анионных форм ванадия и молибдена в широком диапазоне концентраций от 0,5 до 100 мкг/л V и Mo установлено, что в мезотрофных условиях пресноводных объектов анион-

ные формы этих металлов при превышении ПДК в 5-25 раз могут оказывать существенное влияние на показатели развития фитопланктона: повышать его численность или биомассу, изменять структуру фитопланктона, а также соотношение численности и биомассы отдельных таксонов и сообщества в целом [5, 10, 11].

а)

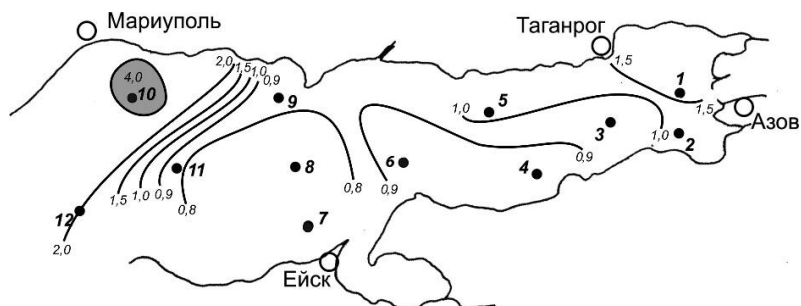


б)

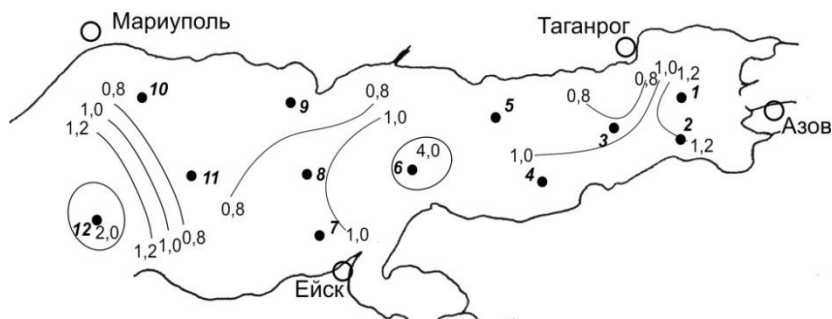


**Рис. 3.** Распределение содержания ванадия в поверхностном слое донных отложений Таганрогского залива, мкг/г, в октябре 2012 г. (а) и апреле 2014 г. (б)

а)



б)



**Рис. 4.** Распределение содержания молибдена в поверхностном слое донных отложений Таганрогского залива, мкг/г, в октябре 2012 г. (а) и апреле 2014 г. (б)

Учитывая, что соединения ванадия и молибдена в воде присутствуют, в основном, в анионной форме [4], следует предположить, что поступление этих биометаллов в Таганрог-

ский залив может быть одним из важных факторов, стимулирующих развитие фитопланктона и усиливающих цветение воды цианобактериями.

#### Список литературы

1. География. Моря России – Азовское море. Интернет ресурс: <https://geographyofrussia.com/morya-rossii-azovskoe-more/>
2. Бердников С. В., Клещенков А. В., Кренева К. В., Глущенко Г. Ю., Дашкевич Л. В., Кулыгин В. В., Герасюк В.С., Сапрыгин В. В., Булышева Н. И. Результаты морских научных исследований Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) в Азовском море в 2003-2018 гг. Ч. 2: Гидробиология // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т.2, №4. С.7-23.
3. Вишневецкий В. Ю., Ледяева В. С. Экспериментальные исследования динамики концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое воды в Таганрогском заливе // Инженерный вестник Дона. Сетевое издание. № 4 (часть 1), 2012 г. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1140>
4. Никаноров А. М., Иваник В. М. Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения) – Ростов-на-Дону: Из-во ООО «Центр Печатных Технологий Артартель», 2014. 548 с.
5. Предеина Л. М., Хорошевская В. О., Андреев Ю. А., Котова В. Е. Влияние молибдена на фитопланктон, БПК<sub>5</sub> и активность щелочной фосфатазы в лабораторном эксперименте // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 4 (76). С. 82-91.
6. Сафронова Л. М. Основные тенденции развития фитопланктона Азовского моря в условиях современного осолонения // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. (2012– 2013) АзНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2015. С. 216–22.
7. Сафронова Л. М., Лужняк О. Л. 2016. Трансформация фитопланктона Азовского моря в условиях современного осолонения // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. “Морские биологические исследования: достижения и перспективы”. Т. 2. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика. С. 417–420.
8. Хорошевская В. О. Результаты экспедиционных исследований содержания ванадия, никеля и молибдена в водах рек Приазовья // Глобальный научный потенциал, № 2 (47). 2015. С.7-12
9. Хорошевская В. О. Распределение ванадия, никеля и молибдена в донных отложениях Таганрогского залива // Известия вузов. Северо-Кавказский регион, 2015, №3. С.113-118.
10. Хорошевская В. О., Предеина Л. М., Кожевников А. В., Коренева К. О. Эксперимент по установлению влияния ванадия на жизнедеятельность фитопланктона // Вода: химия и экология, 2016, №4. 2016. С.79-86.
11. Хорошевская В. О., Предеина Л. М. Приоритетные биометаллы водосборных территорий и их влияние на первичную продукцию Нижнего Дона, установленное в результате экспериментов на природной воде // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения – Сборник научных трудов.- Москва: Студия Ф1, 2019, С.467-471.
12. Хрусталёв Ю. П. Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны. Л.: Наука, 1989. 267 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ: БИОТЕСТИРОВАНИЕ**

Хоружая Т. А., Голубкина М. А.

ФГБУ «Гидрохимический институт», ФГБУН «Институт водных проблем РАН»,

Гидрохимический отдел

г. Ростов-на-Дону

Khorugajat@mail.ru

**ENVIRONMENTAL HAZARD OF TOXIC POLLUTION OF FRESHWATER  
ECOSYSTEMS: BIOTESTING**

Khoruzhaya T. A., Golubkina M. A.

FSBO "Hydrochemical Institute", FSBOS «Institute of water problems of the RAS»,

Hydrochemical Department

Rostov-on-Don

Khorugajat@mail.ru

**Аннотация.** Актуальность проблемы экологической опасности (ЭО) как угрозы наступления негативных событий в пресноводных экосистемах, вплоть до их деградации, очевидна. Особую опасность представляет токсическое загрязнение, выявляемое путем биотестирования. Анализ нормативных документов Росгидромета по методам биотестирования токсического загрязнения на гидробионтах, классификациям токсичности природных вод и донных отложений, а также по экологическому благополучию водных экосистем позволил выделить степени токсичности и параметры неблагополучия, указывающие на ЭО.

**Ключевые слова:** пресноводные экосистемы, токсическое загрязнение, экологическая опасность, биотестирование

**Abstract.** The urgency of the problem of environmental hazard (EH) as a threat of the onset of negative events in freshwater ecosystems, up to their degradation, is obvious. A particular danger is posed by toxic contamination detected by biotesting. An analysis of Roshydromet's regulatory documents on biotesting methods for estimation of toxic pollution on aquatic organisms, classifications of toxicity of natural waters and bottom sediments, as well as methods for detecting ecological trouble in freshwater ecosystems, allowed us to identify the degree of toxicity and parameters of ecological trouble that indicate EH.

**Keywords:** freshwater ecosystems, toxic pollution, environmental hazard, biotesting

Как известно, под экологической опасностью (ЭО) понимают состояния, процессы, а также действия, приводящие к угрозам, вплоть до деградации окружающей природной среды вследствие антропогенных и природных воздействий. Обратное понятие: экологическая безопасность трактуется как приемлемый уровень опасности, зависящий от факторов, её инициирующих [3,12].

Важность проблемы ЭО для существования, устойчивости и способности к самосохранению водной экосистемы (как любой системы), очевидна. Однако, задача оценки ЭО токсического загрязнения водоемов и водотоков до сих пор не ставилась.

Токсическое загрязнение обусловлено присутствием в водной экосистеме (воде, донных отложениях, планктоне и бентосе) загрязняющих веществ, обладающих свойством токсичности для водной флоры и фауны, а также для населения, использующего водные ресурсы для питьевого водоснабжения. Данные химического анализа содержания токсичных веществ недостаточны для оценки реальной токсичности, поскольку она зависит от суммарных эффектов веществ и их взаимодействия в экосистеме. Реальную токсичность можно оценить путем биотестирования – использования методов оценки интегральной токсичности для тест-объектов без химической идентификации и анализа содержания загрязняющих веществ.

Методология и результаты использования биотестирования природных вод обсуждаются с конца 80-х годов прошлого столетия [4] и до настоящего времени [2; 11,13], однако информации по биотестированию в связи с ЭО токсического загрязнения воды и донных отложений в доступных научных публикациях мы не встретили. В то же время число публикаций по биотестированию весьма велико, они весьма разноплановы по задачам и терминологии, часто плохо сопоставимы, в связи с чем возможность использования методов биотестирования для оценки ЭО рассмотрена и проанализирована на примере методов, обеспеченных руководящими документами и рекомендациями Росгидромета. Эти нормативно-методические документы (НД) предназначены для государственного мониторинга поверхностных вод; они проходят нормоконтроль и содержат стандартные методики.

При анализе НД, решались следующие задачи:

- выделение целевых показателей и возможностей методик по каждому НД;
- поиск индикаторов ЭО по классификациям и критериям токсичности воды и донных отложений, включенным в НД;
- сравнительный анализ выявления ЭО при биотестировании на разных тест-объектах;
- поиск индикаторов ЭО по параметрам экологического благополучия состояния водных экосистем;
- анализ ряда практических аспектов получения необходимой информации.

В ходе анализа НД получены следующие результаты.

1. Выделены цели использования биотестирования для выявления ЭО в каждом НД. Результаты обобщены в таблице.

В методиках биотестирования, включенных в НД, оценку токсичности воды и/или донных отложений проводят с помощью одного или нескольких биотестов, используя различные тест-объекты. Наиболее распространены биотесты на низших ракообразных (дафниях, цериодафниях), личинках насекомых (хиномидах), рыбах (гуппи). Особую задачу – оценку токсичности фитоценозов с преобладанием синезеленых водорослей можно решить с помощью биотеста на биомассе фитопланктона цветущего водоема.

К сожалению, до сих пор нет НД на методики биотестирования, в которых тест-объектами служат природные популяции гидробионтов. Ссылки на такую возможность есть во многих НД, однако технология нигде не описана. В то же время использование природных популяций гидробионтов позволяет получить более надежные данные, исключая стресс лабораторных культур на физико-химические параметры воды исследуемого водного объекта. Работы этого направления ведутся в Гидрохимическом институте и запланированы к окончанию в 2021 году.

## Возможности НД по биотестированию для анализа ЭО

№	Название документа, код	Возможности методов для оценки ЭО
1	Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях. Р 52.24.756-2011	Оценка ЭО по токсичности воды и донных отложений в случаях высокого загрязнения. Выявление экологического неблагополучия.
2	Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей. Р 52.24.763-2012	Выявление ЭО по крайним степеням экологического неблагополучия
3	Проведение наблюдений за токсическим загрязнением донных отложений в пресноводных экосистемах на основе биотестирования. РД 52.24.635-2002.	Оценка ЭО по токсичности проб донных отложений и их токсического загрязнения
4	Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. РД 52.24.609-2013	Оценка опасности загрязнения донных отложений токсичными загрязняющими веществами
5	Методы оценки токсического влияния фитоценозов планктона на формирование качества поверхностных вод суши. Р 52.24.809-2014	Оценка опасности (токсинов) синезеленых водорослей при цветении воды
6	Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоемов. РД 52.24.868-2017	Установление ЭО на основе степеней, критериев токсичности и нормативных требований по наихудшим результатам биотестирования из набора биотестов

Как видно из таблицы, рассмотренные НД содержат материалы, которые могут быть обобщены и систематизированы для поиска индикаторов ЭО токсического загрязнения водных объектов.

2. При поиске индикаторов ЭО по включенным в НД классификациям и критериям токсичности воды и донных отложений, особое внимание уделено рекам. На реках легче найти условно чистый участок, т. е. участок, находящийся вне зоны влияния источника загрязнения. Такой участок, в частности, может быть фоновым створом сети наблюдений Росгидромета.

Логично предполагать, что наиболее опасными являются наиболее высокие степени токсичности, выявляемые в зоне влияния источника загрязнения. К ним относятся ранги классификаций: «очень токсичная вода», «экстремально токсичная вода», а также острое токсическое действие (ОТД) воды или донных отложений на гидробионтов (тест-объектов). Эти показатели обычно регистрируют при биотестировании на зоопланктоне, зообентосе; они используются не только в руководящих документах и рекомендациях Росгидромета, но и в международных и отечественных стандартах.

Следует, тем не менее, отметить, что если исходить из общепринятого мнения о том, что природная вода водоемов и водотоков не должна быть токсичной, то следует считать



опасными не только наиболее высокие степени токсичности, например, ОТД, но и любую токсичность, обнаруженную при биотестировании на гидробионтах. Однако, предлагаемые выше индикаторы ЭО – по наиболее высокой токсичности, вполне корректны, так как в случае слабых воздействий и незначительной токсичности, ситуацию нельзя идентифицировать как опасную, численность популяций гидробионтов с коротким жизненным циклом, таких как зоопланктон, быстро восстанавливается, формируются фенотипические адаптации.

3. Возможности выявления ЭО при биотестировании с использованием разных лабораторных культур тест-объектов существенно отличаются. Значительная часть методик основана на использовании гидробионтов с коротким жизненным циклом, хотя их чувствительность и устойчивость к воздействию фактора токсичности зависят от индивидуальных видовых особенностей. Именно поэтому для анализа токсичности природных вод используют наборы биотестов (battery for biotesting), рассчитывая, что в набор попадут чувствительные к присутствующим в пробе воды токсичным веществам гидробионты. По наиболее чувствительному биотесту делают итоговый общий вывод (по наихудшему результату).

Препятствиями для определения индикаторов ЭО и перенесения результатов биотестирования на прогноз ситуации в водной экосистеме служит способность к быстрому восстановлению популяций, а также природные циклические флуктуации численности водных сообществ. Так, можно считать, что биотесты на водорослях по численности фитопланктона – недостаточно надежный индикатор для выявления ЭО. С другой стороны, сами водоросли являются источниками веществ, токсичных для биоты экосистемы, как показал упомянутый метод оценки токсичности синезеленых [7].

С точки зрения получения экологической информации, приближенной к метаболизму экосистем и круговороту веществ, наилучшим кандидатом на индикатора ЭО может быть биотест на представителях высшего трофического звена – рыбах. Возможно, методика на односуточной молодежи гуппи [1] покажет достаточную чувствительность при биотестировании природных вод.

4. Задача выявления индикаторов ЭО по критериям экологического благополучия легко решается на основе определения крайних степеней неблагополучия: чрезвычайной экологической ситуации, как угрозе для водной экосистемы и экологического бедствия как свершившегося негативного события. В числе критериев этих состояний согласно [5, 6] включены данные биотестирования на дафниях, а также биоиндикация состояния ряда водных сообществ.

5. При оценке токсического загрязнения водного объекта индикаторами ЭО могут быть результаты пространственно-временного анализа рядов данных биотестирования проб воды и донных отложений. Так, в качестве показателя ЭО токсического загрязнения могут быть использованы данные сети наблюдений Росгидромета или данные научных исследований по достаточному числу проб в году с установленными рангами высокой степени токсичности (например, ОТД), и, следовательно, ЭО.

Наиболее сложным является вопрос об опасности хронической токсичности воды и донных отложений в связи с тем, что высокая частота выявления даже относительно невысокой – хронической токсичности, формирует устойчивый характер токсического загрязнения. Такой подход используется в мониторинге Росгидромета при оценке химического загрязнения.

В случае применения нескольких биотестов можно получить наиболее полные и надежные результаты благодаря тому, что в набор биотестов попадут тест-объекты, чувстви-

тельные к токсичным веществам, присутствующим в тестируемой пробе природной воды или донных отложений.

Таким образом, анализ нормативных документов Росгидромета по методам биотестирования токсического загрязнения на гидробионтах, классификациям токсичности природных вод и донных отложений, а также по экологическому благополучию водных экосистем позволил выделить степени токсичности и параметры неблагополучия, указывающие на ЭО.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р 57163-2016 Вода. Определение токсичности по выживаемости односуточной молоди рыб *Poecilia reticulata* Peters.
2. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. – 400 с.
3. Никаноров А. М., Иваник В. М. Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону, 2014: ООО «Центр Печатных Технологий Артартель», 2014. – 547 с.
4. Никаноров А. М., Хоружая Т. А., Бражникова Л. В., Жулидов А. В. Мониторинг качества вод:  
оценка токсичности. С. Пб.: Гидрометеиздат, 2000. – 159 с.
5. Р 52.24.756-2011. Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случае загрязнения).
6. Р 52.24 763 Р 52.24.763-2012. Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей.
7. Р 52.24.809-2014. Методы оценки токсического влияния фитоценозов планктона на формирование качества поверхностных вод суши.
8. РД 52.24.635-2002 Проведение наблюдений за токсическим загрязнением донных отложений в пресноводных экосистемах на основе биотестирования.
9. РД 52.24.609-2013 Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов.
10. РД 52.24.868-2017 Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоемов.
11. Филенко О. Ф., Терехова В. А. Экологическое предназначение биотестирования: информативность и универсальность /Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии. Материалы международного симпозиума, МГУ, 25–28 октября 2016 г. – М.: ГЕОС, 2016. – С.232-239
12. Хоружая Т. А. Оценка экологической опасности. М.: Книга-сервис, 2002, 208 с.
13. Хоружая Т. А. Использование биотестирования токсичности в оценке качества воды, загрязнения и эколого-токсикологического состояния поверхностных водных объектов /Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии: Материалы международного симпозиума, МГУ, 25–28 октября 2016 г. – М.: ГЕОС, 2016. – С.248-251.

**АККУМУЛЯЦИЯ Zn, Ni И Cu ПОЧВАМИ И РАСТЕНИЯМИ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО (*PHRAGMITES AUSTRALIS* CAV.) ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА АТАМАНСКОЕ (Г. КАМЕНСК-ШАХТИНСКИЙ)**

В. А. Чаплыгин, С. С. Манджиева, Д. Г. Невидомская, Ю. А. Литвинов, И. В. Замулина, А. Г. Федоренко

Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского  
Южного федерального университета  
Ростов-на-Дону  
e-mail: chaplygin@sfnedu.ru

**ACCUMULATION OF Zn, Ni, AND Cu BY SOILS AND REED PLANTS OF THE SOUTH (*PHRAGMITES AUSTRALIS* CAV.) IMPACT ZONE OF THE LAKE ATAMANSKOE (KAMENSK-SHAKHTINSKY)**

V.A. Chaplygin, S.S. Mandzhieva, D.G. Nevidomskaya, Yu.A. Litvinov, I.V. Zamulina, A.G. Fedorenko

**Аннотация.** Исследования содержания Zn, Ni и Cu в почвах и растениях тростника южного (*Phragmites australis* Cav.) проводились в импактной зоне комбината «Химволокно». Установлено полиэлементное загрязнение почв и растений изучаемой территории тяжелыми металлами. Наибольшую концентрацию в растениях и почве имеет Zn, наименьшую – Ni. На фоновых площадках металлы аккумулируются преимущественно в корнях растений, в условиях техногенной нагрузки распределение индивидуально для каждого элемента.

**Ключевые слова:** техногенное загрязнение, тяжелые металлы, тростник южный.

**Abstract.** The investigation of Zn, Ni and Cu contamination in soils and *Phragmites australis* Cav. were carried out in the impact zone of the “Khimvolokno” plant. The bottom sediments and plants polyelemental pollution studied area with heavy metals has been established. The highest concentrations of Zn in plants and soil, and the lowest concentration of Ni were determined. In the background areas, metals accumulate mainly in the roots of plants; under conditions of technogenic load, the distribution is individual for each element.

**Keywords:** technogenic pollution, heavy metals, *Phragmites australis*.

**Введение.** Усиление антропогенного воздействия на окружающую среду год от года становится всё более актуальной проблемой (Лукин, 2005; Motuzova et al., 2014), а изучение особенностей минерального питания растений представляет всё больший интерес для исследователей. Попадая в природную среду, тяжёлые металлы (ТМ) аккумулируются в почве, а следом и растениях в большом количестве и по трофической цепочке переходят в организм животных, а затем и человека. Для растений высокий уровень загрязнения среды обитания является стрессовым фактором, вызывающим интегральный неспецифический ответ в виде адаптации посредством формирования защитных механизмов (Пятыгин, 2008; Kabata-Pendias, Pendias, 2001; Fawzy et al., 2012). Рядом авторов (Bonanno, 2013; Kumari, Tripathi, 2015; Samecka-Cymerman, A., Kempers, 2001) показана высокая эффективность использования группировок *Phragmites australis* для фиторемедиации высокозагрязнённых прудов-отстойников и шламонакопителей, а также очистки систем сточных вод.

Город Каменск-Шахтинский, расположенный в Ростовской области, представляет собой импактную зону, возникшую в результате многолетнего антропогенного воздействия на прилегающие наземные и водные экосистемы. Строительство предприятий химической промышленности в городе в 50-х годах прошлого века привело к превращению естественных озер, расположенных в пойме реки Северский Донец в пруды-отстойники и шламонакопители. Сброс промстоков в эти озера продолжался до середины 90-х годов, что привело к практически полному уничтожению природных экосистем и превращению техногенных озер в опаснейший источник вторичного загрязнения окружающей среды. Фильтрация иловых вод из озер-отстойников привела к возникновению ореола сильно загрязненных грунтовых вод (Приваленко и др., 2000). Зона загрязнения распространилась до месторождений подземных пресных вод, активно используемых для снабжения жителей г. Каменска-Шахтинского питьевой водой.

Целью исследования было определение содержания Zn, Ni и Cu в почвах озера Атаманское, а также аккумуляции и распределения ТМ в растениях тростника южного.

**Объекты и методы.** Объектом исследования было выбрано озеро Атаманское, расположенное в левобережной пойме р. Северский Донец. Озеро представляет собой подковообразное понижение с кочковатой поверхностью и является высохшей старицей. На донных отложениях сформирован почвенный покров. Несмотря на прекращение сброса промстоков в озеро, оно остается вторичным источником техногенного загрязнения окружающей среды.

Площадки мониторинга закладывались с целью установления уровня техногенной нагрузки на почвы озера Атаманское и прилегающие к нему территории. Заложено 8 площадок мониторинга (№№ 3-10) непосредственно на территории озера и еще 2 № 1 и № 2) на прилегающих к нему почвах. Площадки № 1 и № 2, почвы которых представлены аллювиальной и лугово-чернозёмной почвами, являются фоновыми, так как удалены от озера на 660 и 445 м, а от непосредственного места сброса промстоков на 1,9 и 1,7 км соответственно. Образцы техногенно-трансформированных донных отложений озера согласно классификации и диагностики почв России (2004) относятся к технозёмам.

Основным растением, произрастающим на площадках мониторинга, является тростник южный (*Phragmites australis* Cav.), являющийся ценозоообразователем на данной территории. Согласно используемой отечественными гидробиологами эколого-биоморфологической классификации водных и прибрежно-водных растений (Полевая геоботаника, 1976), он относится к экологической группе высокотравных гелофитов.

Сбор образцов растений тростника южного на площадках мониторинга проводился во второй половине августа 2018-2020 гг, в период максимального развития вегетативных и генеративных частей растения. С каждой площадки формировалась средняя проба из растений, состоящая из 8-10 точечных проб. После отбора растения высушивались до воздушно-сухого состояния и измельчались. Корневая часть перед измельчением очищалась от почвенных частиц дистиллированной водой.

Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. Кислотная экстракция ТМ из золы осуществлялась растворением в 20%-ном растворе HCl с последующим определением методом ААС (Методические указания..., 1992). Проведено сопоставление содержания ТМ в исследуемой растительности с максимально-допустимыми уровнями (МДУ) химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (Временный максимально-допустимый уровень..., 1987).

Оценку экологического состояния исследуемых почв проводили по величине общего содержания в них ТМ. Общее содержание Ni, Cu и Zn в почвах определяли рентген-флюоресцентным методом на спектроскане МАКС-GV. Оценка уровня загрязнения почв ТМ проводилась на основе сопоставления с кларком литосферы (Виноградов, 1957) и ПДК (Пределно допустимые концентрации..., 1990) для общего содержания.

**Результаты.** На фоновой площадке № 1 не обнаружено загрязнение аллювиальной почвы изучаемыми элементами. На площадке № 2 установлено незначительное превышение кларка и ПДК для Zn и кларка для Ni в лугово-чернозёмной почве (табл. 1). На всех площадках мониторинга, заложенных на технозёмах отмечается полиэлементное загрязнение ТМ. Содержание металлов в поверхностном слое технозёмов составило: для Ni – 36-380 мг/кг, Zn – 421-68675 мг/кг и Cu – 62-3951 мг/кг.

Среднее общее содержание элементов в почвах озера можно представить в виде следующего убывающего ряда: Zn > Cu > Ni. Во всех образцах технозёмов отмечается превышение кларков литосферы и ПДК для почв (ГН 2.1.7.2041-06, 2006) по Zn – до 827 и 687 раз, по Cu – до 84 и 72 раз и по Ni до 6,6 и 4,5 раза соответственно. Несмотря на рост концентрации ТМ в почве по мере приближения к месту сброса стоков, следует отметить неравномерное распределение концентраций элементов по площадкам, что связано, как отмечает В. В. Приваленко с соавторами (2000), с “захороненными” очагами загрязнения.

Таблица 1

**Общее содержание ТМ в техногенных почвах (слой 0-20 см) района озера Атаманского (2018-2020 гг.), мг/кг.**

№ площадки	расстояние от места сброса промстоков, км	Zn	Cu	Ni
1	1,9	55	15	9
2	1,7	<b>118</b>	52	66
3	1,4	<b>694</b>	<b>62</b>	60
4	1,2	<b>421</b>	<b>188</b>	36
5	1,0	<b>68675</b>	<b>202</b>	<b>380</b>
6	0,5	<b>65310</b>	<b>975</b>	<b>164</b>
7	0,2	<b>57978</b>	<b>3951</b>	<b>152</b>
8	0,1	<b>62032</b>	<b>3346</b>	<b>316</b>
9	0,3	<b>49124</b>	<b>1236</b>	<b>132</b>
10	0,4	<b>40598</b>	<b>856</b>	<b>286</b>
Кларк литосферы		83	47	58
ПДК		100	55	85

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение кларка литосферы (Виноградов, 1957) и ПДК для общего содержания (ГН 2.1.7.2041-06, 2006)

Содержание ТМ в растениях наиболее удаленных от источника загрязнения площадок мониторинга № 1 и № 2 соответствует среднему содержанию для *Phragmites australis* в пойменных ландшафтах данного района (Minkina et al., 2017). Убывающий ряд содержания ТМ в стеблях и корнях растений выглядит следующим образом: Zn > Cu > Ni. Во всех образцах тростника на площадках мониторинга заложенных на технозёме озера Атаманское (№№ 3-10) установлено превышение МДУ для Zn в 1,5-13,5 раза с максимальными значениями на площадках № 8 и № 9 (табл. 2). Загрязнение Cu наблюдается на площадках №№5-10 и со-

ставляет 1,5-2,5 МДУ с максимумом на точке № 7. Для Ni зафиксированы превышения в 2-2,3 МДУ только на площадках № 3 и № 6.

Таблица 2

**Содержание ТМ в различных частях растений тростника южного на площадках мониторинга в районе озера Атаманского (2018-2020 гг.), мг/кг.**

№ площадки и расстояние от места сброса промстоков	Часть растения	Zn	Cu	Ni
1 (1,9)	Стебли	35,7	4,3	1,2
	Корни	48,1	5,4	1,4
2 (1,7)	Стебли	44,6	20,0	1,4
	Корни	57,8	36,0	1,9
3 (1,4)	Стебли	<b>85,7</b>	6,5	<b>5,9</b>
	Корни	59,6	5,9	4,1
4 (1,2)	Стебли	<b>407,9</b>	15,3	1,1
	Корни	138,9	14,2	1,3
5 (1,0)	Стебли	<b>72,6</b>	<b>47,2</b>	2,5
	Корни	119,7	49,4	1,5
6 (0,5)	Стебли	<b>432,4</b>	<b>61,4</b>	<b>6,7</b>
	Корни	255,5	74,0	3,1
7 (0,2)	Стебли	<b>197,8</b>	<b>76,9</b>	0,9
	Корни	93,1	195,0	2,3
8 (0,1)	Стебли	<b>674,9</b>	<b>63,1</b>	1,0
	Корни	1389,8	153,2	3,5
9 (0,3)	Стебли	<b>676,2</b>	27,6	1,4
	Корни	173,0	105,0	2,0
10 (0,4)	Стебли	<b>253,6</b>	<b>44,5</b>	2,8
	Корни	123,3	51,1	2,7
<b>МДУ</b>		<b>50,0</b>	<b>30,0</b>	<b>3,0</b>

Примечание: полужирным шрифтом выделено превышение МДУ для кормовых трав

Различия в содержании Zn в растениях в условиях фона и максимальной техногенной нагрузки составляют до 29 раз для корневой системы и до 19 раз для надземной части растений. Для Cu и Ni эта разница составляет 36 и 18 раз и 2,5 и 5,6 раза соответственно. На площадках № 1 и № 2, не подверженных техногенному загрязнению, отмечается преимущественная аккумуляция всех рассматриваемых элементов в корнях (табл. 2). Для ТМ на загрязненных площадках мониторинга прослеживаются различные закономерности. Так, аккумуляция Zn растениями идет преимущественно в надземной части, Cu – в корнях, а для Ni четкой тенденции распределения между надземной и корневой частью не обнаружено.

**Заключение.** Установлено содержание и распределение ТМ в почвах и растениях импактной зоны комбината «Химволокно» (озера Атаманское). Отмечен экстремально высокий уровень полиэлементного загрязнения ТМ технозёмов озера, достигающий превышения кларков литосферы для Zn, Cu и Ni до 827, 84 и 6,6 раз и ПДК для почв до 687, 72 и 4,5 раза соответственно. Прослеживается рост концентрации поллютантов по мере приближения к месту сброса в озеро промышленных сточных вод. По содержанию в почве ТМ образуют ряд: Zn > Cu > Ni.

В растениях площадок № 1 и № 2 не обнаружено превышений МДУ по ТМ, однако на технозёмах отмечается полиэлементное загрязнение тростника Zn и Cu. Превышение

МДУ химических элементов в надземной части тростника южного составляет 1,5-13,5 раза для Zn, 1,5-2,5 раза для Cu и 2,2,3 раза для Ni. На незагрязненных точках преимущественная аккумуляция ТМ идет в корнях растений, в то время как в условиях техногенной нагрузки тенденции распределения по органам тростника различны. Способность тростника южного произрастать в широком диапазоне уровней техногенной нагрузки и аккумулировать значительное количество элементов позволяет рассматривать данное растение как потенциальный индикатор загрязнения пойменных территорий Ростовской области.

Работа выполнена при поддержке гранта поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029

#### Список литературы

1. Виноградов А. П. 1957. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 239 с.
2. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках 123-4/281-8-87 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Главное управление ветеринарии. М., 1987.
3. Лукин С. В. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005, № 4. С. 27-28.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
5. Полевая геоботаника. Т. 5. Строение растительных сообществ / под ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. Л.: Наука, 1976. 320 с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почвах (Госкомприрода СССР, № 02-2333 от 10.12.90).
7. Приваленко В. В., Мазуренко В. Т., Панасков В. И., Мошкин В. М., Мухин Н. В., Сенин Б. К. Экологические проблемы города Каменска-Шахтинского. Ростов-на-Дону, Изд-во "Цветная печать", 2000. 152 с.
8. Пятыгин С. С. Стресс у растений: физиологический подход // Журн. общ. биол. 2008. Т. 69, № 4. С. 294-298.
9. Bonanno G. Comparative performance of trace element bioaccumulation and bio-monitoring in the plant species *Typha domingensis*, *Phragmites australis* and *Arundo donax*. *Ecotoxic Environ Saf.* 2013. V. 97. P. 124-130.
10. Fawzy M.A., Badr El-sayed N., El-Khatib A., El-Kassem Abo. Heavy metal biomonitoring and phytoremediation potentialities of aquatic macrophytes in River Nile. *Environ. Monitor. Assess.* 2012. V. 184. P. 1753-1771.
11. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. London: CRC Press, 2001. 413 p.
12. Kumari M., Tripathi B.D. Efficiency of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* for heavy metal. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2015. V. 112. P. 80-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.034>.

13. Motuzova G.V., Minkina T.M., Karpova E.A., Barsova N.U., Mandzhieva S.S. Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment // *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. 144. P. 241-246. DOI: 10.1016/j.gexplo.2014.01.026.

14. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Fedorov Yu.A., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // *Journal of Soils and Sediments*. 2017. Vol. 17. P. 1474-1491. DOI 10.1007/s11368-016-1381-x.

15. Samecka-Cymerman, A., Kempers, A.J. Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. *Sci.Total Environ*. 2001. V. 281. P. 87–98.



**АНАЛИЗ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ ПО СТОКУ ФТОРА И ДРУГИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ**

В. И. Чепурная, И. В. Доценко  
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,  
vchepurnaya@sfnedu.ru

**ANALYSIS OF RETROSPECTIVE DATA ON FLUORINE AND OTHER ELEMENTS  
FLOWS IN THE AZOV SEA**

V.I. Chepurnaya, I.V. Dotsenko  
Southern Federal University, Rostov-on-Don  
vchepurnaya@sfnedu.ru

**Аннотация:** Исследование стока микроэлементов необходимо для выявления их источников и баланса в Азовском море. В статье выполнен анализ корреляционной зависимости концентрации фтора от присутствия других элементов в стоках рек Дон и Кубань за 1971, 1972, 1976 гг. Рассчитана теснота связей между содержанием фтора и микроэлементов.

**Ключевые слова:** фтор, корреляционная зависимость, Азовское море, химические элементы

**Abstract:** The research of the trace elements runoff is necessary to identify their sources and balance in the Azov Sea. The article analyzes the correlation dependence of the fluorine concentration on the presence of other elements in the flows of the Don and the Kuban rivers for 1971, 1972, 1976. The closeness of the bonds between the content of fluorine and trace elements has calculated.

**Keywords:** fluorine, correlation dependence, the Azov Sea, chemical elements

Фтор (F) обладает сильными окислительными свойствами и реагирует со всеми элементами, кроме инертных газов. В свободном виде данный химический элемент не встречается, но зато входит в состав почв, минералов, животных и растительных организмов, а также природных вод [1, 5]. В окружающую среду фтор поступает вместе с выбросами, стоками и отходами металлургических заводов, минеральных удобрений и др. [9].

Фтор в небольших количествах находится во всех тканях человека, но главным образом в костях. В крови человека содержание фтора колеблется в пределах 0,03-0,07 мг%. Значительно больше его в костях (10-30 мг%) и особенно много в зубах (в эмали 120-150 мг%, в дентине 50 мг%). В костных тканях и зубах фтор находится в нерастворимом состоянии в виде фторкальциевой соли фосфорной кислоты и фторапатита. В организм он поступает преимущественно с питьевой водой. Оптимальное содержание фтора в воде колеблется в пределах 0,5-1,5 мг/л. В местностях, где содержание фтора в воде низко и пищевые продукты бедны фтором, часто встречается кариес зубов, но, в свою очередь, избыток фтора вызывает другое заболевание – флюороз (крапчатость зубной эмали) [6].

В речном стоке содержание фтора находится в пределах от 0,05 до 0,50 мг/л фтора [7]. Содержание фтора в морских водах около 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, в речных – значения колеблются, наименьшие показатели наблюдаются в известковых районах в результате осаждения фтора

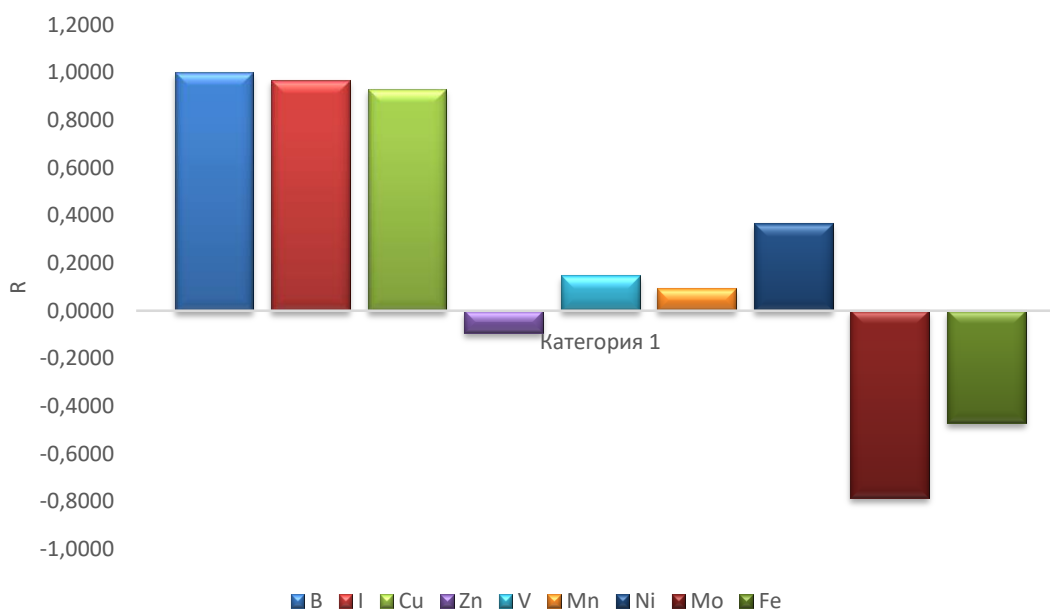
карбонатом или фосфатом кальция [8]. По более поздним сведениям Гольдберга содержание  $F^-$  в морских водах в среднем составляет  $1,3 \text{ мг/дм}^3$  [11].

По данным [10] в настоящее время концентрация фторидов в прибрежных участках южного побережья Таганрогского залива изменяется в пределах  $0,34-0,52 \text{ мг/л}$ . Концентрация фторидов в восточной части Азовского моря выше, чем в восточной прибрежной зоне Таганрогского залива. Такая тенденция характерна и для подземных вод, концентрация фторидов в которых составляет  $0,112-1,022 \text{ мг/л}$  (в среднем  $0,309 \text{ мг/л}$ ). Для вод притоков Мокрая и Сухая Чумбурка, Дон и Кагальник характерны концентрации фторидов близкие по значению к их концентрациям в водах прибрежных участков залива ( $0,325$  до  $0,606 \text{ мг/л}$ ), что может свидетельствовать о воде притоков, как об одном из основных источников поступления фторидов в Таганрогский залив.

За год изменение концентрации фтора в реках происходит не более 2-х раз. В основном, в реки фтор поступает вместе с грунтовыми водами, что объясняет его низкое содержание в период половодья. Еще одним фактором, влияющим на его концентрацию, является степень зарегулированности речного стока [3].

Исследование стока растворенных химических элементов необходимо для количественной оценки загрязняющих веществ, выносимых реками. Поступление микроэлементов в морские бассейны происходит, преимущественно, благодаря выносу их с речным стоком [2].

На рисунках 1,2 представлены объемы выноса микроэлементов реками Дон и Кубань в Азовское море, а так же их корреляционная зависимость от содержания фтора.

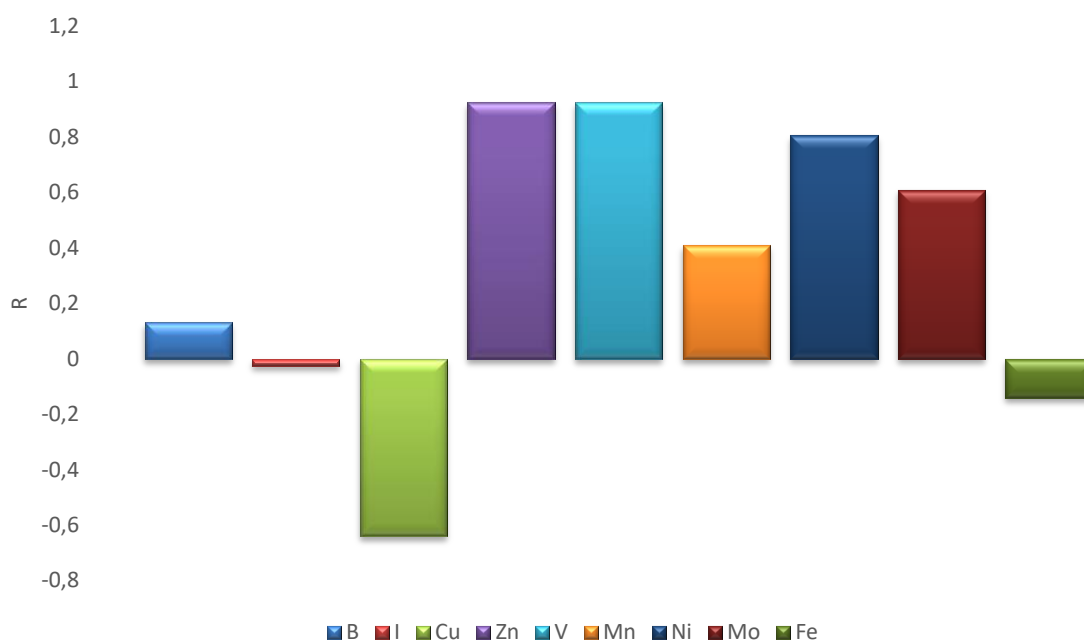


**Рис. 1.** Коэффициенты корреляции между объемами выноса элементов р. Дон и выносом  $F$  (тыс. т/год) (построен на по данным работы [4])

Теснота корреляционной связи (по шкале Чедокка) определяется по коэффициенту корреляции:  $r = \pm 0,1$  до  $\pm 0,3$  (слабая),  $r = \pm 0,3$  до  $\pm 0,5$  (умеренная),  $r = \pm 0,5$  до  $\pm 0,7$  (заметная),  $r = \pm 0,7$  до  $\pm 0,9$  (высокая),  $r = \pm 0,9$  до  $\pm 0,99$  (весьма высокая).

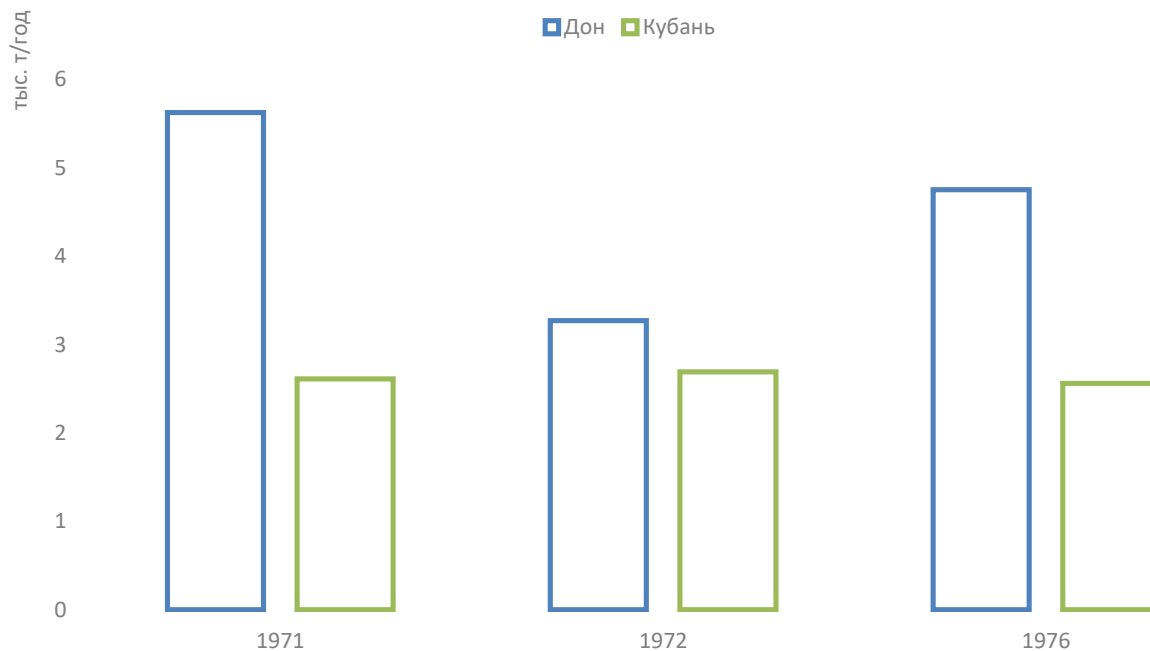
Весьма высокая прямая корреляционная связь со фтором для реки Дон характерна для таких микроэлементов, как B (0,99), I (0,97), Cu (0,93). Высокая обратная – наблюдается для Mo (-0,78). Умеренная прямая корреляционная связь прослеживается для Ni (0,34) и

обратная – для Fe (-0,47). Для V (0,15), Mn (0,096171) фиксируется слабая прямая связь, а слабая обратная наблюдается для Zn (-0,09).



**Рис. 2.** Коэффициенты корреляции между объемами выноса элементов р.Кубань и выносом F (тыс. т/год) (построен на по данным работы [4])

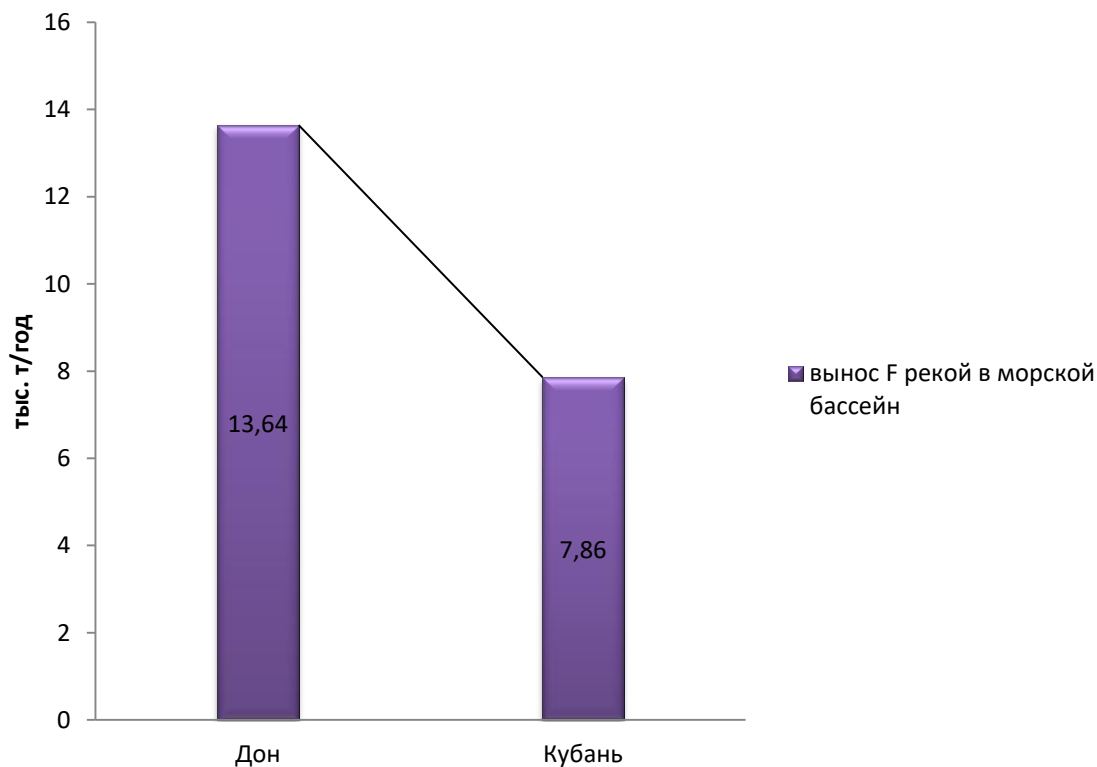
Высокая прямая корреляционная связь для реки Кубань характерна для таких микро-элементов, как Zn (0,9), V (0,9), Ni (0,8). Умеренная прямая корреляционная связь прослеживается для Mn (0,4), B (0,13), заметная прямая для Mo (0,61) и обратная – для Cu (-0,64). Для Fe (-0,14), I (-0,02462) фиксируются обратные слабые связи.



**Рис. 3.** Вынос F реками Дон и Кубань в бассейн Азовского моря (построен по данным работы [4])

Отчетливо прослеживаются различия в количественной характеристике выноса фтора в 1971 и 1976 гг. В 1972 вынос количества данного микроэлемента занимает промежуточное положение.

Предопределяющим обстоятельством в миграции фтора является малая степень растворимости фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ), около 2,1 мг/л, что способствует осаждению фтора на кальциевом барьере. Комплексные соединения фтора, в основном, устойчивы, не подвергаются гидролизу и слабо диссоциируют [1].



**Рис. 4.** Суммарный вынос F реками Дон и Кубань в Азовское море (построен по данным работы [4])

Суммарное количество выноса фтора в реке Дон выше в 1,7 раза по сравнению с выносом фтора рекой Кубань (рис. 4). Такое соотношение объясняется физико-географическими особенностями бассейна [4].

Анализ современных и ретроспективных данных показал четкую корреляционную зависимость величины выноса фтора от водности рек бассейна Азовского моря. Общий вынос фтора реками Дон и Кубань в бассейн Азовского моря за рассматриваемый период составил 21,5 тыс. т.

Выявлены различия в данных реках по доминирующим корреляционным связям между объемами выноса элементов и выносом фтора. Вопрос о причинах корреляционной зависимости между микроэлементами и фтором остается открытым и требует дальнейшего изучения.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю, профессору, д. г.н. Ю. А. Федорову за помощь в работе над статьей.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ «Микромир» №19-05-50097.

## Список литературы

1. Аничкина Н. В. Исследования биогеохимии фтора в компонентах геосистем/ Научное обозрение// Биологические науки. 2016. №3. С 5-23.
2. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком.– М.: Гидрометеиздат, 1983.– 32 с.
3. Зенин А. А., Белоусов Н. В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 238 с.
4. Коновалов Г. С., Коренева В. И. Вынос микроэлементов речным стоком с территории СССР в моря в современный период/ Гидрохимические материалы// Вопросы химии природных вод Советского Союза, методы их изучения: сб. статей/ Гидрохимический институт. – Ленинград; Гидрометеиздат, 1979. – С. 11-21
5. Малафеева А. В. Соединения фтора – загрязнители поверхностных вод зоны влияния криолитового производства// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №4. С 209-211
6. Популярная медицинская энциклопедия Гл. ред. Б. В. Петровский; 2-е изд., перер. и доп. – Ташкент : Советская энциклопедия, 1989. – 703 с.
7. Рысс И. Г. Химия фтора и его неорганических соединений. – М.: Госхимиздат, 1956. – 718 с.
8. Фтор и его соединения: Сборник статей / Под ред. Дж. Саймонса Под ред. чл.-кор. АН СССР И. Л. Кнунынца и канд. хим. наук Я. М. Варшавского; – М. : иностр. лит, 1953. – 510 с.
9. Янин Е. П. Фтор в окружающей среде (распространенность, поведение, техногенное загрязнение) // Экологическая экспертиза, 2007, № 4, с. 2-98.
10. Garkusha D.N., Fedorov Yu.A., Tambieva N.S. Fluorides in Surface and Underground Waters of Southeastern Coast and in Parts of Navigable Channels of Azov Sea // Advances in Engineering Research. Vol. 182, 03.2019. P. 102-105. Proceedings of the VIII Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geo-ecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018). ISBN 978-94-6252-690-7. ISSN 2352-5401.
11. Goldberg E., Minor Elements in Sea Water, in Riley J.P., Skirrow G., eds., Chemical Oceanography, Academic Press, London, 2, Chap.,5, 1965.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ  
ЛУГАНСКОГО РЕГИОНА**

Черных В. И., Черных А. В.

ГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»  
Луганск, VicCher@yandex.ru

**PROSPECTS FOR THE USE OF MAN-DISTURBED LANDS,  
LUHANSK REGION**

Chernykh V.I., Chernykh A.V.

SEE HE «Luhansk state University of the Vladimir Dahl»  
Luhansk, VicCher@yandex.ru

**Аннотация.** В статье дан анализ состояния техногенно нарушенных земель Луганского региона, предложена классификация земельных ресурсов с учетом экологического аспекта их использования и техногенной нагрузки. Предложены пути оптимизации использования техногенно нарушенных земель.

**Ключевые слова:** экологическая ситуация, техногенные нарушения, классификация земель, восстановление нарушенных территорий, породный отвал, рекультивация

**Abstract.** The article analyzes the state of technogenically disturbed lands in the Luhansk region, and offers a classification of land resources based on the ecological aspect of their use and technogenic load. Ways to optimize the use of technogenically disturbed land are proposed.

**Key words:** ecological situation, the anthropogenic disturbances, classification of lands, restoration of disturbed areas, waste rock dump reclamation

Сложившаяся сложная экологическая ситуация в землепользовании Луганского региона требует систематического улучшения нарушенных деградационными факторами земельных угодий и необходимости их содержания в состоянии естественного равновесия с целью сохранения заложенного природой потенциала.

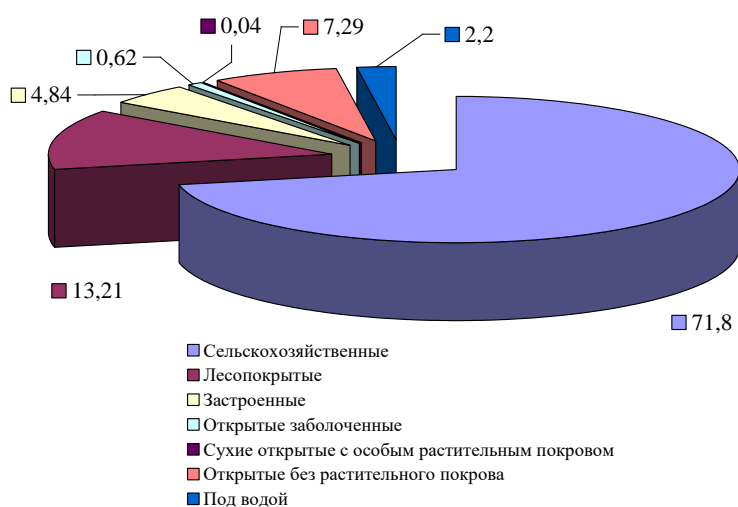
В качестве инструмента классификации земель, отражающего экологический аспект в учете использования земельных ресурсов, может быть использовано следующее разделение.

Земли, которые имеют первоначальные свойства и могут возвращаться в состояние естественного равновесия, воспроизводить свои природные свойства после определенных незначительных антропогенных вмешательств, выполнять функцию экологического стабилизатора и способны поддерживать экологический баланс окружающей среды, включаются в группы земель природного типа (леса, озера, реки, болота, естественные луга и поймы рек, пески, заповедники и тому подобное – доминирует экологическая функция – оздоровление окружающей среды и сохранение качества земель).

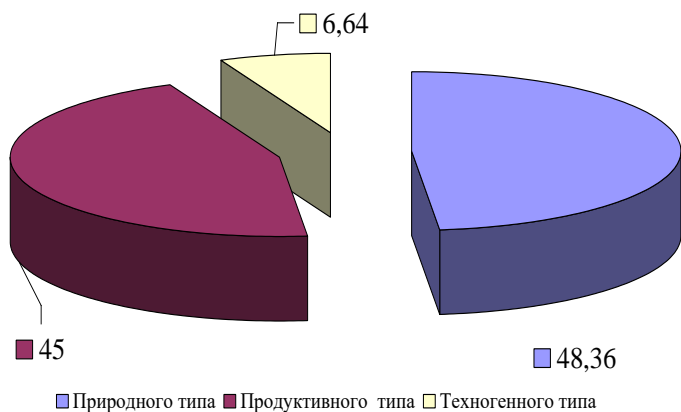
Земельные угодья, утратившие свойства природных экосистем из-за длительных и постоянно изменяющихся антропогенных нагрузок и которые в структуре угодий преимущественно составляют основную долю и отвечают за продовольственное обеспечение населения продуктами питания, включаются в группы земель продуктивного типа (земли с частично измененными ландшафтами: пахотно пригодные агроландшафты – доминирует экономическая функция).

Остальные земли Луганского региона – техногенного типа, с коренным образом измененными экосистемами и существенно нарушенными в них энергетическими связями. Они подвергаются мощнейшей техногенной нагрузке, величина которой является, как правило, постоянной или меняется с небольшой амплитудой. Эти земли характеризуются сильно измененным растительным и животным миром, ухудшенным составом атмосферного воздуха, деформированным, а в некоторых местах и полностью уничтоженным грунтовым покровом (асфальтовое и бетонное покрытия, построенные здания, и т. п.), высокой насыщенностью отходами промышленных производств.

Для сравнения на рис. 1 представлена существующая структура земельного фонда Луганского региона и его структура, выполненная на основе классификации по доминирующему функциональному использованию (рис. 2).

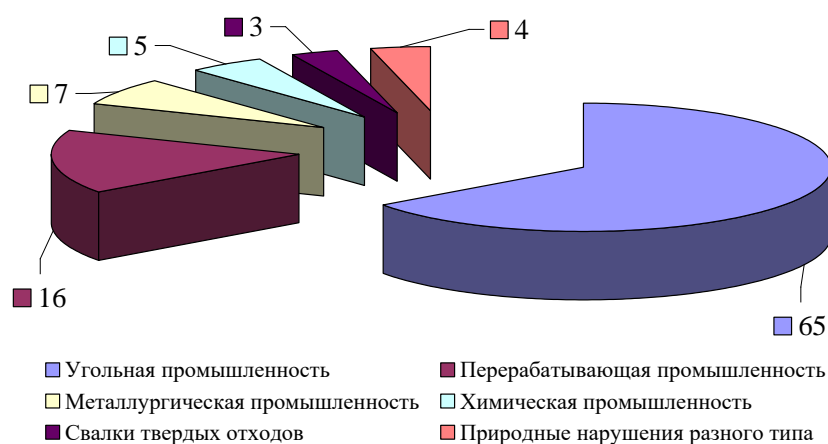


**Рис. 1.** Существующая структура земельного фонда Луганского региона по целевому назначению



**Рис. 2.** Предлагаемая структура земельного фонда Луганского региона

Луганский регион, как составляющая часть Донецкого угольного бассейна, является территорией с большой сосредоточенностью техногенно нарушенных земель (ТНЗ). Из всех факторов, вызывающих их образование, основными являются нарушения от предприятий угольной промышленности (65%), перерабатывающей промышленности (16%), металлургической промышленности (7%), химической промышленности (5%), а также нарушения от свалок твердых отходов (3%). Вместе с техногенными нарушениями имеются также и природные нарушения разного типа, часть которых составляет (4%) рис.3.



**Рис. 3.** Факторы образования ТНЗ на территории Луганского региона.

Анализируя современное состояние нарушенных земель Луганского региона было выявлено, что в средних городах, таких как Алчевск, Свердловск, Краснодон, Стаханов, большая часть промышленного сектора занята угольной промышленностью, значительно меньше металлургической, перерабатывающей и химической. В средних и малых городах, таких как Брянка, Красный Луч, Первомайск, Кировск, имеется исключительно угледобывающая промышленность. Особого внимания в аспекте образованных ТНЗ от предприятий угольной промышленности заслуживает территория «малого Донбасса» (юг Луганского региона), где сконцентрировано большинство предприятий угольной промышленности с самой высокой плотностью населения, чрезвычайно высокой техногенной и антропогенной нагрузкой на биосферу.

Целесообразно дополнить существующие варианты систематизации ТНЗ классификацией нарушенных земель по техногенной средне территориальной нагрузке от застроенных экологически опасными объектами земель, разделив их на три группы.

Авторами определен средний показатель для Луганского региона – 1,0 тыс. га. Предлагаемый вариант классификации показывает несбалансированное развитие районов, при котором промышленные предприятия сосредоточены на юге, а на севере – сельскохозяйственные компании и небольшие предприятия пищевой промышленности. Такая информация будет полезна при выборе и принятии решений по дальнейшему размещению экологически опасных предприятий в регионе и др. случаях.

Сейчас земли техногенного типа использования характеризуются видовой бедностью и однообразием молодых биоценозов, которые из-за длительного пользования лишены свойств природных экосистем, вместе с тем они продолжают выполнять свои функции и имеют высокую стоимость. Кроме того, они отличаются высокой освоенностью, что отражается на уровне антропогенной и техногенной на них нагрузки. Для земель техногенного типа одной из главных опасностей является размещение источников экологического риска, то есть предприятий, деятельность которых вызывает опасность загрязнения земель, ухудшение состояния качества окружающей среды и несет угрозу здоровью населения. Чем больше по размерам населенный пункт, тем больше сосредоточено в нем различных отраслей и производств. Соответственно, растет ассортимент токсинов, которые попадают на близлежащие земли.

Экологобезопасное использование должно выстраиваться с учетом создания безопасной жизненной среды [1], наиболее полного сохранения природных экосистем и



формирования новых эстетично привлекательных ландшафтов. Следовательно, одним из путей оптимизации использования земель техногенного типа является:

- выявление земель, используемых не по назначению и с нарушением установленных законодательством норм;
- просмотр планов застройки с целью их уплотнения и соблюдение всех экологических норм нагрузки, а также в отношении охраны, сохранения, воспроизводства и использования зеленых зон и ландшафтов;
- выведение промышленных и других объектов за пределы населенных пунктов, что обеспечит более компактное их расположение и будет способствовать увеличению пространства для жилой застройки и объектов обслуживающей инфраструктуры, уменьшит техногенную нагрузку на земли самих населенных пунктов.

Научно-техническая проблема восстановления нарушенных территорий охватывает несколько значительных групп вопросов:

- сохранение, восстановление и рациональное использование территориальных ресурсов;
- охрану окружающей среды от промышленного загрязнения;
- уменьшение вредного влияния техногенных явлений на природные комплексы;
- оптимизации техногенных ландшафтов и освоения нарушенных территорий.

Решения всех задач возможно только комплексно в их тесной взаимосвязи. В связи с процессом урбанизации угледобывающих регионов, городам остается или расширять свои пространственные границы, или уплотнять застройку селитебных территорий в существующих границах. Но расширение территории города происходит чаще всего изъятием ценных земель сельскохозяйственного направления, или открытых зеленых или рекреационных зон, что ведет к ухудшению экологической ситуации.

Как правило, города с горнодобывающей промышленностью испытывают дефицит территорий для размещения селитебных зон, зон отдыха, коммунально-складских зон и транспортно-логистических объектов. Альтернативой этим негативным процессам могут быть восстановление ТНЗ, расположенных в пределах городской территории для определенного направления использования в градостроительстве.

Существующий мировой опыт по рекультивации и использованию ТНЗ дает возможность определить основные направления реабилитации городских и поселковых территорий Луганского региона. Теоретическое обеспечение повышения качества городской среды при помощи преобразования ТНЗ – одна из наиболее сложных проблем, ядром которой является глубокое познание и освоение всей совокупности особенностей ТНЗ как компонентов и структурных элементов городской среды.

Рассматривая качественный и количественный состав ТНЗ в 10-ти угледобывающих городах Луганского региона можно говорить о том, что 82% ТНЗ региона находятся под отвалами и терриконами. Поэтому решение проблемы в их рациональном использовании является приоритетом среди других типов нарушений.

Отвалы и терриконы различны по форме и размерам могут быть выразительными акцентами в пространстве зон отдыха, использованы как элементы для трассировки по ним прогулочных маршрутов и обустройство видовых площадок, оборудование террасных садов, трассировки лыжных спусков, участков для экстремальных видов спорта и развлечений, автотомобилотреков, установки мемориальных и памятных знаков, культовых сооружений. При благоустройстве таких участков планировочные работы должны происходить только

после затухания ТНЗ и проведение горнотехнических рекультивационных работ по формированию склонов, подсыпке растительного грунта, озеленение [1].

Перспективным является применение современных рекультивационных технологий, основанных на использовании нетрадиционных мелиорантов. Использование нетрадиционных мелиорантов позволяет повысить производительность рекультивационных работ и заметно снизить затраты на создание питательного слоя. Впервые работы с использованием компонентов осадка сточных вод (ОСВ) выполнены в Польше. Применение нетрадиционных мелиорантов позволяет повысить эффективность рекультивации и значительно снизить затраты на создание плодородного слоя. Исследования подтвердили положительное влияние ОСВ на биомассу растений и накопление в почве органического вещества. На рекультивированных участках успешно выращивают овощи, зерновые и кустарниково-древесные культуры [2].

Перспективным способом рекультивации ТНЗ является применение органоминеральных удобрений. Использование органоминеральных удобрений на основе торфа низинного типа запускает активизацию биологических процессов, обеспечивает корнеобитаемый слой доступным для растений и микроорганизмов органическим веществом и элементами минерального питания, стимулирует развитие и рост растений.

#### Список литературы

1. Голованов А. И. Рекультивация нарушенных земель. / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин ; под ред. А. И. Голованова. / – Изд. 2-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 326 с.
2. Чибрик Т. С. Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. / Екатеринбург: Изд-во Урал, Унта, 2002. – 172 с .

## ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МАЙСКОЕ»

Чернышова Н. А.

ФГБОУ Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

## ORGANIZATION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT MONITORING OF THE MAYSKOE OIL FIELD

Chernyshova N.A.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk

**Аннотация.** В статье приведена характеристика инженерно-геологических условий территории нефтяного месторождения «Майское» Каргасокского района Томской области. Проведен анализ источников загрязнения геологической среды, на основе которого рассмотрена система мониторинговых наблюдений за компонентами окружающей среды.

**Ключевые слова:** источники загрязнения; загрязняющие вещества; воздействие; мониторинг.

**Abstract.** The article describes the characteristics of the geotechnical conditions of the territory of the Mayskoye oil field in the Kargasoksky district of the Tomsk region. The analysis of sources of pollution of the geological environment is carried out, on the basis of which a system of monitoring observations of the components of the environment is considered.

**Key words:** sources of pollution; pollutants; impact; monitoring.

Территория Майского нефтяного месторождения расположена в Обь-Иртышском междуречье, в бассейне реки Васюган, в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. В промышленно-экономическом отношении Майское месторождение находится в Средне-васюганском нефтегазоносном районе.

В административном отношении Майское нефтяное месторождение расположено в южной части Каргасокского района Томской области (рис. 1), в пределах лицензионного участка № 70-3М (Южно-Фестивальный-3).

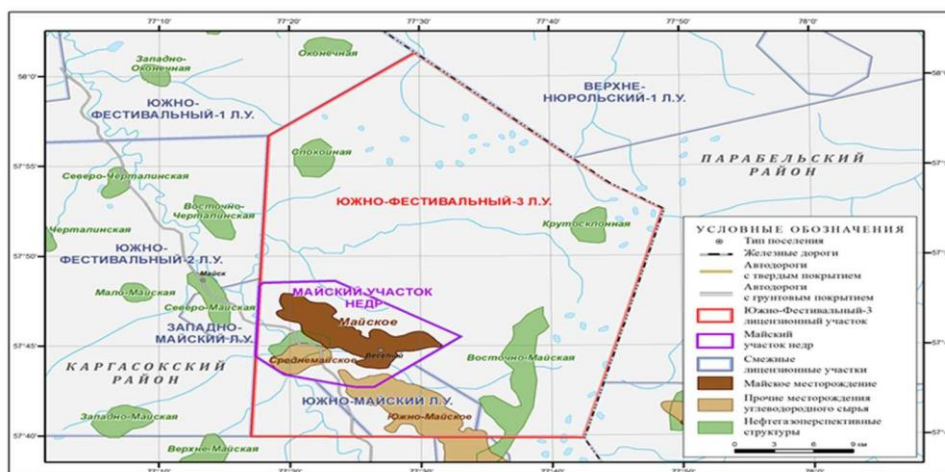


Рис. 1. Обзорная схема расположения месторождения

Гидрографическая сеть района представлена левым притоком р. Обь – рекой Васюган. Река Васюган представляет основную водную артерию в районе. Ледостав начинается в ноябре, а вскрытие рек – в начале мая. Болота промерзают к концу декабря – началу января. Оборудование и материалы доставляются по временным дорогам – «зимникам».

Абсолютные отметки рельефа территории колеблются в пределах от +118 м до +137 м. Сама территория района месторождения представлена широкими заболоченными водоразделами и долинами рек, в общем представляет слаборасчленённую равнину. Процент заболоченности местности составляет 55 – 60% от всей территории. Климат данного района континентальный. Среднегодовая температура составляет +30 С.

Гидрогеологический разрез территории расчленяется на несколько водоносных комплексов:

- Палеоген – четвертичный.
- Верхнемеловой (покурская свита).
- Нижнемеловой (алымская, киялинская, тарская и куломзинская свиты).
- Юрский (васюганская, тюменская и салатская свиты).
- Доюрский.

Территория в пределах участка Майского месторождения приурочена к таежной зоне Западной Сибири южно-таежной подзоне, по площади которой доминирующие лесные сообщества – это темнохвойные кустарничково-мшистые леса и мелколиственные разнотравные леса различные по возрасту. Также, здесь широко представлены верховые болота. Высокая активность болотного процесса приводит к распространенной проблеме лесных пожаров, и является одной из важнейших особенностей строения растительного покрова на участке.

Динамика растительности здесь проходит по характерному сценарию для Западно-Сибирской равнины: произвольные насаждения из березы и осины, или сообщества болотной растительности, замещающиеся коренными темнохвойными насаждениями [2].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвенных покровов, подземных и поверхностных вод являются производственные объекты:

- 5 кустовых площадок;
- установка подготовки нефти;
- площадка подогревателей.

На данном участке от производственных объектов, в атмосферу, почву, и воды выбрасываются следующие загрязняющие вещества: оксиды углерода, диоксид азота, керосин, углерод, диоксид серы, формальдегид, бензопирен.

Производя анализ данных, показатели лабораторного химического анализа поверхностных вод на лицензионном участке можно увидеть, что в водах малых рек содержание трудно окисляемых органических веществ по величине ХПК значительно выше, чем в водах р. Васюган. Это объясняется вкладом болотных вод в формирование водного стока, а как следствие – и гидрохимического стока в общем. Физико-химическими процессами в речном русле активно сопровождается движение водных масс по речной сети, а также увеличением его водного стока. Исследования, проводимые на территории месторождения отображают, что за счет этого происходит явное уменьшение содержаний гуминовых веществ в водотоке.

Химический состав поверхностных вод месторождения "Майское" фактически не отличается от показателей рек таежной части обского бассейна, в целом. Обширная забо-

лоченность водосборных территорий является одним из основных факторов, который определяет качество поверхностных вод. Характерный показатель речных вод, которые расположены ниже по течению – высокое содержание гуминовых веществ, поэтому можно сделать вывод, что их почти полностью сформирован притоком болотных вод. Это отражено и в показателях ручья, который располагается ниже по течению от лицензируемого участка: установлено увеличение содержания нефтепродуктов, кремния, минерализации воды, но показатели величины БПК<sub>5</sub>, ХПК незначительно снижаются. Это вполне объяснимо смешением речных вод.

Содержание гумуса в поверхностном минеральном горизонте дерново-подзолистой почвы, на территории лицензионного участка, составляет около 7,8 %. Торфяной горизонт торфянисто-подзолистой почвы из органического вещества состоит на 72,2%.

Дерново-подзолистые и торфянисто-мелкоподзолистые почвы месторождения "Майское" составляют большую часть почвенного покрова. Характерной особенностью данных почв является слабокислая реакция среды, на поверхности почвы рН составляет от 5,1 до 6,8 единиц по данным изысканий, проводимых на территории месторождения. В органогенном горизонте более кислая обстановка, которая в большей части обуславливается кислотными продуктами разложения органического вещества.

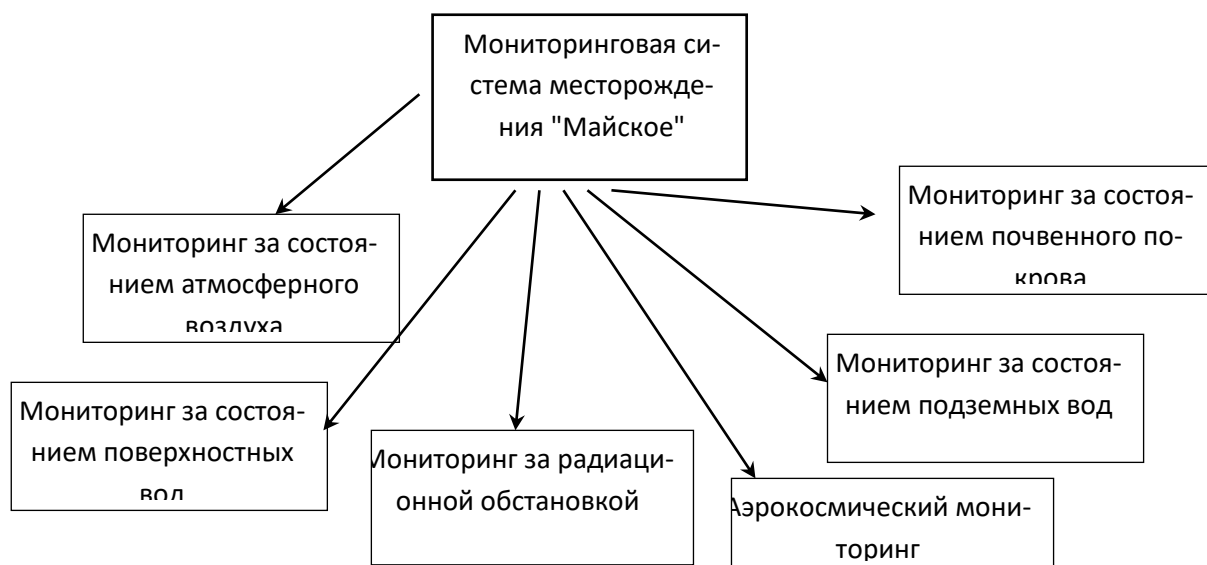
Концентрация нефтепродуктов в пробах грунтов составляет 254,6 мг/кг, что в целом оценивается как отсутствие нефтепродуктов или их незначительное содержание в составе почвенной массы.

На территории всего месторождения, основными типами антропогенных воздействий на изменение природы и окружающую среду в целом [1,3,4], под их влиянием, являются:

- нефтяное загрязнение почвенных покровов, поверхностных и подземных вод, вследствие аварийных разливов, несовершенства технологии, и несоблюдение природоохранных требований;
- загрязнение атмосферы. В том числе, при сгорании газа в факелах и потери через недостаточно герметичное оборудование в районе компрессорной станции;
- весомое загрязнение природной среды промышленными и бытовыми отходами;
- развитие отрицательных физико-геологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов, которые приводят к заболачиванию, подтоплению, изменению поверхностного стока, развитию оврагообразования, эрозии, активизации криогенных процессов на участках распространения многолетнемерзлых пород, и др.[1].

Учитывая все загрязняющие факторы, можно сделать вывод о важности мониторинговой сети на территории месторождения. Для того, чтобы поддерживать баланс между антропогенными действиями и естественной природной средой, ведь деятельность человека предусматривает изменения естественной окружающей среды. Программа мониторинга окружающей среды месторождения "Майское" состоит из нескольких пунктов контроля (рис. 2).

В мониторинговой системе загрязнений природной среды предусмотрен контроль загазованности атмосферного воздуха методом подфакельных измерений его параметров с учетом розы ветров на пунктах контроля. Прочие точки контроля за загрязнением атмосферного воздуха будут установлены согласно материалам разрабатываемого тома ПДВ в рамках производственного контроля.



**Рис. 2.** Структура мониторинга геологической среды

Пункты контроля поверхностных вод необходимы для контроля качественного состава поверхностных вод, концентрации загрязняющих веществ в водах и донных отложениях водотоков и водной биоты, и представляют собой временные гидропосты, организованные в соответствии с нормативной документацией. На каждом пункте производится контроль уровня воды, её химического состава, загрязнение воды, водной биоты и обитателей донных отложений.

На пунктах артезианских водозаборных скважин, которые находятся в режиме эксплуатации производится контроль за загрязнением подземных вод.

Наблюдения за состоянием поверхностных вод производится на основных водотоках месторождения, подвергающихся техногенной нагрузке. Пункты мониторинга [2] установлены на условном поперечном сечении водоема или водотока (на двух контрольных створах реки). Контрольные створы располагаются ниже и выше по реке от объектов промысла для сравнения фоновых показателей с показателями качества воды, что позволяет судить о характере и степени загрязненности воды под действием техногенного воздействия.

Наблюдения за почвенным покровом проводится на семи пунктах комплексного контроля. Данные пункты позволяют оценивать прямое воздействие работы нефтепромысла на почвенный покров, а также возможный перенос загрязняющих веществ.

Мониторинг состояния растительного покрова производится на 8 пунктах, которые позволяют оценить прямое воздействие нефтепровода на растительность.

Радиационный контроль. В связи с низким значением фоновых концентраций будет достаточно проведение дозиметрических наблюдений на пунктах комплексного контроля. Радиационный контроль производится на 6 пунктах радиационного контроля.

Проведя детальное исследование компонентов окружающей среды месторождения, можно составить следующие рекомендации:

- гидрохимические исследования рекомендуется проводить 1 раз в год;

- забор проб для химического анализа подземных вод рекомендуется производить 1 раз в год, а наблюдения за гидрохимическим режимом 1 раз в 10 дней или также – 1 раз в год, как и наблюдение за общим состоянием скважин;
- отбор проб почв в органогенном и иллювиальном почвенных горизонтах, а также определение концентрации загрязняющих веществ, будет достаточно 1 раз в 3 года;
- геоботанические изыскания рекомендуется делать 1 раз в 3 года;
- мониторинговые изыскания радиационной обстановки рекомендуется делать 1 раз в год;
- аэрокосмический мониторинг достаточно проводить 1 раз в 5 лет;
- сбор проб для анализа атмосферного воздуха будет достаточно проводить 1 раза в год.

Таким образом, мониторинговая программа месторождения "Майское" позволяет вести наблюдения всех сред. А также, контролировать эколого-геологическую обстановку района.

#### Список литературы

1. *Бондарик, Г. К.* Методика инженерно-геологических исследований : учебник для гидрогеолог. и инженерно-геолог. спец. вузов / Г. К. Бондарик. – Москва : Недра, 1986. – 332 с. – Текст : непосредственный.
2. *Калинин, В. М.* Экологический мониторинг природных сред : учебное пособие / В. М. Калинин. – Москва : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2015. – 203 с. – Текст : непосредственный.
3. *Коломенский, Н. В.* Общая методика инженерно-геологических исследований : учебник для геологических специальностей вузов / Н. В. Коломенский. – Москва : Недра, 1968. – 342 с. – Текст : непосредственный.
4. *Ясаманов, Н. А.* Основы геоэкологии : учебное пособие для вузов / Н. А. Ясаманов. – Москва : Академия, 2003. 352 с. – Текст : непосредственный.
5. Общая информация [сайт]. Описание района исследований. URL: <http://www.imperialenergy.com/ru/operations/ieatglance/> (дата обращения 29.05.2020). – Текст : электронный.

**ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
ТУРИЗМА: ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО  
ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)**

В. П. Чижова<sup>1</sup>, А. И. Дубровская<sup>1</sup>, v.p.chizhova@gmail.ru

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

**LANDSCAPE PLANNING OF INCLUSIVE ECOTOURISM: FEATURES AND METHODS  
(ON THE EXAMPLE OF A NATIONAL PARK "SMOLENSKOE POOZERYE")**

V.P. Chizhova<sup>1</sup>, A.I. Dubrovskaya<sup>1</sup>, v.p.chizhova@gmail.ru

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Аннотация.** Адаптировать правила ландшафтного планирования к масштабу планирования экологического туризма в целом и инклюзивного, в частности, позволил совокупный анализ теоретических положений ландшафтного планирования, основ ландшафтного дизайна и архитектурного проектирования в рамках данной деятельности. Было сформулировано новое правило ландшафтного планирования для организации инклюзивного туризма. Разработаны рекомендации для каждого отдельного природно-территориального комплекса при организации инклюзивного экологического туризма (на примере проектируемой экологической тропы в окрестностях водно-болотного комплекса «Малый Колпицкий мох» в национальном парке «Смоленское Поозерье»). Исследование проводилось в рамках выполнения диссертационной магистерской работы одного из авторов.

**Ключевые слова:** экологический туризм, инклюзивный туризм, экологические тропы, ландшафтное планирование

**Abstract.** A combined analysis of the theoretical provisions of landscape planning, the basics of landscape design and architectural design in the framework of ecotourism made it possible to adapt the rules of landscape planning to the scale of ecotourism planning in general and inclusive, in particular. A new rule of landscape planning for inclusive tourism has been formulated. Recommendations have been developed for each individual natural and territorial complex in the organization of inclusive eco-tourism (on the example of the ecological trail designed in the vicinity of the Small Kolpitsky moss wetland complex in the Smolenskoye Poozerye national Park). The research was conducted as part of one of the authors master's work.

**Keywords:** ecological tourism, inclusive tourism, ecological trails, landscape planning

**Введение.** Для достижения целей организации экологического туризма в целом, и инклюзивного туризма в частности, существующие принципы, правила и методы ландшафтного планирования не являются достаточно исчерпывающими, что указывает на существование явных проблем в фокусе доступной и безопасной среды для посетителей с ОВЗ. Проблема, которая решалась в настоящем исследовании – недостаточность и неполнота применения правил и методов ландшафтного планирования при организации на территории России экологического туризма в целом и инклюзивного туризма, в частности. Также определена проблема применения и обоснования эффективности совокупности методов дистанционного зондирования при ландшафтном планировании ООПТ для организации инклюзивного



туризма в ареалах этих территорий [1]. Таким образом, *цель исследования* – обоснование применения методов ландшафтного планирования в целях эффективной и безопасной организации инклюзивного (доступного) туризма. Долгосрочную цель работы можно сформулировать следующим **образом** – гармонизация структуры экологического туризма для посетителей с ОВЗ в России.

Теоретической базой работы стали концепции экологического и инклюзивного туризма в ООПТ, а также ландшафтного планирования. Экологический туризм в ООПТ рассматривался на основании работ В. П. Чижовой, А. В. Дроздова, Н. М. Лужковой, М. С. Оборина и других авторов. Организация инклюзивного туризма в отечественных ООПТ рассматривалась на основании теоретических и практических положений, изложенных в работах А. И. Довганюк, В. П. Чижовой, И. В. Пешновой, И. Н. Дониной, также изучались рекомендации, доступные в публикациях Всемирной туристской организации. Теоретико-методологические положения ландшафтного планирования, послужившие основой для планирования инклюзивного туризма в национальном парке «Смоленское Поозерье», изложены в коллективной монографии [3]. Использование правил ландшафтного планирования при развитии экологического туризма рассматривается в работах В. П. Чижовой с соавторами.

**Методы и объекты исследования.** В работе использовались методы общенаучные (анализ литературных источников, аналогий, дедуктивный подход и некоторые другие), общегеографические (картографический, сравнительно-географический и др.), а также ландшафтный подход к исследованиям и специальные методы проектирования экологических маршрутов, в том числе инклюзивных.

Помимо описанных выше и традиционных методов создания такого типа экскурсионных маршрутов авторами был разработан ещё ряд оригинальных методов, в том числе основанных на применении современных технологий и интеграции искусственного интеллекта в организацию системы экотроп внутри ООПТ, которые рассматриваются в другой работе [4].

**Ландшафтное планирование при организации экологического туризма.** Одним из результатов исследования стало решение поставленной задачи о выявлении наиболее востребованных при организации экологического туризма правил ландшафтного планирования, которые представлены в таблице ( При проектировании экотропы в качестве методической основы использовались следующие правила ландшафтного планирования, изложенные в коллективной монографии по данной теме [Хорошев и др., 2019], которые были адаптированы в рамках настоящей работы для целей организации экологического туризма.

*Таблица).* В работе В. П. Чижовой и И. В. Пешновой [5] представлены четыре включённые в таблицу правила, которые были адаптированы авторами под цели экологического туризма. В работах же А. В. Хорошева [2] представлен полный перечень императивов и принципов географического ландшафтного планирования. Также их полный перечень изложен в упоминаемой выше коллективной монографии [3]. Таким образом, в исследовании стояла задача адаптировать остальные общие правила географического ландшафтного планирования под цели организации экологического туризма. Выявленным правилам также должен соответствовать

инклюзивный туризм с добавлением более жёстких требований к обеспечению безопасности и доступности, что обуславливает формулирование **дополненных принципов и правил ландшафтного планирования для инклюзивного туризма** в рамках настоящей работы. Согласно проанализированным работам, организация экологического туризма в целом может обеспечиваться соблюдением следующих правил ландшафтного планирования. В ходе проведённого исследования сформулировано новое правило ландшафтного планирования для организации инклюзивного туризма – правило **«сочетания необходимой безопасности и эколого-просветительских функций ландшафта»**. При проектировании экотропы в качестве методической основы использовались следующие правила ландшафтного планирования, изложенные в коллективной монографии по данной теме [Хорошев и др., 2019], которые были адаптированы в рамках настоящей работы для целей организации экологического туризма.

Таблица 1

**Наиболее востребованные правила ландшафтного планирования при организации экологического туризма**

<b>ПРАВИЛО ландшафтного планирования</b>	<b>ЦЕЛЬ соблюдения для организации экотуризма</b>	<b>Законодательные требования</b>
<b>Первые 4 правила рассматриваются на основании публикации В. П. Чижовой [Чижова и др., 2018].</b>		
<b>Правило «поляризации несовместимых видов землепользования»</b>	Поляризация эколого-просветительской и рекреационной деятельности и строго природоохранной с помощью функционального зонирования ООПТ	ФЗ от 14 марта 1995г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях (ООПТ)» (в редакции, актуальной с 1 апреля 2015г.)
<b>Правило «необходимой связности»</b>	Поляризация эколого-просветительской и рекреационной деятельности и строго природоохранной с помощью функционального зонирования ООПТ	ФЗ «об ООПТ»
<b>Правило «совместимости экологических и социокультурных интересов»</b>	Сохранение существующих миграционных потоков, путём рационального планирования маршрутов (учитывать связность геосистем); Совместимость рекреационного землепользования с задачами, которые стоят перед ООПТ	ФЗ «об ООПТ», Лесной Кодекс Первые 4 правила рассматриваются на основании публикации В. П. Чижовой [Чижова и др., 2018].
<b>Правило «Принцип компенсации»</b>	Территории с частично нарушенными экологическими функциями (за счёт беспокойства диких животных) компенсируются сохранением или их восстановлением в другой части ООПТ	ФЗ «об ООПТ», Лесной Кодекс
<b>Следующие правила (принципы) рассматриваются на основании публикации А. В. Хорошева [Хорошев, 2012] и коллективной монографии [Хорошев и др., 2019].</b>		
<b>«Принцип дальнего действия»</b>	Императив: «Не навредить соседнему (или значительно удалённому) ландшафту, поселению, популяции».	ФЗ «об ООПТ»
<b>«Принцип</b>	Рациональное проектирование и	ФЗ от 30.12.2009 N384-ФЗ

ПРАВИЛО ландшафтного планирования	ЦЕЛЬ соблюдения для организации экотуризма	Законодательные требования
<i>оптимальных пространственных соотношений и соседств»</i>	строительство инфраструктурных объектов, чтобы сохранить природное функционирование экосистемы (например, не провоцировать эрозию).	"Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
<b>Обязательный элемент долговременного ЛП – «Прогноз возможного спровоцированного перераспределения потоков»</b>	При ландшафтном планировании ООПТ особенно может быть актуальным анализ мест пересечения миграционных путей животных, а также участков резкого возрастания интенсивности потоков, например, водных (если, например, планируется строить мост через реку).	ФЗ «об ООПТ»; ФЗ от 30.12.2009 N384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
<b>Правило «локализации нежелательных воздействий»</b>	Локализация экскурсионных остановок, обеспечение их компактности.	ФЗ «об ООПТ»
<b>Правило «избегания неблагоприятного потока»</b>	Обеспечение устойчивого функционирования всех инфраструктурных объектов на экологических маршрутах.	ФЗ от 30.12.2009 N384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
<b>Правило «регулирования потоков»</b>	В данном случае имеется в виду поток туристов, по принципу «жертвуем небольшой частью, чтобы сохранить основной малонарушенный массив» [Хорошев и др., 2019].	ФЗ «об ООПТ»;
<b>Правило «защиты экотонов»</b>	В данном случае имеется в виду поток туристов, по принципу «жертвуем небольшой частью, чтобы сохранить основной малонарушенный массив» [Хорошев и др., 2019].	ФЗ «об ООПТ»;
<b>Правило «долгосрочности»</b>	Решение принимается с учётом развития ландшафта (особенно актуально при организации туризма рядом с водно-болотными комплексами).	ФЗ от 30.12.2009 N384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"

Далее приводятся ландшафтно-планировочные решения применительно к разным природно-территориальным комплексам (ПТК) на проектируемом маршруте.

1. ПТК: урочище верхового болота «Малый Колпицкий мох».

- **Правила ландшафтного планирования:** правило минимизации воздействий на малонарушенные элементы; правило локализации нежелательных воздействий. **Ландшафтно-планировочное решение:** создание двух радиальных выходов на болото с основной грунтовой дороги в виде мостков на сваях, вместо маршрута по болоту. Данная мера уменьшит воздействие на сами болотные комплексы (соответственно правилам под пунктами 1 и 2), а также поможет обеспечить более надёжное функционирование экологической тропы

при уменьшении вероятности выхода из строя полотна тропы (соответственно правилу под пунктом 3).

- **Правила ландшафтного планирования:** правило пространственной компенсации; правило регулирования потоков (в данном случае имеется в виду поток туристов, по принципу «жертвуем небольшой частью, чтобы сохранить основной малонарушенный массив» [Хорошев и др., 2019]. **Ландшафтно-планировочное решение:** Сохранение нетронутым расположенного по соседству Большого Колпицкого мха.

2. **ПТК:** урочище озовой гряды. **Правила ландшафтного планирования:** правило минимизации воздействий на малонарушенные элементы, правило защиты экотоннов. **Ландшафтно-планировочное решение:** проложение маршрута по уже существующей грунтовой дороге, расположенной на выположенной поверхности у подоножия озовой гряды (между болотом и озовой грядой), избегая образования новых нарушений почвенно-растительного покрова, а также резких подъёмов на саму грядку.

3. **ПТК:** задровая равнина.

- **Правила ландшафтного планирования:** правило долгосрочности (решение принимается с учётом развития ландшафта), правило поляризации несовместимых видов землепользования. **Ландшафтно-планировочное решение:** стоянка транспорта планируется у начала проектируемого маршрута на ровном пустыре на окраине задровой равнины, используемом сотрудниками парка под временную стоянку. Пустырь находится в отдалении от границы с болотными комплексами, что обеспечит более надёжное функционирование возможных обслуживающих экотропу построек. Далее маршрут продолжается пешком или с помощью колясочного транспорта, что снижает антропогенную нагрузку на маршруте.

#### **По итогам работы были получены следующие основные выводы:**

1. Методы ландшафтного планирования представляют собой эффективный инструментарий для организации инклюзивного экологического туризма.

2. Совокупный анализ правил ландшафтного планирования и ландшафтной карты позволяет разрабатывать рекомендации для каждого отдельного природно-территориального комплекса при организации как экологического туризма в целом, так и инклюзивного, в частности.

3. При разработке таких рекомендаций учёт результатов совместного анализа ландшафтной карты и характера рельефа местности (с помощью топографической карты и цифровой модели рельефа) помогает давать рекомендации по инклюзивному туризму (о возможности его организации и проектных решениях) для каждого отдельного природно-территориального комплекса.

4. Организация экологического туризма по экскурсионным маршрутам может быть процессом взаимообогащения идеями и разработками между тремя направлениями: ландшафтное планирование, ландшафтная архитектура и ландшафтный дизайн.

#### **Список литературы**

1. Дубровская А. И., Чижова В. П. Предложения по применению данных дистанционного зондирования Земли и современных технологий при организации инклюзивного туриз-

ма (на примере национального парка «Смоленское поозерье») // Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Пермь, 16–18 сент. 2020 г.). Т. II. Цифровые и геоинформационные технологии в изучении территориальных общественных систем, рекреационной географии и туризма. Пермь: Изд. центр ПГНИУ, 2020. – С. 133-135.

2. Хорошев А. В. Географическая концепция ландшафтного планирования [Журнал] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 4. С. 103–112.

3. Хорошев А. В., Авессаломова И. А., Дьяконов К. Н., Иванов А. Н., Калущков В. Н., Матасов В. М., Низовцев В. А., Сысуев В. В., Харитонов Т. И., Чижова В. П., Эрман Н. М., Лощинская Е. С. Теория и методология ландшафтного планирования. М.: ООО Товарищество научных изданий КМК, 2019, 444 с.

4. Чижова В. П., Дубровская А. И. Ландшафтное обоснование создания экотропы для туристов с особыми потребностями в окрестностях Малого Колпицкого мха (НП «Смоленское Поозерье») // Научные исследования: от истоков к вершинам: Шестые международные чтения памяти Н. М. Пржевальского. Смоленск – Маджента, 2019. – С. 258-264.

5. Чижова В. П., Пешнова И. В. Методические подходы к созданию экологической тропы для маломобильных посетителей (национальный парк «Смоленское поозерье») [Конференция] // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов: материалы Первого международного экологического форума в Рязани (11-13 мая 2017 года, г. Рязань) / под ред. Е. С. Иванова. Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. Том 1. С. 291-295.

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Шаймарданова В. В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Казань

e-mail: valeriyashaim@mail.ru

## FUNCTIONAL ZONING OF THE CITY IN FORECASTING THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Shaimardanova V.V.

Kazan (Volga Region) Federal University

Kazan

e-mail: valeriyashaim@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена применению инструмента функционального зонирования при осуществлении прогнозирования воздействия на окружающую среду на примере г. Казань (Республика Татарстан). Приводится анализ концентрации размещения функциональных зон в черте города как один из способов изучения функциональной нагрузки на природный ландшафт.

**Ключевые слова:** функциональное зонирование, городское развитие, природный ландшафт.

**Abstract.** The article is devoted to the use of the functional zoning tool in the implementation of forecasting environmental impact on the example of Kazan (Republic of Tatarstan). An analysis of the concentration of the location of functional zones within the city is presented as one of the ways to study the functional load on the natural landscape.

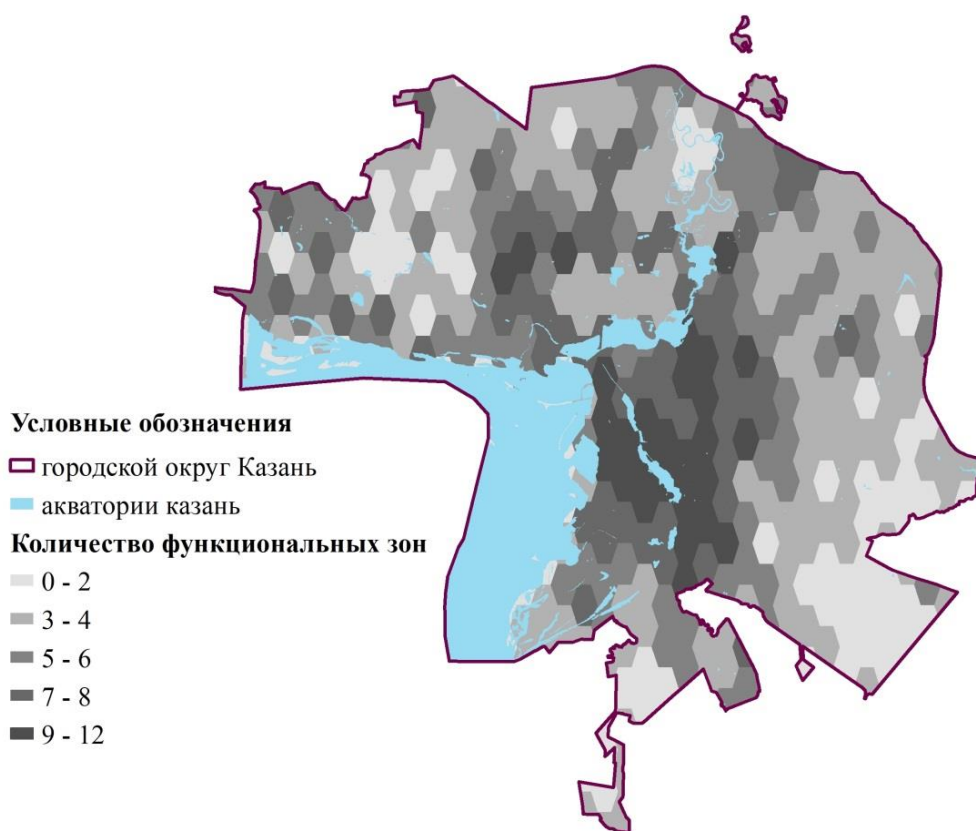
**Keywords:** functional zoning, urban development, natural landscape.

Развитие городской среды во многом обеспечивается рациональной организацией городского пространства и эффективной планировочной структурой. При этом комплексно город развивается только в контексте включения в окружающую природную среду. Одним из инструментов анализа состояния окружающей среды является дифференциация территории города по функциональному признаку. Функциональные зоны дают более широкое представление о функциях конкретных территорий без привязки к градостроительным документам, что позволяет избежать конфликтов интересов при планировании развития, т. к. учитывает существующее положение в городе. Территориальное проявление функциональной структуры агломерации заключается в выделении соответствующих функциональных зон. Подобный подход позволяет рассматривать город не в отрыве от его окружения, а в комплексе, что способствует более полному анализу и более качественным мероприятиям по развитию, а также прогнозированию развития территории.

Терминологически понятие функционального зонирования опирается на интерпретацию функциональной нагрузки городской среды. Отдельными авторами дифференциация проводится на основе характера использования территории [1]. Особенности застройки и использования территории в сочетании с природными условиями городской системы рассмат-

риваются в работе Толстихина Д. О [2] и Грачевой И. В. [3]. Ценность экологических функций ландшафта рассматривается в работах Матюшкиной Л. А., Ивашкиной И. В., Кочурова Б. И [4, 5].

Функциональное зонирование необходимо для устойчивого развития города, способствует проведению безопасной городской политики, ограничивать негативное воздействие хозяйственной деятельности на городской ландшафт. Помимо этого, анализ концентрации функциональных зон позволяет определить территории, испытывающие наибольшую функциональную нагрузку на ландшафт. Для территории Казани был проведен анализ концентрации функциональных зон, результаты которого представлены ниже. В качестве информационной базы послужили данные Публичной кадастровой карты о землепользовании, а также данные открытых геоинформационных справочников, на основе которых были отмечены функциональные зоны Казани. Следующим этапом явилось замощению территории сеткой шестигранников площадью 1 км<sup>2</sup>, расчет концентрации функциональных зон в каждом шестиграннике. В результате была получена карта концентрации функциональных зон (рис.1).



**Рис. 1.** Расчет концентрации функциональных зон городского округа Казань, Республика Татарстан

Полученная карта отражает территории наименьшей и наибольшей функциональной нагрузки на ландшафт. Так, наибольшая концентрация функциональных зон характерна для территории центральной и южной части города. Большое количество различных функциональных зон в этом районе объясняется его староосвоенностью. Исторически данная территория являлась частью Старо-Татарской слободы, в последствии активно развивались промышленные и производственные предприятия. На сегодняшний день данная территория подвергается реконструкции, территории старых промышленных предприятий претерпевают рекультивацию.

При движении к границам городского округа Казань отмечается снижение концентрации функциональных зон, с постепенным увеличением преобладания селитебных зон индивидуального строительства, зон перспективного освоения и резервных зон.

Наглядность карты концентрации функциональных зон способствует выявлению наиболее уязвимых территорий города, требующих повышенного внимания со стороны муниципалитета. При этом, плотность функциональных зон косвенно отражает нагрузку на ландшафт, а, следовательно, может использоваться при прогнозировании трансформации природной среды под воздействием городского управления с точки зрения функциональной дифференциации. Таким образом, инструмент функционального зонирования способствует проведению мероприятий по планированию развития, направленные точно на наиболее уязвимые территории города.

#### Список литературы

1. Асаул А. Н., Иванов С. Н., Старовойтов М. К. Экономика недвижимости: учебник для вузов. 3-е изд., испр. – СПб.: АНО «ИПЭВ», 2009. 304 с.
2. Толстихин Д. О., Соколова В. И. Функциональное зонирование городской территории. Геоэкологическое обоснование // Геоэкология урбанизированных территорий. Сб. тр. Центра Практической Геоэкологии // Под ред. В. В. Панькова, С. М. Орлова. М.: цПг. 1996. 108 с.
3. Грачёва И. В., Староверова М. В. Функциональное и экологическое районирование территории промышленного центра (на примере г. Коврова) // Безопасность в техносфере. 2009. №6. С. 23-30.
4. Матюшкина Л. А., Калманова В. Б. Картографическое обеспечение экологического планирования территории среднего промышленного города // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2016. Т. 22. № 2. С. 286-300.
5. Ивашкина, И. В. Урбозодиагностика и сбалансированное развитие Москвы: монография [Электронный ресурс] / И. В. Ивашкина, Б. И. Кочуров. Москва: ИНФРА-М, 2019. 202 с. + Доп. Материалы. URL: <https://znanium.com/catalog/product/987754> (дата обращения: 01.07.2019). Режим доступа: по подписке.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, ПОСТУПАЮЩИМИ ИЗ АТМОСФЕРЫ

Шевченко В. П.<sup>1</sup>, Стародымова Д. П.<sup>1</sup>, Коробов В. Б.<sup>1</sup>, Алиев Р. А.<sup>2</sup>, Булохов А. В.<sup>1</sup>,  
Кокрятская Н. М.<sup>3</sup>, Котова Е. И.<sup>1,3</sup>, Лохов А. С.<sup>1</sup>, Чупаков А. В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва  
vshevch@ocean.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, г. Москва

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова РАН, г. Архангельск

## RESEARCH OF POLLUTION OF THE CATCHMENT AREA OF THE DVINSKY BAY OF THE WHITE SEA BY HEAVY METALS COMING FROM THE ATMOSPHERE

Shevchenko V.P.<sup>1</sup>, Starodymova D.P.<sup>1</sup>, Korobov V.B.<sup>1</sup>, Aliev R.A.<sup>2</sup>, Bulokhov A.V.<sup>1</sup>,  
Kokryatskaya N.M.<sup>3</sup>, Kotova E.I.<sup>1,3</sup>, Lokhov A.S.<sup>1</sup>, Chupakov A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup>National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow

<sup>3</sup>Federal Center for Integrated Arctic Research of Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

**Аннотация.** Доклад посвящен изучению загрязнения водосборного бассейна Двинского залива Белого моря тяжелыми металлами, поступающими из атмосферы. Обобщены литературные данные по содержанию тяжелых металлов в природных архивах (снежном покрове, лишайниках, мхах, болотных отложениях и донных осадках озёр) и результаты исследований, выполненных авторами в 2016–2020 гг.

**Ключевые слова:** Белое море, водосбор Двинского залива, тяжелые металлы, загрязнение, природные архивы, снежный покров, донные осадки озёр

**Abstract.** The report is devoted to the study of the pollution of the catchment area of the Dvina Bay of the White Sea with heavy metals coming from the atmosphere. The literature data on the content of heavy metals in natural archives (snow cover, lichens, mosses, bog deposits and bottom sediments of lakes) and the results of studies carried out by the authors in 2016–2020 are generalized.

**Keywords:** White Sea, Dvina Bay catchment area, heavy metals, pollution, natural archives, snow cover, bottom sediments of lakes

**Введение.** Атмосфера – один из каналов обмена и перераспределения вещества на Земле. Важное значение имеет тот факт, что атмосфера содержит взвешенные в воздухе частицы аэрозоля, оказывая тем самым существенное влияние на формирование качества воздуха, дальность видимости, разнообразные химические реакции, происходящие на поверхности частиц аэрозоля, и на погоду и климат [3, 4]. Балансные подсчеты показывают, что вклад аэрозолей в формирование осадочного материала в Арктике близок к вкладу речного осадочного вещества – за пределами маргинальных фильтров рек. Для многих элементов (Pb, Cd, Hg, Sb, Se, V и др.) и соединений (в том числе стойких органических загрязнителей) аэрозольный источник – главный [24].

Тяжелые металлы, поступающие из атмосферы накапливаются в природных архивах (снежном покрове, лишайниках, мхах, отложениях верховых болот, донных осадках озёр, поэтому их изучение даёт возможность оценить степень загрязнения атмосферы и пути переноса аэрозолей. Снег вымывает из атмосферы нерастворимые частицы и сохраняется на поверхности почвы или льда, таким образом, фиксируя атмосферные выпадения за снежный период года [1]. Лишайники, являющиеся симбиозом гриба и водоросли и/или цианобактерий, получают необходимую влагу, биогенные вещества и микроэлементы преимущественно из атмосферы [19]. Мхи имеют смешанное почвенное и атмосферное питание. Поэтому элементный состав лишайников и мхов может показать степень интегрального накопления тяжелых металлов в экосистеме в результате поступления вещества из атмосферы [8, 19, 22].

Поступающие из атмосферы (как с атмосферными осадками, так и в результате сухого осаждения) на верховые болота Pb, Cd, Sb, As, Hg в основном связываются сфагновым торфом, обладающим высокой сорбционной способностью по отношению к ним. Они остаются в том слое, в который они поступили [25]. Донные осадки озёр имеют свойство накапливать все виды загрязнений, поэтому они являются природными архивами и могут быть использованы для реконструкции экологической обстановки прошлого [2, 6, 20, 26].

Накопление тяжелых металлов, поступающих из атмосферы, в природных архивах (снежном покрове, эпифитных и эпигейных лишайниках, мхах, болотных отложениях, донных осадках озёр) водосбора Двинского залива Белого моря проводилось рядом ученых [5, 7, 9, 11–18, 21]. В данном докладе обобщены литературные данные и результаты исследований, выполненных авторами в 2016–2020 гг. в водосборе Двинского залива.

**Материалы и методы.** Схема расположения точек отбора проб снега и донных осадков озёр показана на рисунке.



**Рис. 1.** Схема расположения мест отбора проб в конце зимнего сезона в 2016–2020 гг.: а – отбор снега на поверхности ледового покрова и донных осадков; б – отбор снега.

Снег отбирали в конце зимнего периода в шурфах до замерзшей почвы или льда на озёрах и реках. В лаборатории снег растапливали и фильтровали через предварительно взвешенные лавсановые ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0,45 мкм. Состав частиц был изучен с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 SEM (Tescan) с микрозондовой приставкой INCA Energy (Oxford Instruments). Для изучения содержания тяжелых металлов в донных осадках озёр Пикалёво и Заднее были отобраны с помощью трубок гравитационного типа с вакуумным клапаном керны длиной 30–40 см. Для оценки скорости осадконакопления была измерена активность  $^{210}\text{Pb}$ , которая определялась гамма-спектрометрически. Содержание тяжелых металлов в снежном покрове и донных осадков озёр определяли методом масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой. Более подробно методика исследования изложена в ряде публикаций [5, 9, 10, 13].

**Результаты и их обсуждение.** Концентрация взвеси в снеге водосбора Двинского залива в значительной мере зависит от близости локальных источников загрязнения. На фоновых участках концентрация рассеянного осадочного материала (нерастворимых частиц) в снежном покрове находится на фоновом для Арктики и Субарктики уровне (<2 мг/л) [13]. Концентрации возрастали в городах Архангельской агломерации (Архангельске и Новодвинске) и в их окрестностях и вблизи шоссе. Основными компонентами рассеянного осадочного вещества в изученных пробах снежного покрова являются литогенные (в первую очередь глинистые минералы, кварц, плагиоклаз) и биогенные (споры, пыльца, растительные волокна, створки диатомовых водорослей) частицы. Во всех пробах отмечены антропогенные частицы (пепел и черный углерод), доля которых возрастает в г. Архангельске и вблизи шоссе. Рассеянное осадочное вещество снега достаточно однородно по микроэлементному составу [9, 10], однако содержание некоторых элементов в снежном покрове озера Заднего демонстрирует зависимость от расположения относительно автомобильной дороги Архангельск–Вологда. Содержание титана и концентрация взвеси убывает при удалении от дороги, в то время как содержание кадмия, свинца и висмута – растет, что может быть связано с существенным разбавлением взвеси более грубозернистой пылью, источником которой является автотрасса. Расчет коэффициентов обогащения металлами относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [23] позволили выявить три элемента, для которых дополнительный (антропогенный) источник вещества является превалирующим – кадмий, свинец, висмут. Среднемесячные потоки этих элементов вблизи от шоссе в 2–4 раза превышают потоки в фоновых районах.

Донные осадки мелководного озера Пикалёво (максимальная глубина 6 м) являются гиттией, содержание органического вещества в которой превышает 20% от сухого веса проб. Средняя за последние 100 лет скорость осадконакопления в центральной части этого озера равна 0,75 мм/год. Сравнение полученных результатов по содержанию тяжелых металлов в верхнем 10-см слое донных осадков этого озера с публикациями по загрязнённым озёрам севера Европы [2, 20, 26] показало, что аэротехногенное загрязнение донных осадков озера Пикалёво в целом незначительное. Тем не менее, рассмотрение данных по распределению по глубине химических элементов, маркирующих аэротехногенное загрязнение донных осадков озёр [26] показало, что по мере углубления в толщу осадков от слоя 0–1 см до слоя 6–7 см (соответствующего 1920-м годам) содержание Cd уменьшается от 0,42 до 0,21 мкг/г, Sb – от 0,5 до 0,23 мкг/г, Pb – от 23 до 14,3 мкг/г, Bi – от 0,23 до 0,14 мкг/г.

## Заключение

Концентрация нерастворимых частиц и содержание в них тяжелых металлов в снеге водосбора Двинского залива в значительной мере зависит от близости локальных источников загрязнения. На фоновых участках концентрация рассеянного осадочного материала (нерастворимых частиц) в снежном покрове и содержание в них тяжелых металлов находятся на фоновом для Арктики и Субарктики уровне, возрастая в городах Архангельской агломерации и в их окрестностях.

Сравнение содержания тяжелых металлов в донных осадках озера Пикалёво, расположенного на расстоянии более 50 км от крупных городов, с литературными данными говорит о том, что озеро Пикалёво не подвержено в значительной степени аэротехногенному загрязнению. Содержание Pb, Bi, Sb, Cd значительно увеличились в донных осадках озера Пикалёво за последние 100 лет за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных источников и осадения из атмосферы, как и в большинстве районов севера Европы.

**Благодарности.** Авторы благодарят всех коллег, участвовавших в изучении тяжелых металлов в природных архивах водосбора Двинского залива. В 2019–2020 гг. исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-05-00938-а).

## Список литературы

1. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 181 с.
2. Даувальтер В. А., Даувальтер М. В., Кашулин Н. А., Сандимиров С. С. Химический состав донных отложений озёр в зоне влияния атмосферных выбросов комбината “Североникель”. – Геохимия. 2010. № 11. С. 1224–1229.
3. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Аэрозольные модели атмосферы. М.: Наука, 1981. 103 с.
4. Лисицын А. П. Аридная седиментация в Мировом океане. Рассеянное осадочное вещество атмосферы. – Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 10. С. 1398–1439.
5. Лисицын А. П., Шевченко В. П., Немировская И. А. и др. Развитие четырехмерной океанологии и создание фундаментальных основ комплексного мониторинга морских экосистем (на примере Белого моря). – Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей. – Отв. ред. С. М. Шаповалов. М.: Научный мир, 2010. С. 559–597.
6. Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Ильяшук Б. П. и др. Палеоэкологическая реконструкция антропогенной нагрузки // Доклады Академии наук. 2000. Т. 370. № 1. С. 115–118.
7. Овсепян А. Э., Федоров Ю. А., Зимовец А. А., Савицкий В. А. Оценка накопления ртути в объектах живой и неживой природы севера европейской территории России. – В мире научных открытий. 2016. № 5(77). С. 116–133.
8. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений. 2-е издание. Учебное пособие. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2016. 300 с.
9. Стародымова Д. П. Атмосферная поставка рассеянного осадочного вещества в Белое море и на его водосбор. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогич. наук. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2018. 225 с.

10. Стародымова Д. П., Шевченко В. П., Белоруков С. К. и др. Геохимия рассеянного осадочного вещества снега в Приморском районе Архангельской области // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 2. С. 140–145.
11. Тарханов С. Н., Прожерина Н. А., Коновалов В. Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения: Диагностика состояния. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. 333 с.
12. Чагина Н. Б., Айвазова Е. А., Иванченко Н. Л. и др. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и оценка их влияния на здоровье населения. – *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки*. 2016. № 4. С. 57–68.
13. Шевченко В. П., Алиев Р. А., Бобров В. А. и др. Эоловый материал в природных архивах. – Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А. П., ред. Немировская И. А. М.: Научный мир, 2012. С. 70–107.
14. Шевченко В. П., Кузнецов О. Л., Политова Н. В. и др. Поступление микроэлементов из атмосферы, зарегистрированное в природном архиве (на примере Иласского верхового болота, водосбор Белого моря). – *Доклады Академии наук*. 2015. Т. 465. № 5. С. 587–592.
15. Шевченко В. П., Покровский О. С., Стародымова Д. П. и др. Геохимия эпигейных лишайников водосборного бассейна Белого моря. – *Доклады Академии наук*. 2013. Т. 450. № 1. С. 87–93.
16. Юдахин Ф. Н., Лобанова О. А., Тарханов С. Н. Аэротехногенное загрязнение окружающей среды Архангельской агломерации и прилегающих к ней территорий. – *Геоэкология*. 2001. № 4. С. 369–375.
17. Яковлев Е. Ю., Дружинина А. С., Дружинин С. В. и др. Оценка физико-химических параметров и распределения металлов в верховом болоте Архангельской области. – *Успехи современного естествознания*. 2020. № 5. С. 115–120.
18. Яковлев Е. Ю., Зыкова Е. Н., Зыков С. Б., Очеретенко А. А. Пространственное распределение тяжелых металлов в пробах снега вокруг Северодвинского промышленного района. – *Успехи современного естествознания*. 2019. № 11. С. 179–184.
19. Bargagli R. Trace elements in terrestrial plants. An Ecophysiological Approach to Bio-monitoring and Biorecovery. Springer-Verlag, Berlin, 1998. 324 p.
20. Johansson K., Andersson A., Andersson T. Regional accumulation pattern of heavy metals in lake sediments and forest soils in Sweden. – *The Science of the Total Environment*. 1995. V. 160/161. P. 373–380.
21. Ovsepyan A.E., Fedorov Y.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. Features of accumulation of mercury in the bottom sediments of lakes in Arkhangelsk and its surrounding area // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th, Albena, Bulgaria, 2015*. P. 353–360.
22. Pakarinen P., Tolosen K. Regional survey of heavy metals in peat mosses (*Sphagnum*). – *Ambio*. 1976. V. 5(1) P. 38–40.
23. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust. – *Treatise on Geochemistry*. V. 3: The crust. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1–64.
24. Shevchenko V. The influence of aerosols on the oceanic sedimentation and environmental conditions in the Arctic. – *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*. 2003. N 464. 149 p.

25. Shotyk W., Goodsite M.E., Roos-Barracough F. et al. Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the  $^{14}\text{C}$  “bomb pulse curve”. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2003. V. 67. № 21. P. 3991–4011.

26. Smol J.P. *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. London: Arnold, 2002. 208 p.

**СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ КОРРЕЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ  
ДОНЕЦ**

Шеставин Н. С., Недопекин Ф. В., Несова А. В., Хархордин Е. В., Юрченко В. В.  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный университет», Донецк, Украина  
e-mail: lab.satmon@donnu.ru

**SATELLITE MONITORING OF GROUNDWATER AND VEGETATION  
CORRELATION IN THE TRANSBOUNDARY BASIN OF THE  
SEVERKY DONETS RIVER**

Shestavin N.S., Nedopekin F.V., Nesova A.V., Kharkhordin E.V., Yurchenko V.V.  
State educational institution of higher professional education  
“Donetsk National University”, Donetsk, Ukraine  
e-mail: lab.satmon@donnu.ru

**Аннотация.** На основе спутниковых данных GRACE анализируется динамика запасов подземных вод, за период с января 2019 г. до сентября 2020 г. для трансграничного бассейна реки Северский Донец на территории России и Украины. Также из системы «ВЕГА-Science» получена информация о состоянии растительности за тот же период времени и выполнено сравнение с соответствующими данными водных ресурсов. Выявлена корреляция между этими результатами и отмечены четкие признаки засухи в контрольных точках на этих территориях.

**Ключевые слова:** спутниковые данные, Северский Донец, водные ресурсы, растительность, засуха.

**Abstract.** Based on GRACE satellite data, the dynamics of groundwater reserves is analyzed for the period from January 2019 to September 2020 for the transboundary basin of the Seversky Donets River in Russia and Ukraine. Also, information on the state of vegetation for the same period of time was obtained from the VEGA-Science system and a comparison was made with the corresponding data on water resources. A correlation was found between these results, and clear signs of drought were noted at control points in these territories.

**Keywords:** satellite data, Seversky Donets, water resources, vegetation, drought.

Процессы глобального изменения климата в настоящее время приводят к значительным изменениям в распределении и объеме атмосферных осадков в различных регионах Европы, Азии и мира, что вызывает появление признаков засухи на территории активного земледелия. Основными индексами засухи являются проценты влажности для водоносных горизонтов неглубоких подземных вод, почв в корневой зоне и в поверхностном слое, которые определяются по спутниковым данным космической системы из двух спутников GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) [5]. Спутники GRACE, работают с марта 2002 года обеспечивают наблюдение в реальном времени изменения водных ресурсов США, Европы, Азии и других регионов мира.

Ранее выполненные исследования на основе спутниковых данных GRACE выявили значительное истощение водоносных горизонтов в крупных регионах, таких как Ближний Восток [11], водоносный горизонт северо-западной Индии [6], водоносный горизонт Северо-Китайской равнины [12], бассейн Мюррей-Дарлинг в Австралии [7], водоносные горизонты Высокие равнины [9] и Центральной долины Калифорнии [10] в США, а также в других странах мира.

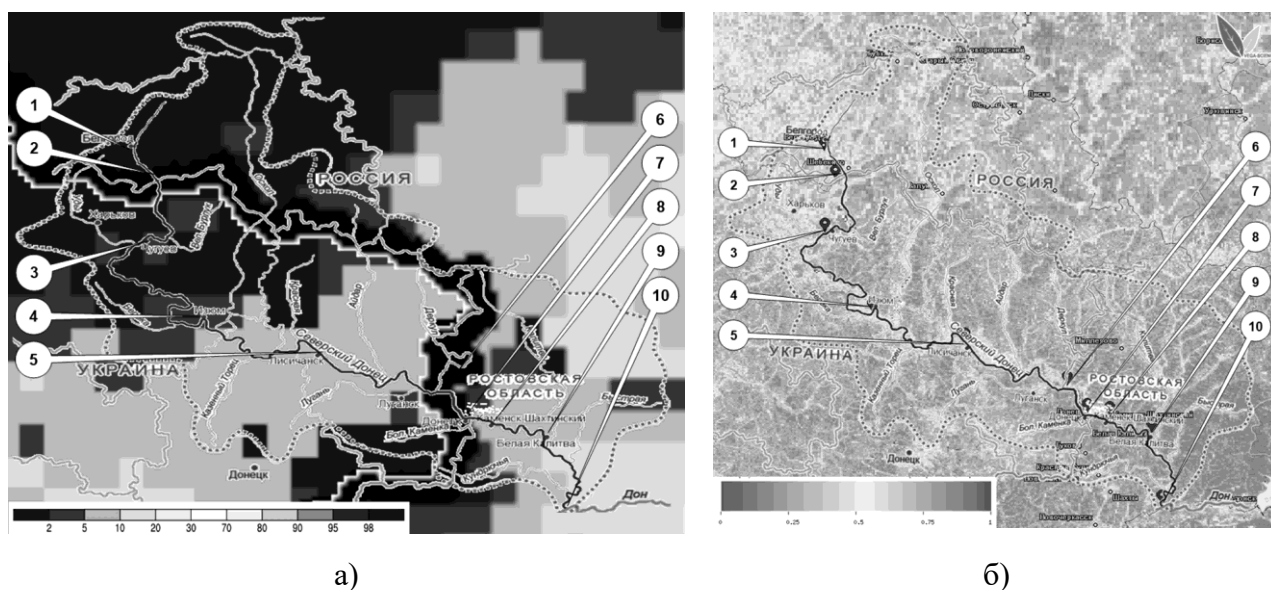
Также на основе данных GRACE был выполнен анализ состояния неглубоких подземных вод и почвы в корневой зоне на территории четырех гидрогеологических районов в пяти восточных областях Украины [4] за период более чем пять последних лет. Определены усредненные индикаторы засухи – проценты влажности неглубоких подземных вод и почвы в корневой зоне, для этих районов с января 2019 г. по июль 2020 г.

Наличие значительных запасов подземных вод в неглубоких водоносных горизонтах обеспечивает стабильное развитие растительности на поверхности почвы, что подтверждается регулярными исследованиями с применением системы «ВЕГА-Science» [3], которая создана и поддерживается Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН).

Объектом исследования является трансграничный бассейн реки Северский Донец, который содержит исток и начальное русло в Белгородской области России [2], среднее русло протекает по территории Украины [8] и заключительное русло, которое впадает в реку Дон, находится в Ростовской области России [1].

Целью исследования является анализ на основе спутниковых данных GRACE запасов подземных вод в контрольных точках вблизи реки Северский Донец за два последних года и сравнение с вегетационными индексами растительности в этих точках для оценки тенденций развития засухи на исследуемых территориях России и Украины.

Для анализа динамики изменения запасов неглубоких подземных вод на территории трансграничного бассейна реки Северский Донец были использованы спутниковые данные GRACE, которые обработаны в Национальном центре по борьбе с засухой Университета Небраски-Линкольна, (США) – <https://nasagrace.unl.edu>.

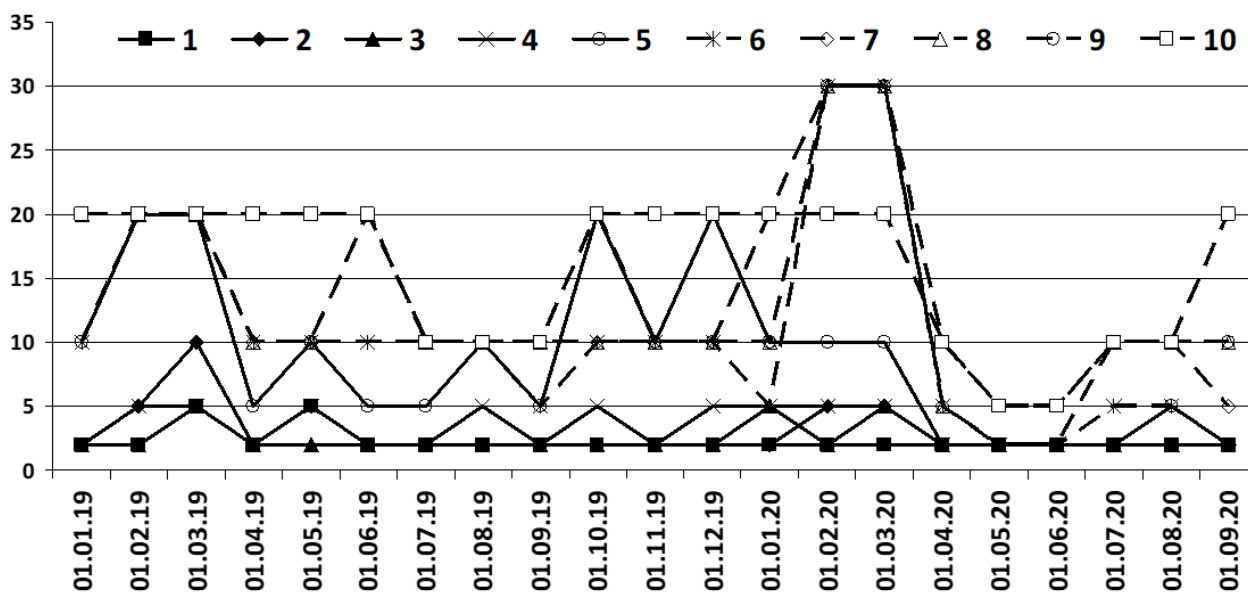


**Рис. 1.** Локализация бассейна реки Северский Донец на распределениях процента влажности для неглубоких подземных вод за 20 января 2020 г. (а) и еженедельного композита вегетационного индекса за 14-20 сентября 2020 г. (б)



На рис. 1а в качестве примера показана локализация бассейна реки Северский Донец на визуализации распределения процента влажности неглубоких подземных вод (легенда оттенков серого соответствует левой части значений) на основе карт Европы и Азии для 20 января 2020 г. (дата выбрана с точки зрения разнообразия значений процента влажности), где отмечено местоположение контрольных точек вблизи русла реки Северский донец, где будут определяться текущие параметры: 1 – точка вблизи г. Белгорода (Россия); 2 – вблизи границы России-Украина; 3 – вблизи г. Чугуев (Украина); 4 – вблизи г. Изюм (Украина); 5 – вблизи г. Лисичанск (Украина); 6 – вблизи границы Украина-Россия; 7 – вблизи г. Донецк (Россия); 8 – вблизи г. Каменск-Шахтинский (Россия); 9 – вблизи г. Белая Калитва; 10 – вблизи места впадения русла Северского Донца в реку Дон. Результаты спутникового мониторинга процента влажности неглубоких подземных вод представлены для Европы и Азии с разрешением в  $0,25^\circ$  или в 27,784 км.

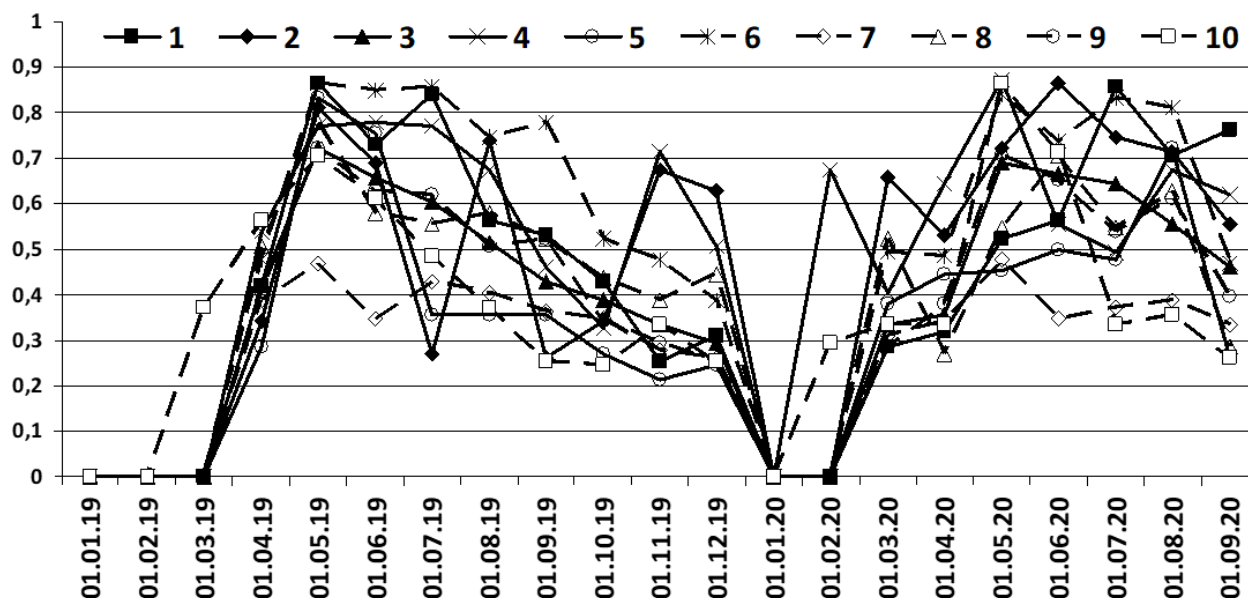
Временная динамика распределения процента влажности неглубоких подземных вод в контрольных точка бассейна реки Северский Донец за 2019-2020 гг. показана на рис. 2, где можно отметить истощение (2-5%) запасов неглубоких подземных вод в регионах расположения контрольных точек 1-4, неустойчивость (10%) запасов в регионах точек 5-6, а также стабильность (20% и выше) в регионах точек 7-10.



**Рис. 2.** Динамика распределения процента влажности неглубоких подземных вод в контрольных точка бассейна реки Северский Донец за 2019-2020 гг.

На рис. 1б представлена локализация бассейна реки Северский Донец на визуализации распределения значений недельного композита нормализованного относительного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) по данным MODIS (эти данные обработаны системой «ВЕГА-Science) для периода 14-20 сентября 2020 г. (выбор даты обусловлен особенностями легенды визуализации, где используется в данном случае только правая часть). При этом на рис. 1б указаны те же контрольные точки, что и на рис. 1а., а разрешение результатов расчета индекса NDVI составляет 225 м. Для конкретных участков территорий можно получать данные с более высоким разрешением, но такие данные имеются в архивах ИКИ РАН только для избранных участков и фиксированных дат.

На рис. 3 изображена динамика распределения значений недельного композита NDVI в контрольных точка бассейна реки Северский Донец по данным MODIS для периода 2019-2020 гг., где нулевые значения индекса соответствуют отсутствию растительности, т. е. наличие снега на поверхности почвы. При этом следует отметить, что процесс вегетации в 2020 г. начался почти на месяц раньше, чем в 2019 г., но происходил значительно медленнее по сравнению с 2019 г.



**Рис. 3.** Динамика распределения значений недельного композита NDVI в контрольных точка бассейна реки Северский Донец по данным MODIS для периода 14-20 сентября 2020 г.

Сравнивая распределения процента влажности неглубоких подземных вод и распределения значений недельного композита NDVI в контрольных точка бассейна реки Северский Донец для периода 2019-2020 гг. можно подметить корреляцию динамики этих процессов, что указывает на появление признаков засухи на территориях трансграничного бассейна реки Северский Донец, а также близкорасположенных регионов.

Обобщая вышеизложенное и учитывая имеющуюся полную информацию от GRACE о распределении процентов влажности неглубоких подземных вод, почвы в корневой зоне и поверхностного слоя почвы в Европе и Азии, а также получая от системы «ВЕГА-Science» подробные распределения вегетационных индексов для территорий России и Украины, можно сделать следующие выводы и рекомендаций:

- начинающийся процесс засухи вызовет множество экологических проблем на территориях трансграничного бассейна реки Северский Донец и соседних регионов;
- адаптация к условиям засухи сельского хозяйства возможна путем внедрения ресурсосберегающих технологий обработки почвы, таких как прямой и бинарный посевы;
- переход от накопления водных ресурсов в открытых поверхностных резервуарах и устройствам закрытых подземных хранилищ, например в истощенных водоносных горизонтах горных пород;
- уменьшение потерь водных ресурсов при их использовании в промышленных и сельскохозяйственных процессах, для обеспечения жилищно-коммунальных и бытовых потребностей, а также для личного употребления.

## Список литературы

1. Васта Ахмед Х. А., Решетняк О. С., Закруткин В. Е. Комплексная оценка современного состояния речных экосистем в бассейне Северского Донца (в пределах Ростовской области) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2019. – № 2. – С. 47-54.
2. Лебедева М. Г., Петина М. А., Новикова Ю. И. Гидроэкологические характеристики трансграничных рек Белгородской области // Экологическая оценка и картографирование. – 2013. – № 4. – С. 64-68.
3. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А. и др. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 151-170.
4. Юрченко В. В., Несова А. В., Хархордин Е. В. Анализ состояния подземных вод Донбасса природного и техногенного происхождения на основе спутниковых данных GRACE // XVII Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», ИКИ РАН, Москва, 30 сентября – 02 октября 2020 г.: Сборник трудов. Под ред. А. М. Садовского. – М.: Институт космических исследований Российской академии наук. – 2020. – С. 170-176.
5. Frappart F. Monitoring Groundwater Storage Changes Using the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) Satellite Mission: A Review / Frappart F., Ramillien G. // Remote Sensing. – 2018. – V. 10. – No 829. – 25 p.
6. Long D. Have GRACE Satellites Overestimated Groundwater Depletion in the Northwest India Aquifer? / Long D., Chen X., Scanlon B. et al. // Scientific Reports. – 2016. – V. 6. – No. 24398. – 11 p.
7. Schumacher M. Improving Drought Simulations within the Murray-Darling Basin by Combined Calibration/Assimilation of GRACE Data into the Water GAP Global Hydrology Model / Schumacher M., Forootan E., van Dijk A.I.J.M. et. al. // Remote Sensing of Environment. – 2018. – V. 204. – P. 212-228.
8. State of the Siverskyi Donets Basin and Related Risks under Military Operations: Technical report. – Kyiv: Organization for Security and Co-operation in Europe, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. – 2018. – 82 p.
9. Strassberg G. Evaluation of Groundwater Storage Monitoring with the GRACE Satellite: Case Study of the High Plains Aquifer, Central United States / Strassberg G., Scanlon B.R., Chambers D. // Water Resources Research. – 2009. – V. 45. – No. W05410. – 10 p.
10. Vasco D.W. Satellite-based Monitoring of Groundwater Depletion in California's Central Valley / Vasco D.W., Farr T.G., Jeanne P. et al. // Scientific Reports. – 2019. – V. 9. – No. 16053. – 14 p.
11. Voss K.A. Groundwater Depletion in the Middle East from GRACE with Implications for Transboundary Water Management in the Tigris-Euphrates-Weatern Iran Region / Voss K.A., Famiglietti J.S., Lo M.H. et al. // Water Resources Research. – 2013. – V. 49. – P. 904-914.
12. Yin W. Evaluation of Groundwater Storage Variations in Northern China Using GRACE Data / Yin W., Hu L., Jiao J.J. // Geofluids. – 2017. – V. 2017. – Art. ID 8254824. – 13 p.

УДК 502.4

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СЕТИ ООПТ ОРЕНБУРГСКОЙ  
ОБЛАСТИ В ПРЕДЕЛАХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

Щербакова Е. А.

младший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института степи  
Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН,  
аспирант Оренбургского государственного университета  
г. Оренбург, Россия  
shher-evgeniya@yandex.ru

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MODERN NETWORK OF PROTECTED AREAS  
IN THE ORENBURG REGION WITHIN THE VOLGA FEDERAL DISTRICT**

Shcherbakova E.A.

junior Researcher for the Division of Socio-Economic Geography at the Institute of Steppe of the  
Orenburg Federal Research Center of the Urals Branch of RAS,  
postgraduate student of Orenburg state University  
Orenburg, Russia  
shher-evgeniya@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проведён сравнительный анализ сети особо охраняемых природных территорий Оренбургской области и Приволжского федерального округа.

**Ключевые слова:** Оренбургская область, особо охраняемые природные территории, категории ООПТ.

**Abstract.** The article presents a comparative analysis of the network of specially protected natural territories of the Orenburg region and the Volga Federal district.

**Keywords:** Orenburg region, specially protected natural territories, categories of protected areas.

Оренбургская область – один из 14 субъектов, входящих в состав Приволжского федерального округа Российской Федерации. Площадь территории региона составляет 124 тыс. км<sup>2</sup>. Территория области расположена на стыке двух частей света – Европы и Азии, преимущественно в предгорьях Южного Урала, имеет границы с Татарстаном, Башкортостаном и Челябинской областью на севере, с Казахстаном – на востоке и юге, Самарской областью – на западе [2].

Решающую роль в сохранении природного разнообразия играют все охраняемые территории, территории и зоны с особыми условиями использования, статус которых подтверждён российским законодательством и определением Международного союза охраны природы – МСОП (IUCN) [6].

Рассмотрим основные этапы формирования сети ООПТ Оренбургской области.

Система особо охраняемых природных территорий нашего региона получила своё развитие относительно недавно. Первым ООПТ федерального значения стал государственный природный заповедник «Оренбургский» (постановление Совета Министров РСФСР № 156 от 12 мая 1989 г.). Затем решением Оренбургского областного Совета народных депутатов № 69-мс от 25.12.1992 г. был утверждён перечень особо ценных земель, земель природ-

но-заповедного фонда, историко-культурного назначения и других особо охраняемых территорий, площадью 115262 га. В 2005 г. постановлением Администрации Оренбургской области № 233-п от 19.08.2005 г. на период 2005-2010 гг. создаётся биологический заказник областного значения «Светлинский», с учётом успешного опыта функционирования и уникальности охраняемых объектов срок действия заказника был продлён до 2020 г. (постановление № 469-п от 02.07.2010 г.). Национальный парк «Бузулукский бор» (распоряжение Правительства Российской Федерации № 1952-р от 29.12.2007 г.) и государственный природный заповедник «Шайтан-Тау» (распоряжение Правительства Российской Федерации № 1035 от 09.10.2014 г.) относятся к федеральным ООПТ. Государственные природные заказники областного значения «Карагай-Губерлинское ущелье» и «Губерлинские горы» были созданы в 2018 г. (постановления Правительства Оренбургской области №№ 185-п, 186-п от 29.03.2018 г.) [3, 7].

Отдельного внимания заслуживает ситуация вокруг памятников природы Оренбургской области. В 1998 г. был утверждён перечень данной категории ООПТ (распоряжение администрации Оренбургской области № 505-р от 21.05.1998 г. «О памятниках природы Оренбургской области»). Было зарегистрировано 510 памятников природы, с общей площадью 58267,72 га [7]. В результате проведения работ по оптимизации сети и совершенствованию правового статуса памятников природы областного значения в 2015 г. было принято постановление Правительства Оренбургской области № 121-п от 25.02.2015 г. «О памятниках природы областного значения Оренбургской области». Согласно данному постановлению статус памятника природы был присвоен 341 объекту природного наследия, общая площадь которых составила 49828,52 га. В результате такой «оптимизации» количество памятников уменьшилось на 169 объектов и на 8439,2 га, что составляет 14,5% [3].

В рамках данного исследования проведём анализ площадных показателей распределения объектов ООПТ в пределах конкретных территорий. Для количественного отображения отдельных категорий ООПТ, расположенных в Приволжском федеральном округе Российской Федерации и Оренбургской области, как одного из субъектов данного округа, проведём сравнительный анализ. Выбранный метод исследования состоит из [3, 4, 5]:

1. Сравнительной характеристики сети ООПТ.

Общее количество особо охраняемых природных территорий в Приволжском федеральном округе (по состоянию на 2019 г.) составляет 2608, с площадью 5777551,9 га. Из них 336 (268106,67 га) расположено в Оренбургской области (по состоянию на 01.01.2019 г.), что составляет 12,88 % от общего числа ООПТ и 4,64 % от общей площади ООПТ в ПФО.

2. Сравнительной характеристики сети ООПТ федерального, регионального и местного значения.

Общее количество особо охраняемых природных территорий федерального значения в ПФО составляет 36 (1422333,3 га), из них 3 (100417,34 га) расположено в Оренбургской области, что составляет 8,33 % от общего количества ООПТ федерального значения в ПФО (в состав ООПТ федерального значения Оренбургской области входит федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный парк «Бузулукский бор», его общая площадь 106788,28 га, в т. ч.: в Оренбургской области (Бузулукский район) – 55500 га, в Самарской области (Богатовский, Борский, Кинель-Черкасский районы) – 51288 га). Общее количество ООПТ регионального значения в ПФО составляет 2373 (4326247,8 га), из них 333 расположено в Оренбургской области, что составляет 14,03 % от общего количества ООПТ регионального значения в ПФО. Общее количество ООПТ местного значения в ПФО состав-

ляет 199 (28970,8 га), на территории Оренбургской области ООПТ местного значения отсутствуют. Также ООПТ местного значения отсутствуют в следующих субъектах ПФО (по состоянию на 2019 г.): Республика Башкортостан, Республика Мордовия, Пензенская область, Самарская область.

3. Сравнительных количественных и площадных характеристик категорий ООПТ (ст. 2 ФЗ РФ № 33-ФЗ от 14.03.1995 г. «Об особо охраняемых природных территориях»).

На территории Приволжского федерального округа находятся следующие ООПТ (федерального значения: государственные природные заказники – 3 (86668 га), памятники природы – 2 (2742 га), дендрологические парки и ботанические сады – 6 (137,4 га); регионального значения: природные парки – 10 (347874,5 га), государственные природные заказники – 169 (2310734,2 га), памятники природы – 2032 (548815,2 га), дендрологические парки и ботанические сады – 3 (705,7 га)):

- 15 государственных природных заповедников, в том числе биосферных, из них 2 расположены в Оренбургской области, что составляет 13,33 % от общего количества;
- 10 национальных парков, из них 1 расположен в Оренбургской области, что составляет 10,44 % от общего количества;
- 10 природных парков, в Оренбургской области их нет;
- 172 государственных природных заказника, из них 3 на территории Оренбургской области, 1,74 % от общего количества;
- 2034 памятника природы, из них 330 в Оренбургской области, 16,22 % от общего количества;
- 9 дендрологических парка и ботанических сада, в Оренбургской области их нет.

Также согласно сведениям Федеральной службы государственной статистики о количестве ООПТ регионального и местного значения по субъектам РФ за 2019 г. к иным категориям ООПТ регионального значения относят 159 охраняемых объекта, к ООПТ местного значения – 199 [4].

Общая площадь Приволжского федерального составляет 103800000 га, из них площадь ООПТ 5777551,9 га, соответственно 5,57 % от общей площади ПФО.

Площадь особо охраняемых природных территорий Оренбургской области 268106,67 га, около 2,2 % от территории региона, из них:

- федерального значения – 100417,34 га, что составляет 0,81 % от общей площади области;
- регионального значения – 167689,5 га, что составляет 1,35 % от общей площади области.

На территории Оренбургской области расположены:

- 2 государственных природных заповедника (44917,34 га), 0,36 % от общей площади области;
- 1 национальный парк (площадь на территории Оренбургской области равна 55500 га), 0,45 % от общей площади области;
- 3 государственных природных заказника (117756,1 га), 0,95 % от общей площади области;
- 330 памятников природы (49933,4636 га), 0,4 % от общей площади области.

Исходя из сравнительного анализа современной сети ООПТ Оренбургской области в пределах Приволжского федерального округа кратко сформулируем основные выводы:

1. Отсутствуют региональные природные парки, а также ООПТ местного значения: заказники, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады.

2. Отмечается неравномерное распределение охраняемых территорий по районам области. Значительную площадь (0,81 % от площади территории области, 37,45 % от общей площади ООПТ) занимают ООПТ федерального значения: участки ГПЗ «Оренбургский» («Таловская степь» – Первомайский район, «Предуральская степь» – Акбулакский и Беляевский районы, «Буртинская степь» – Беляевский район, «Айтуарская степь» – Кувандыкский городской округ, «Ащисайская степь» – Светлинский район), государственный природный заповедник «Шайтан-Тау», национальный парк «Бузулукский бор» в границах Оренбургской области. Доля площади ООПТ регионального значения от площади территории области равна 1,35 %, 62,55 % от общей площади ООПТ.

3. После ликвидации категории охотничьих заказников в конце 90-х гг. XX века слабо развита категория заказников областного значения. На протяжении последних 20 лет попытки создания новых практически не предпринимаются.

Представленные значения относительно характеризуют систему ООПТ, состоящую из различных категорий и уровней управления, в пределах Оренбургской области по отношению к Приволжскому федеральному округу. На данном этапе, отдельно по Оренбургской области можно сделать вывод о недостаточном количестве особо охраняемых природных территорий и достаточно низком проценте охвата территории степного региона.

*Статья подготовлена в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) № ГР АААА-А17-117012610022-5.*

#### Список литературы:

1. Об особо охраняемых природных территориях: федер. закон от 14 марта 1995 г. N33-ФЗ (с изм. и доп.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант». Источник: <https://base.garant.ru/10107990/>.

2. Оренбургская область // «Оренбуржье» Портал Правительства Оренбургской области. URL: <http://orenburg-gov.ru/Info/OrbRegion/> (дата обращения: 25.08.2020).

3. Особо охраняемые природные территории Оренбургской области на 01.01.2019 г. // Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области. URL: <https://mrg.orb.ru/ecology/102/> (дата обращения: 25.08.2020).

4. Сведения об особо охраняемых природных территориях за 2019 год // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=оопт> (дата обращения: 28.08.2020).

5. Состояние и охрана окружающей среды в Приволжском федеральном округе Российской Федерации // Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2018/subjects/pfo/> (дата обращения: 27.08.2020).

6. Стишов М. С., Дадли Н. Охраняемые природные территории Российской Федерации и их категории / Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва, 2018. 248 с.

7. Чибилёв А. А., Павлейчик В. М., Чибилёв А. А. (мл.) Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории Вступительное слово: Коннов М. Ф. Оренбург: УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2009. 328 с.

## АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В БУКОВЫХ ЛЕСАХ СОЧИНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Щербина В. Г., Горбунова Т. Л.

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Сочи

e-mail: v.g.scherbina@bk.ru, tatianashaw@mail.ru

## ALLELOPATHIC ACTIVITY OF FOREST LAYER IN BEECH FORESTS THE SOCHI BLACK SEA REGION

Scherbina V.G., Gorbunova T.L.

Branch of Institute of Natural and Technical Systems, Sochi city

**Аннотация.** Стандартными методами определена аллелопатическая активность семи видов деревьев и их сообществ в буковых лесах Сочинского Причерноморья. Установлено, что с изменением в лесных парцеллах видового разнообразия происходит изменение аллелопатической активности и ингибирующей роли лесной подстилки.

**Ключевые слова:** лесная парцелла, состав древостоя, лесная подстилка, аллелопатическая активность.

**Abstract.** The allelopathic activity of seven tree species and their communities in beech forest of the Sochi Black Sea region was determined by standard methods. It was found that with a change in species diversity in forest parcels, there is a change in allelopathic activity and the inhibitory role of forest litter.

**Keywords:** parcels forest, stand composition, forest litter, allelopathic activity.

Лесные сообщества характеризуются пространственной структурной неоднородностью в результате формирования горизонтальных биогеоценотических парцелл [2]. Древесные виды, в первую очередь эдификаторы, трансформируя факторы абиотической среды, под воздействием формирующихся фитогенных полей [9], и аллелопатических факторов, в ходе накопления в парцеллах физиологически активных веществ [5], приводят к горизонтальной дифференциации, изменяя почвообразовательный процесс [4, 7], величину и направление консортивных связей [6, 10], выполняя регуляторную функцию видового состава лесных сообществ [1, 11].

Множественные аспекты средомодифицирующих факторов, имеющие практическую природоохранную значимость в рамках формирования экологической среды и структуры лесных ценозов [3], также актуальны для буковых лесов в зоне Сочинского Причерноморья, для возможности проведения природоохранных мероприятий по предотвращению смены растительных сообществ и сокращения биоразнообразия.

Цель исследования заключалась в определении фитологической активности водорастворимых колинов лесной подстилки отдельных древесных видов и их сообществ в лесах Сочинского Причерноморья, с эдификаторной ролью бука восточного.

Подстилка собиралась вдоль склона на пробных площадях (8-кратная повторность), включающих по 4 учетные площадки (1 м<sup>2</sup>) в 3 зонах фитогенных полей (приствольной, подкромной, в зоне пересечения проекций крон). Средняя проба бралась методом «конверта» (из 5 проб с одной учетной площадки).



Оценивалась подстилка черешни (Чрш) (*Prunus avium* L.), ясеня (Яс) (*Fraxinus excelsior* L.), липы (Л) (*Tilia caucasica* Rupr.), клена полевого (Кп) (*Acer campestre* L.), дуба скального (Дс) (*Quercus petrea* Leibl.), граба кавказского (Гр) (*Carpinus caucasica* Grossh.), бука восточного (Бк) (*Fagus orientalis* L.). На парцеллярном уровне пробы подстилки брались в сообществах с участием менее 5% ясеня и черешни, при 1, 2, 3, 4 и 5 видах в составе древостоя: 10Бк, 8Бк2Гр, 6Бк2Гр2Дс, 6Бк2Гр1Дс1Кп, 5Бк2Гр1Дс1Кп1Л (+ Яс, ед. Чрш).

Оценка биологического воздействия водорастворимых колинов лесной подстилки проводилась методом биопроб по общепринятой методике А. М. Гродзинского [1]. Биотестом служили семена редиса сорта розово-красный с белым кончиком (*Raphanus sativus* var. *radicula* PERS.), при концентрации 1:50, в соответствии с природными условиями [6]. Навеска средней пробы подстилки настаивалась 24 часа на дождевой воде. Активность растворов в биопробах определялась по всхожести семян; за основу брался индекс аллелопатической активности (1), разработанный Н. О. Симагиной и др. [8]:

$$A = \frac{S_k - S_0}{S_k}, \quad (1)$$

где:  $A$  – аллелопатическая активность;  $S_k$  – всхожесть семян тест-объекта в контроле;  $S_0$  – всхожесть семян тест-объекта в опыте.

Проведенная оценка влияния водорастворимых колинов отдельных видов деревьев выявила значительное варьирование степени подавления тест-объекта (таблица), в диапазоне 48-250 условных кумариновых единиц. Большие величины ингибирования характерны для видов-ассектаторов, способных проявлять доминирующую роль только в производных сообществах, не образуя естественных монодоминантных насаждений. Особенно значительные величины характерны для видов, имеющих в среднем менее 15% участия в буковых лесах (*Fraxinus excelsior*) и единичных видов, ценотически чужеродных для сообществ (*Prunus avium*), ингибирующих прорастание относительно контроля на 77,0 и 63,1%, соответственно. Величина ингибирования *Carpinus caucasica* (в среднем на 71% относительно контроля), как субдоминанта второго яруса, косвенно объясняет слабо развивающийся живой напочвенный покров уже при сомкнутости 0,6 и богатство эфемероидов в период низкой аллелопатической активности лесной подстилки.

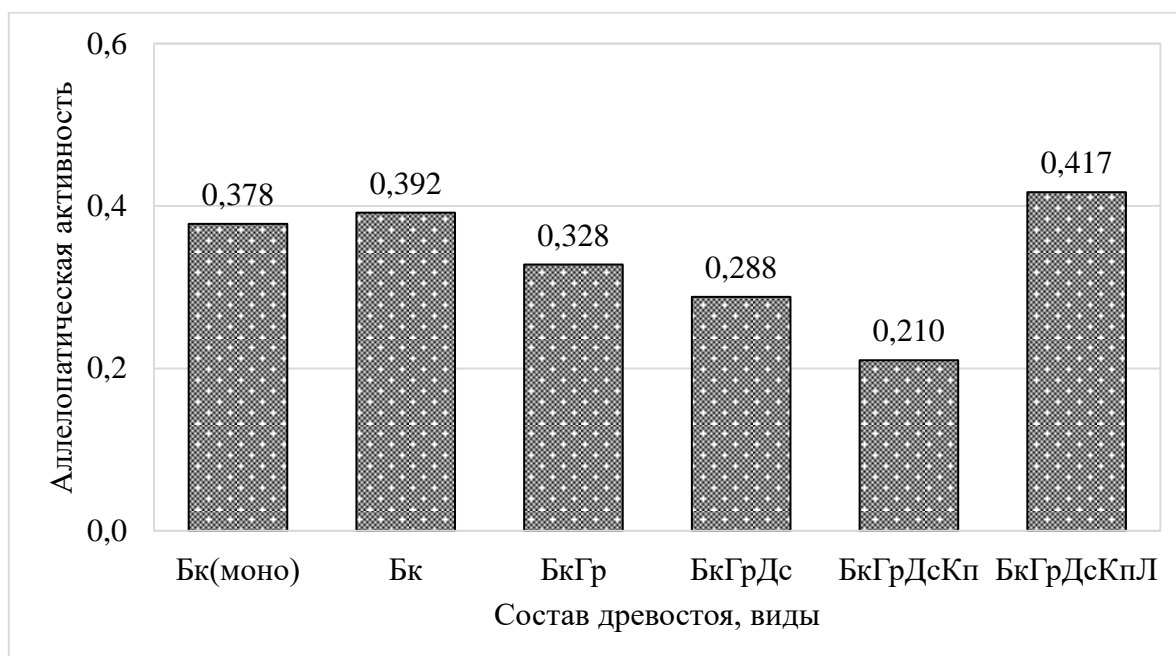
Таблица 1

**Аллелопатическая активность (А) лесной подстилки отдельных деревьев**

Вид	Число проб	Проросшие семена редиса		Дисперсия	А
		Штук	%		
<i>Fagus orientalis</i>	96	31,1	62,2	7,01	0,378
<i>Quercus petrea</i>	96	18,2	36,4	3,28	0,636
<i>Tilia caucasica</i>	60	16,7	33,3	3,43	0,667
<i>Acer campestre</i>	84	15,5	31,0	3,70	0,690
<i>Fraxinus excelsior</i>	96	15,2	30,3	8,50	0,697
<i>Carpinus caucasica</i>	96	11,2	22,4	6,93	0,776
<i>Prunus avium</i>	48	8,2	16,4	5,19	0,836

По результатам вегетативных опытов при смешенном участии древесных видов установлено, что, в отличие от чистых насаждений, близкие по составу экстракты могут усиливать или ослаблять аллелопатическую активность подстилки. Наличие в буковых сообществах незначительного участия (менее 5%) *Fraxinus excelsior* и *Prunus avium*, обладающих по отдельности значительным индексом активности (соответственно, 0,697 и 0,836), при составе 10Бк увеличивают активность колинов только на 3,6%, повышая всхожесть семян редиса на

2,2%, т. е. аккумулятивная реакция колинов не обладает суммируемыми свойствами. Увеличение разнообразия в составе древостоя до 4 видов сопровождается снижением ингибирующих свойств лесной подстилки, оставаясь значительно меньше, по сравнению с монодоминантными парцеллами. Участие в сообществе 5 древесных видов в основном составе сопровождается увеличением активности смеси физиологически активных соединений на 49,6% (рисунок).



**Рис. 1.** Активность водорастворимых колинов подстилки в зоне фитометра («моно») и лесных сообществах

Сравнение выборочных совокупностей по отношению средних квадратов ( $F$ ) выявило достоверные отличия (при  $P = 0,01$ ) между парцеллами с 1-3 видами в основном составе древостоя и парцеллами с 4-5 древесными видами ( $F_{\text{факт}} = 1,47-2,21$ , при  $F_{\text{табл.}} = 1,39$ ), что, в целом, дополняет и согласуется с классическими представлениями в данном направлении исследований [1, 3-8, 11].

Следовательно, можно сделать вывод, что участки буковых насаждений Сочинского Причерноморья с примесью ясеня и черешни, с ростом разнообразия в составе древостоя от 3 до 5 видов, характеризуются значительными изменениями в аллелопатической активности лесной подстилки с увеличением ингибирующей ее роли и формированием особого аллелопатического режима в насаждениях. Полученные результаты также косвенно объясняют факт большей инвазивной устойчивости более сложно организованных буковых сообществ.

#### Список литературы

1. Гродзинский А. М., Головкин Е. А., Горобец С. А. Экспериментальная аллелопатия. К.: Наукова думка, 1975. 230 с.
2. Дылис Н. В. Структура лесного биогеоценоза // Комаровские чтения. М.: Наука, 1969. Т. 21. 28 с.
3. Золотухин А. И., Овчаренко А. А. Пойменные леса Прихоперья: состояние, эколого-ценотическая структура, биоразнообразие. Балашов: Изд-во СГУ, 2007. 149 с.

4. Коношина С. Н., Хилкова Н. Л., Прудникова Е. Г. Аллелопатическая активность листового опада древесных растений Орловской области. // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2014. № 3. С. 152–155.
5. Лаврова О. П., Матвеев Н. М. Об особенностях аллелопатического режима в фитогенном поле дуба // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Междунар. межвед. сб. науч. тр. / Под ред. Н. М. Матвеева. Самара: Изд-во Самарский университет, 1996. С. 115–124.
6. Матвеев Н. М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара: Кн. изд-во, 1994, 206 с.
7. Миркин Б. М., Усманов И. Ю. Аллелопатия. Состояние теории методы изучения. // Журнал общей биологии. 1991. Т. 52. № 5. С. 646–655.
8. Симагина Н. О., Лысякова Н. Ю. Динамика аллелопатической активности *Vulpurum fruticosum* L. в течение вегетации и онтогенеза // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. 2011. Том 24 (63). № 4. С. 273–281.
9. Уранов А. А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М.: Наука, 1965. Т. 1. С. 251–254.
10. Щербина В. Г. Анализ экосистемной упорядоченности при естественной и антропогенной динамике экосистем // Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: III науч.-практ. конф. (Севастополь, 28-30 сент. 2016) / под ред. С. И. Рубцовой, Н. В. Ляминой. Севастополь: Изд-во ИПТС, 2016. С. 315–318.
2. Weidenhamer J.D. Distinguishing resource competition and chemical interference overcoming the methodological impasse // *Agronomy Journal*. 1996. Vol. 88, № 6. P. 866–875.

## АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ В ЛЕСАХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ

Щербина В. Г.

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Сочи

e-mail: v.g.scherbina@bk.ru

## ALLELOPATHIC INDICATION OF RECREATION LOAD IN THE FORESTS OF HUMID SUBTROPICS

Scherbina V.G.

Branch of Institute of Natural and Technical Systems, Sochi city

**Аннотация.** Проводится оценка индикационных свойств аллелопатического фактора на рекреационное воздействие в пригородных лесах Сочинского Причерноморья. Методами моделирования рекреационной нагрузки установлено значительное варьирование аллелопатической активности в пригородных лесах и большее ее проявление у лесной подстилки.

**Ключевые слова:** насаждение, рекреация, аллелопатическая активность, индикация.

**Abstract.** The assessment of the indicative properties of the allelopathic factor on the recreational impact in the suburban forests of the Sochi Black Sea region is carried out. The methods of modeling the recreational load revealed a significant variation in allelopathic activity in suburban forests and its greater manifestation in the forest litter.

**Keywords:** planting, recreation, allelopathic activity, indication

Формируемая каждым отдельным растительным организмом аллелопатическая сфера [3] в пределах фитогенного поля [5], в зависимости от видовой специфичности величины и направления аллелопатического эффекта [11], значительно воздействует на морфологические и физиологические изменения у пространственно близких организмов и их растительных сообществ [6]. Отмечается определенная зависимость напряженности аллелопатической сферы от величины и состава физических и химических факторов биотопа [8, 10], усиливаясь при трансформации фонового состояния вплоть до снижения собственного возобновительного потенциала и образования смешанных древостоев [7].

Эти многоплановые вопросы аллелопатической фитоценологии становятся все более актуальными для единственных в России влажных субтропиков Сочинского Причерноморья, с развитой рекреационной деятельностью, вносящих дополнительный существенный вклад в качественную и количественную перестройку сообществ.

Цель исследования заключалась в определении индикационных свойств аллелопатического фактора на рекреационное воздействие в лесных насаждениях Сочинского Причерноморья.

Исследования проводились в пригородных лесных биогеоценозах субтропической зоны, в районах: Нижнее Учдере, Солохаул, Большой Кичмай, Шепси, Тисосамшитовая роща. В семи насаждениях (с доминирующим каштаном, дубом черешчатым, дубом пушистым, самшитом, буком, грабом, тисом) моделировалась рекреационная нагрузка [1] в трех вариантах: 10 минут (1,39 чел/га), 20 минут (2,78 чел/га), 30 минут (4,17 чел/га). Через 2 дня, после

2,5-2,7 мм естественных осадков, на экспериментальных учетных площадках брались пробы подстилки (металлической рамкой 10×10 см в 10-кратной повторности) и корней (цилиндрическим буром ударного типа по методу «конверта» в 4-кратной повторности) в верхнем горизонте почвы (0-10 см), включая контрольные условия – без нагрузки.

Из объединенных проб по учетным площадкам готовились средние пробы для определения биологической активности корневых вытяжек и лесной подстилки (1:50) по классическим методам [2], после настаивания 24 ч. на дождевой воде. Биотестом служили семена редиса сорта Красный с белым кончиком.

Результаты биотестирования показали значительную вариацию по ингибированию между отдельными лесными сообществами (таблица).

Таблица 1

**Всхожесть семян редиса в крайних вариантах опыта по аллелопатической активности корней и лесной подстилки в лесных сообществах**

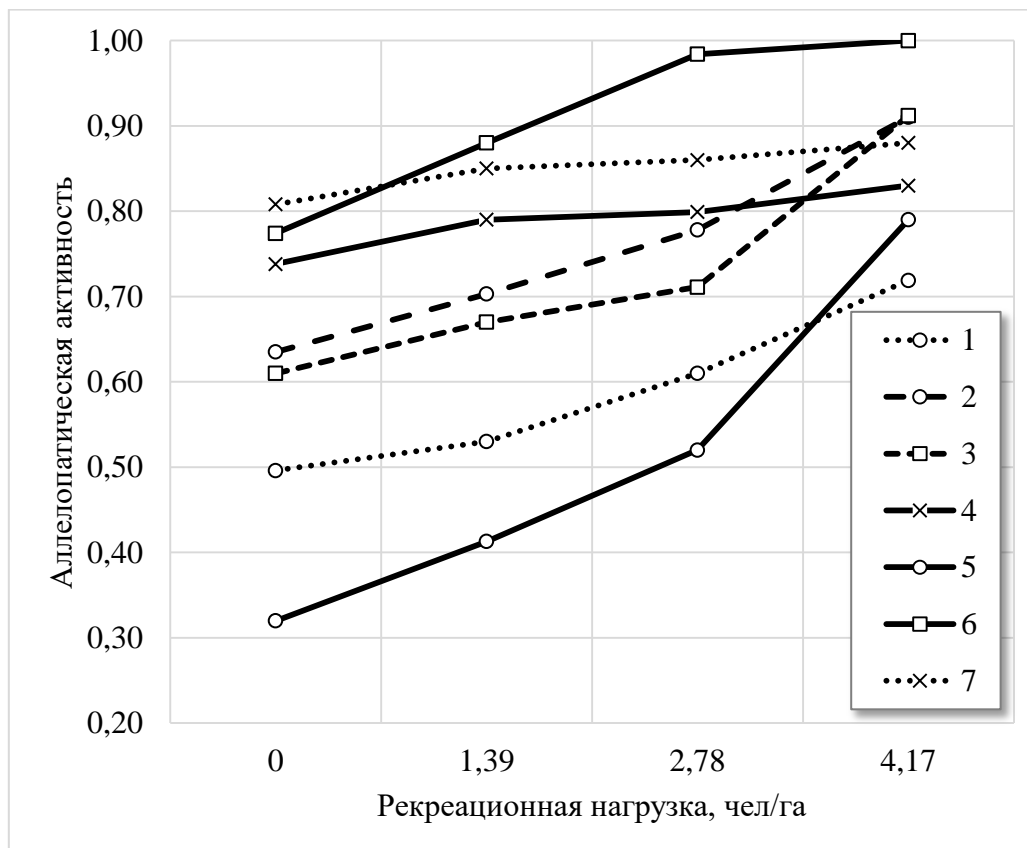
Состав древостоя	Всхожесть при рекреационной нагрузке, %			
	0 (контроль) чел/га		4,17 чел/га	
	корни	подстил.	корни	подстил.
8Кш2Г + Чрш, Яс, Лврвш	58,3	50,4	39,0	28,1
5Дчш2Ос2Г1Бк + Грш	42,1	36,5	23,9	9,0
7Дпуш2Кш1Г	47,9	39,0	27,5	8,8
6Смш3Г1Грбн + Ккр, Лп, Грш	64,5	26,2	34,0	17,0
10Бк + Г, Лп, Ил, Кш, Тс, Кпол	75,2	68,0	16,7	21,0
7Г2Дпуш1Кос + Лп, Брк, Яс	70,1	22,6	8,9	0,1
6Тс2Яс1Г + Бк, Лп, Чрш	59,4	19,2	44,8	12,0

Бк – *Fagus orientalis* Lipsky, Брк – *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, Г – *Carpinus betulus* L., Грбн – *Carpinus orientalis* Mill., Грш – *Pyrus communis* L., Дпуш – *Quercus pubescens* Willd., Дчш – *Quercus robur* L., Ил – *Ulmus scabra* Huds., Ккр – *Acer laetum* C.A. Mey. Кос – *Acer platanoides* L., Кпол – *Acer campestre* L., Кш – *Castanea sativa* Mill., Лврвш – *Laurocerasus officinalis* M. Roem. Лп – *Tilia caucasica* Rupr., Ос – *Populus tremula* L., Смш – *Buxus colchica* Pojark, Тс – *Taxus baccata* L., Чрш – *Prunus avium* L., Яс – *Fraxinus excelsior* L.

Тестирование по водным корневым вытяжкам выявило почти во всех пробах меньшую их аллелопатическую активность в сравнении с лесной подстилкой, как в контрольных условиях (на 7,2-22,9%), так и после моделируемой нагрузки (на 8,8-16,5%). Исключение представляют пробы в сообществах с доминирующим буком (при 4,17 чел/га) и грабом (2,78-4,17 чел/га) при значительном рекреационном воздействии, объясняемое рыхлым сложением подстилки, легко перетирающейся под ногами рекреантов, с образованием значительной доли мелкой фракции (легче экстрагирующей коллины). Для сообществ с доминирующим грабом, после нагрузки 2,78 чел/га всхожесть редиса в водных вытяжках из корней показала большую чувствительность (на 24,4%), как и при нагрузке 4,17 чел/га (на 8,8%), по сравнению с подстилкой. Низкое содержание колинов в почвах других сообществ (с доминирующим дубом, самшитом, каштаном, тисом), указывает не только на более грубую подстилку, но и, что тормозители прорастания из подстилки за короткий промежуток времени (или малое количество осадков) не успевают экстрагироваться в верхние горизонты почвы.

На рисунке представлено изменение величины ингибирования лесной подстилкой прорастания семян редиса на анализируемом тренде рекреационной нагрузки, как более чувствительного компонента лесного сообщества. Отмечается высокая чувствительность алле-

лопатыеского фактора с появлением незначительной рекреационной нагрузки (1,39 чел/га), снижая прорастание семян на 5,2-29,1%. Последующее увеличение нагрузки усиливает ингибирующий эффект в диапазоне приемлемой статистической достоверности (при  $p = 0,952-0,999$ ).



**Рис. 1.** Динамика аллелопатической активности лесной подстилки с ростом рекреационной нагрузки в лесных сообществах:

- 1 – 8Кш2Г + Чрш, Яс, Лврвш; 2 – 5Дчш2Ос2Г1Бк + Грш;  
 3 – 7Дпуш2Кш1Г; 4 – 6Смш3Г1Грбн + Ккр, Лп, Грш; 5 – 10Бк + Г, Лп, Ил, Кш, Тс, Кпол;  
 6 – 7Г2Дпуш1Кос + Лп, Брк, Яс; 7 – 6Тс2Яс1Г + Бк, Лп, Чрш

Таким образом, из полученных результатов следует, что аллелопатический фактор подстилки и корней отличается по своей интенсивности, как между разными, так и в пределах одного биотического сообщества, проявляя усиление с ростом рекреационного воздействия.

Лесная подстилка обладает достаточно высокой, большей чем корни, аллелопатической активностью в фоновых и рекреационных условиях, с обратной корреляционной зависимостью ( $r = -0,83 - -0,99$ , при  $P = 0,05$ ) и, на аллелопатическом уровне, может выступать в роли верного индикатора (по [4]) состояния нарушенности территории.

При значительной рекреационной нагрузке (4,17 чел/га) по повышению ингибирующей способности подстилки формируется ряд эдификаторов: каштан, бук, самшит, тис, дуб черешчатый, дуб пушистый, граб. Можно предположить, что наибольшей инвазивной устойчивостью при нагрузке 4,17 чел/га будут обладать сообщества с доминирующим грабом, что согласуется с результатами ранних исследований [9].

Также следует отметить, что в различных лесных сообществах однотипная рекреационная нагрузка приводит к различной степени физической и химической трансформации

лесной подстилки и верхнего горизонта почвы, что необходимо учитывать при регламентации рекреационной нагрузки в пригородных лесах Сочинского Причерноморья.

#### Список литературы

1. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М.: ЦБНТИлесхоза, 1987. 34 с.
2. Гродзинский А. М., Головки Е. А., Горобец С. А. Экспериментальная аллелопатия. К.: Наукова думка, 1975. 230 с.
3. Гродзинский А. М. Некоторые проблемы изучения аллелопатического взаимодействия растений // Взаимодействие растений и микроорганизмов в фитоценозах. Киев, 1977. С. 3–12.
4. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. 406 с.
5. Лаврова О. П., Матвеев Н. М. Об особенностях аллелопатического режима в фитогенном поле дуба // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Междунар. межвед. сб. науч. тр. / Под ред. Н. М. Матвеева. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1996. С.115–124.
6. Марченко И. С. Биологическое поле леса – теоретическая основа лесохозяйственного производства // Известия вузов. Лесной журн. 1997. № 1–2. С. 57–64.
7. Матвеев Н. М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара: Книжное издательство, 1994. 203 с.
8. Прокушкин С. Г., Каверзина Л. Н. Корневые экзометаболиты и их роль в минеральном питании сосны // Лесоведение. 1993. № 6. С. 81–85.
9. Щербина В. Г., Щербина Ю. Г. Рекреационные ресурсы Северного Кавказа. Часть I. Кривой Рог: Минерал, 2006. 500 с.
10. Юрчак Л. Д. Аллелопатія в агробіоценозах ароматичних рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 411с.
12. Callaway R. M. Species-specific positive interactions // Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities. 2007. P. 255–293.

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД СОЛИКАМСКОГО РАЙОНА  
(ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

Щукова И. В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет

г. Пермь

shchukova-i@mail.ru

**CHEMICAL COMPOSITION OF NATURAL WATERS OF THE SOLIKAMSKY  
DISTRICT (PERM KRAI)**

Shchukova I.V.

The Perm State National Rresearch University

Perm

shchukova-i@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены особенности формирования состава водотоков, протекающих по территории Соликамского района Пермского края – участка, не подверженного влиянию горно-химического производства.

Проанализировано около 250 гидрохимических анализов на макро- и микрокомпоненты за 2015-2020 г. г. Установлено, что гидрохимический режим поверхностных вод формируется преимущественно под влиянием природных факторов – воды пресные, гидрокарбонатного состава. Микроэлементный состав речных вод пестрый – повышенные концентрации относительно ПДК<sub>рх</sub> зафиксированы по ванадию, марганцу, меди, молибдену, стронцию, селену и цинку, а также железу общему.

Считаем, что это является естественной региональной геохимической особенностью территории Западного Урала и связано, прежде всего, с литологическим фактором.

**Ключевые слова.** Поверхностные воды, химический состав, ПДК<sub>рх</sub>.

**Annotation.** The features of the formation of the composition of watercourses flowing through the territory of the Solikamsk District of the Perm Territory – a territory not subject to the influence of mining and chemical production are considered.

About 250 hydrochemical analyzes for macro- and microcomponents for 2015-2020 were analyzed. It has been established that the hydrochemical regime of surface waters is formed mainly under the influence of natural factors – fresh waters, hydrocarbonate composition. The microelement composition of river waters is variegated – elevated concentrations relative to MAC were recorded for vanadium, manganese, copper, molybdenum, strontium, selenium and zinc, as well as iron.

We believe that this is a natural regional geochemical feature of the territory of the Western Urals and is primarily associated with the lithological factor.

**Keywords.** Surface waters, chemical composition, MAC.

**Введение.** Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей является основой калийной промышленности РФ и вторым в мире по величине запасов хлористого калия. На месторождении выделено 14 участков детальной разведки. Из них на территории шести –



рудоуправления функционируют, на двух – рудники и обогатительные фабрики строятся, одно затоплено, площадь пяти участков является резервной (планируемой к освоению).

Экологическая обстановка вокруг функционирующих калийных рудников достаточно хорошо изучена [1-2, 4-6, 8, 10 и мн. др.] – существенное влияние на все компоненты природной среды связано с химическим воздействием отходов производства, которые благодаря высокой растворимости обуславливают развитие процессов засоления почв, грунтов, поверхностных и подземных вод.

На площадях планируемых к освоению влияние горно-химического производства пока отсутствует. В связи с этим было интересно проанализировать современное состояние природных вод на одном из таких участков.

**Общая характеристика района исследований.** Территория исследования расположена в центральной восточной части месторождения, северо-восточней г. Соликамска. На участке расположено несколько населенных пунктов. По территории проходят линии электропередачи и связи, газопроводы и нефтепроводы, автодороги грунтовые и с асфальтовым покрытием.

Территория покрыта смешанными и хвойными лесами, сельскохозяйственными угодьями, которые в настоящее время мало используются. Климат района континентальный. Среднегодовая сумма атмосферных осадков 650-700 мм, годовое количество осадков превышает возможное испарение, поэтому увлажнение избыточное.

Гидрографическая сеть полностью принадлежит левобережной части бассейна р. Камы. Крупнейшими реками являются Усолка и Боровая. Северная часть территории расположена на водосборной площади р. Боровой, южная – р. Усолки. Реки 3-го порядка – Козловка, Ростовица, Клестовка, Потымка и ряд водотоков периодического действия, приуроченных к овражной сети. В поймах большинства рек много озер-старич, большие пространства занимают болота. В питании рек преимущественное значение имеют снеговые воды. Зимой реки питаются запасами подземных вод. Небольшое влияние на режим рек могут оказывать населенные пункты, вдоль которых они протекают.

Геологический разрез зоны активного водообмена представлен терригенными, терригенно-карбонатными породами пермской системы ( $P_1s\check{s}$ ,  $P_1sl_2$ ,  $P_1sl_1$ ) и болотными, аллювиальными, флювиогляциальными, элювиальными отложениями четвертичного возраста ( $pgQ$ ,  $aQ$ ,  $fQ$ ,  $eQ$ ). Характерной особенностью разреза является его загипсованность и известковистость. Собственно месторождение сложено солями нижнепермской галогенной формации ( $P_1sl_1$ ) Соликамской впадины [6].

**Результаты исследования.** Исследования химического состава природных вод включали определение  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Fe_{общ.}$ , сухого остатка, общей минерализации, pH, перманганатной окисляемости, ХПК, БПК, общей жесткости, взвешенных веществ и микроэлементов – Li, Be, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Te, Cs, Ba, W, Pb.

Результаты гидрохимических исследований поверхностных вод сравнивались с нормативами предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>) [7]. Характеристика основных гидрохимических показателей состава вод дана по справочным материалам [3]. Всего проанализировано порядка 250 проб за 2015-2020 гг.

Характеристика химического состава вод дана по классификации Г. А. Максимовича [9], согласно которой, тип вод или гидрохимическая фация, определяется преобладающими ионами по содержанию в весовой форме.

Согласно результатам гидрохимических исследований *воды р. Усолки и ее притоков* пресные с минерализацией 0,05-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Преобладающая гидрохимическая фация водотоков гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, что соответствует условиям ненарушенного режима. Менее распространена гидрокарбонатно-кальциево-магниевая фация, которая характеризует воды р. Усолки в летний меженный период.

Воды мягкие, преимущественно слабощелочные (рН от 6,3 до 8,0). Основные показатели ионного состава вод в целом соответствуют нормируемым требованиям [7], за исключением общего железа, превышения ПДК<sub>рх</sub> зафиксированы во всех водотоках (0,18-5,4 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК<sub>рх</sub> 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

Помимо этого, зафиксированы повышенные концентрации азотистых соединений (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в период весеннего половодья в среднем до 0,7 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК<sub>рх</sub> 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное превышение NH<sub>4</sub><sup>+</sup> достигает 4,6 ПДК<sub>рх</sub>. В период летней межени среднее содержание NO<sub>2</sub><sup>-</sup> составляет 0,2 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК<sub>рх</sub> 0,08 мг/дм<sup>3</sup>.

Несколько повышенные значения перманганатной окисляемости (от 2,4 до 26,7 мгО/дм<sup>3</sup> при средних значениях 5-10 мгО/дм<sup>3</sup> по [3]) и ХПК – это результат влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот и торфяников.

Микроэлементный состав речных вод характеризуется пестрым обликом (таблица). Стабильно отмечается повышенное содержание ванадия, марганца и меди.

Таблица 1

Микроэлементный состав водотоков

Элемент	ПДК <sub>рх</sub>	Min-Max значение	Среднее значение	Процент обнаружения, %	Количество превышений ПДК
Li	80	0,50-22,4	4,2	100	0
Be	0,3	0,01-0,1	0,02	21	0
Ti	60	0,72-25,1	3,0	57	0
V	1	0,41-7,0	2,2	72	46
Cr	70(20)	0,40-19,0	4,7	66	0
Mn	10	0,23-146,0	15,6	90	36
Co	10	0,03-1,0	0,3	72	0
Ni	10	1,00-7,4	2,7	63	0
Cu	1	0,35-145,1	4,7	72	34
Zn	10	0,38-46,0	6,1	65	7
As	50	0,02-1,5	0,6	53	0
Se	2	0,02-6,4	1,1	50	7
Sr	400	12,1-1104,7	240,8	100	15
Zr	70	0,01-1,3	0,3	80	0
Mo	1	0,01-2,0	0,7	97	15
Cd	5	0,01-0,2	0,04	27	0
Sn	112	0,01-2,5	0,1	43	0
Cs	1000	0,01-0,04	0,01	19	0
Ba	740	4,36-113,0	34,3	100	0
W	0,8	0,01-33,9	1,6	47	3
Pb	6	0,01-5,3	0,5	48	0

*Воды р. Боровой и ее притоков* также пресные с минерализацией 0,01-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Гидрохимическая фация преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, что соответствует условиям ненарушенного режима.

По величине жесткости воды мягкие, преимущественно слабощелочные. Основные определяемые показатели ионного состава соответствуют нормируемым требованиям [7]. Исключением является содержание общего железа, концентрация которого 0,05-8,0 мг/дм<sup>3</sup> (при ПДК<sub>рх</sub> 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

Значения перманганатной окисляемости вод р. Боровой изменяются от 14 до 22,7 мгО/дм<sup>3</sup>, р. Потымки – достигают 50 мгО/дм<sup>3</sup>, при значениях считающихся средними 5-10 мгО/дм<sup>3</sup> (по [3]).

Микрокомпонентный состав вод бассейна р. Боровой аналогичен составу вод р. Усолки – повсеместное превышение ПДК<sub>рх</sub> отмечается для марганца, ванадия, стронция, молибдена, единичные – для меди, цинка и селена.

Факторы и процессы обуславливающие повышенные концентрации показателей химического состава вод преимущественно природные.

Вероятной причиной повышенных значений *азотистых соединений* в р. Усолке является антропогенная составляющая, поскольку выявленные концентрации исследуемых показателей зафиксированы вблизи населенных пунктов и транспортных магистралей.

Стабильно высокое содержание *железа общего, меди и марганца* во всех водотоках территории связано с повсеместным распространением в верхней части геологического разреза терригенных отложений шешминского горизонта пермской системы, в толще которого нередко встречаются медистые и железистые песчаники. Другим источником *железа общего* могут быть процессы заболачивания территории. Можно считать, что повышенная концентрация железа общего, меди и марганца является естественной региональной геохимической особенностью территории Западного Урала.

Одним из главных источников загрязнения природных вод *ванадием* являются нефть и продукты ее переработки, а также сжигание углеводородного топлива (выбросы автомобилей).

Повышенное содержание *селена, молибдена и стронция* в природных водах, прежде всего обусловлено вымыванием, выщелачиванием их из минералов, содержащих эти элементы. Кроме того, в небольших количествах *селен* может содержаться в сульфидных минералах меди, цинка и свинца.

*Цинк* попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород, а также со сточными водами рудообогатительных фабрик.

**Выводы.** В целом, на участке планируемом к освоению, поверхностные воды не подвержены значительному техногенному влиянию, их гидрохимический режим формируется преимущественно под влиянием природных факторов.

К техногенным источникам можно отнести населенные пункты, сельскохозяйственные угодья, автотранспорт и разработку нефтегазовых месторождений в границах территории исследований (Логовское, Жилинское, Чашкинское и Бельское месторождения).

Полученные результаты исследования могут быть использованы в качестве условно фоновых показателей для оценки степени воздействия на компоненты окружающей среды на этапе строительства и функционирования горно-химических объектов.

#### Список литературы

1. Белкин П. А., Катаев В. Н. Закономерности техногенной трансформации химического состава подземных вод в районах разработки калийных месторождений // Известия УГГУ. 2018. Вып. 2(50). С. 55-64. DOI 10.21440/2307-2091-2018-2-55-64.

2. Бельтюков Г. В. и др. Особенности режима и химического состава подземных вод в водозаборах Березниковско-Соликамского района // Геология и полезные ископаемые Урала. Свердловск: УФ АН СССР, 1969. Вып. 1.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т. В. Гусевой. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2007.
4. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. – М.: Эпсилон Плюс, 2013. – 368 с.
5. Меньшикова Е. А., Шукова И. В. Водозаборы подземных вод в зоне влияния горно-химического производства // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: [www.science-education.ru/100-5249](http://www.science-education.ru/100-5249).
6. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / под ред. А. И. Кудряшова. – Пермь: Изд-во «Книжная площадь», 2006. – 464 с.
7. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (ред. от 10.03.2020) "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 № 45203).
8. Ушакова Е. С. Шукова И. В. Подземные воды Соликамской градопромышленной агломерации. Интернет-вестник ВолгГАСУ. Волгоград, 2012. Объем: 1-9 с.
9. Химическая география вод и гидрогеохимия Пермской области. Пермь, 1967.
10. Шимановский Л. А., Крутов В. М. Гидрогеологические и гидрохимические особенности Верхнекамского соленосного бассейна // Гидрогеология и карстоведение: уч. зап. Пермск. ун-та. 1964. Т. 119, вып. 2. С. 228-238.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Юмашева А. К., Харыбина А. С., Ильченко А. А.  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва  
anastasiayumasheva@yandex.ru, anfisa.haribina@yandex.ru

## STUDY OF GEOECOLOGICAL RISKS OF THE ARCTIC SHELF

Yumasheva A.K., Kharybina A.S., Ilchenko A.A.  
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow  
anastasiayumasheva@yandex.ru, anfisa.haribina@yandex.ru

**Аннотация.** В последнее время все большую актуальность приобретает вопрос разработки Арктических месторождений. Вместе с этим возникает ряд проблем. В Арктическом регионе большей изученностью, в отличие от шельфа, обладают континентальные территории. Не всегда при оценке рисков разработки месторождений учитывается весь комплекс факторов, возникающих в данном регионе. К таким факторам геоэкологического риска можно отнести сейсмическую активность и вулканизм, залежи газогидратов, слабую несущую способность донных грунтов, климатические условия. Лишь оценивая данные факторы в совокупности можно существенно снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций в таком стратегически важном для страны регионе, как Арктика.

**Ключевые слова:** геоэкологический риск, Арктический шельф, сейсмическая активность, газогидраты, вулканизм.

**Abstract.** Recently, the issue of developing Arctic deposits has become increasingly relevant. Along with this, a number of problems arise. In the Arctic region, in contrast to the shelf, continental territories are more studied. The full range of factors that arise in a given region is not always taken into account when assessing the risks of field development. Such environmental risk factors include seismic activity and volcanism, gas hydrate deposits, weak load-bearing capacity of bottom soils, and climatic conditions. Only by evaluating these factors together can we significantly reduce the likelihood of emergencies in such a strategically important region for the country as the Arctic.

**Keywords:** geoecological risk, Arctic shelf, seismic activity, gas hydrates, volcanism.

Для анализа геоэкологических рисков при освоении месторождений, прежде всего, стоит уделить внимание понятию геоэкологические риски в целом, так как оно является базовым при написании работы. Существует несколько видов рисков, такие как: индивидуальный, экологический, дифференцированный, допустимый, интегральный, социальный, экономический и другие [3].

Под геоэкологическими рисками обычно понимаются все возможные негативные проявления опасности и ущерба на окружающую среду, население, хозяйство, биологические объекты, вытекающие из геологической составляющей окружающей природной среды. Для геоэкологических рисков можно использовать следующую классификацию, выделенную на основе понятия «экологический риск»:

1. Природно-геоэкологические риски, обусловленные отрицательными изменениями в природной среде: сейсмическая обстановка, многолетнемерзлые грунты, вулканизм, отложения, насыщенные газом, слабонесущие грунты.

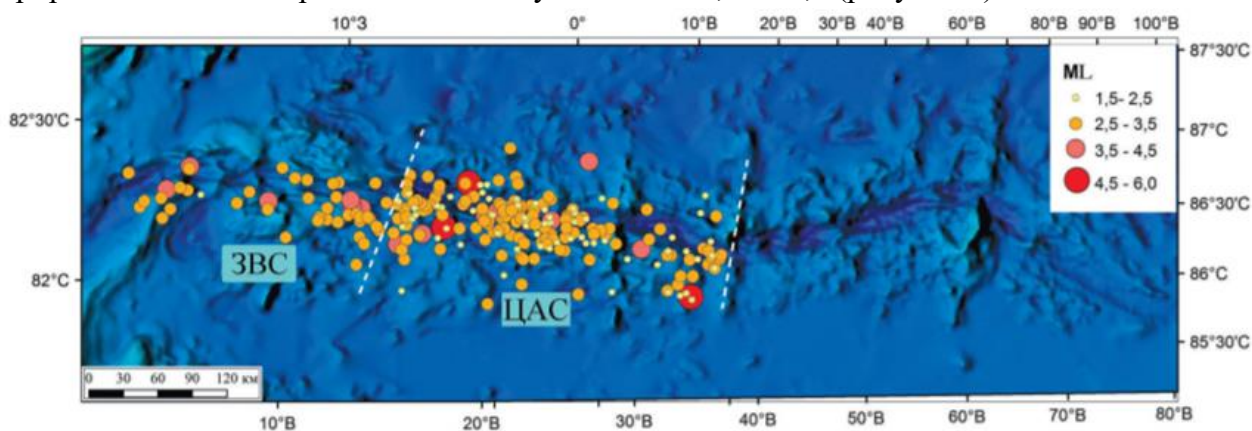
2. Техногенно-геоэкологические риски, обусловленные появлением и развитием техносферы: риск устойчивых техногенных воздействий, связанный с изменениями окружающей среды в результате обычной хозяйственной деятельности; а также риск катастрофических воздействий вследствие техногенных катастроф, аварий, инцидентов.

**Сейсмическая активность.** В Северном Ледовитом океане продолжается система Срединно-Атлантических разломов (сейсмически активные зоны спрединга океанического дна), в которую входит система хребтов Мона, Книповича и Гаккеля. Для данной зоны характерны низкие значения магнитуд землетрясений, их рассеивание на большой территории побережья моря Лаптевых, включая дельту реки Лена [2]. Вдоль хребтов Гаккеля, Книповича и дальше на юг, вдоль Срединно-Атлантического хребта замечаются многочисленные землетрясения различной силы.

Так как большинство землетрясений связано с сейсмоактивной зоной, протягивающейся от Исландии через глубоководную часть Арктики до шельфа моря Лаптевых – хребтом Гаккеля, поэтому в работе были произведены расчеты этого района. Спрединг хребта Гаккеля возник в результате вклинивания в Арктику Срединно-Атлантического хребта, что привело к образованию глубоководного Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана.

На основе анализа батиметрических и геофизических особенностей исследователи выделяют на хребте Гаккеля дополнительно от 7 до 9 сегментов, границами которых являются разломные зоны. В пределах хребта Гаккеля отмечаются наиболее низкие скорости спрединга среди срединно-океанических хребтов (СОХ), значительная толщина литосферы, изменяющиеся вдоль длины степень прогрева мантии и геометрия спрединга. Соотношение эндогенных процессов также меняется вдоль простирания хребтов, а именно при преобладании тектонического фактора в структурообразовании; на отдельных участках значительную роль играют магматические и метаморфические процессы.

По данным Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН за период с декабря 2011 по октябрь 2014 года в пределах всего хребта Гаккеля было зарегистрировано 384 землетрясения с магнитудой ML от 1,5 до 5,7 (рисунок 1).



**Рис. 1.** Карта распределения землетрясений  
(Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН)

Произведем оценку повторяемости сильных землетрясений, используя модель Пуассона.  $P(N, t)$  – вероятность появления  $N$  сильных землетрясений в течение временного интервала  $t$ , где  $\lambda$  – среднее число сильных землетрясений за единицу времени.

$$P(N, t) = \frac{(\lambda t)^N \exp(-\lambda t)}{N!}, \text{ где } N = 0, 1, 2, \dots, \lambda t > 0. \quad (1)$$

Вероятность того, что не произойдет ни одного землетрясения  $P(0, t) = \exp(-\lambda t)$ , оценка сейсмического риска для периода  $t$ :  $\bar{R} = 1 - P(0, t) = 1 - \exp(-\lambda t)$

За период 3 года в пределах хребта Гаккеля произошло 3 наиболее сильных известных землетрясений, отсюда  $\lambda = 3/3 = 1$ . Вероятность 1 землетрясения в течение 1 года составляет:

$$P(1, 1) = \frac{(1 \cdot 1)^1 \exp(-1 \cdot 1)}{1!} = 0,37 \quad (2)$$

Вероятность того, что за 1 год не произойдет ни одного сильного землетрясения, равна  $P(0, 1) = \exp(-1 \cdot 1) = 0,37$ . Оценка сейсмического риска:  $R = 1 - P(0, 1) = 0,63$ .

По модели Пуассона была рассчитана вероятность землетрясения магнитудой  $M > 5$  баллов за период в 1 год, она составила 36%. Также вероятность того, что за 1 год не произойдет ни одного землетрясения – 0,36, а сейсмический риск – 0,64.

**Газогидраты.** Среди потенциальных источников опасности в Арктике можно выделить газогидраты – кристаллические соединения, образующиеся при определенных термобарических условиях (низких температурах и высоких давлениях) через соединение газа, преимущественно метана, с водой.

Термические и барические условия образования газовых гидратов, наблюдаются на большей части акватории Российской Арктики. Неглубокие придонные залежи свободного газа или газогидрата представляют высокую опасность при проведении буровых работ, о чем свидетельствуют многочисленные газо-аварийные ситуации во всем Мировом океане. [4]

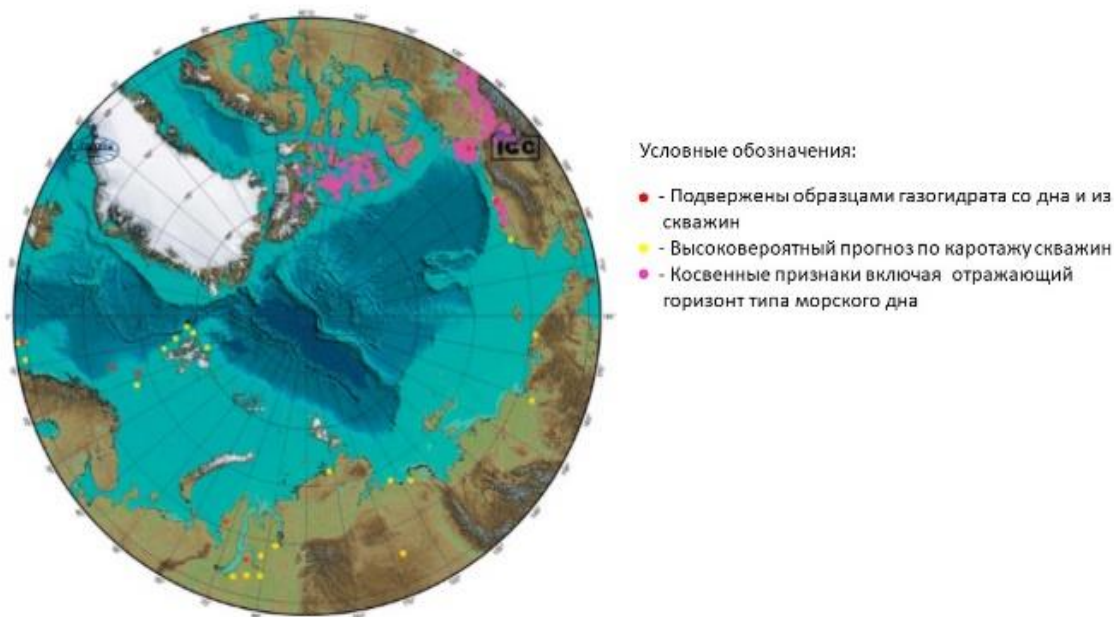
Особое значение имеет зона сочленения Арктических морей с материками, большая часть которой характеризуется толстым слоем многолетнемерзлых пород. В прибрежных районах суши под влиянием океана мощность криолитозоны снижается [1] (рисунок 2).

Выбросы происходят в результате прорыва газом донных отложений из неглубоких скоплений, сформированных за счет его притока из глубины, а также при разложении газогидратных залежей при изменении условий температуры и давления в донных отложениях. Диаметры углублений могут достигать нескольких десятков или сотен метров и глубины до нескольких десятков метров.

Кроме того, в интервале глубин 60-110 м в районе соединения хребта Гаккеля с морской плитой Лаптевых, районе с аномально высокой сеймотектонической активностью, обнаружены многокорневые гигантские газовые факелы диаметром более 1000 м.

Образованные углубления могут нанести ущерб углеводородным месторождениям и подводным трубопроводам. Известны случаи обнаружения затонувших судов, лежащих на дне покмарок. Так Британская Геологическая служба обнаружила в Северном море на площади South Fladen в одном из крупнейших покмарок, затонувший траулер.

В полярных широтах в донных отложениях океанов и морей газовые гидраты широко распространены. В долгосрочной перспективе газовые гидраты возможно рассматривать, как хороший источник природного газа, однако в современных реалиях залежи гидратов представляют риск при добыче традиционных углеводородов в криолитозоне и в морских условиях.



**Рис. 2.** Карта газогидратов в Циркумарктическом регионе (Богоявленский, 2018)

Расположение зданий и сооружений приводит к возникновению механического и теплового воздействия с природной средой, что ведет к таянию льда и разрушению инфраструктурных объектов.

**Вулканизм.** По результатам исследований за последнее десятилетие было получено большое количество новых данных о проявлении грязевулканических процессов в океанах. Грязевые вулканы в море – специфические структуры, которые контролируют наиболее интенсивные разгрузки (потоки) углеводородов. Как правило, перед появлением грязевого вулкана формируется диапир. Это означает, что еще одним фактором природного риска при усилении сейсмической активности являются диапиры и диапироподобные структуры.

Формирование диапиров вызвано наличием аномально высоких пластовых давлений в глубинах недр. Диапиры постепенно входят в толщу отложений, изгибая и перекрывая слои вышележащих пород. Дополнительным механизмом формирования глинистых диапиров является инверсия плотности в осадочном разрезе. Нарушение плотности пород становится опасностью превращения их в грязевой вулкан с выбросами метана. В Арктическом секторе диапировые структуры появляются довольно часто, однако, их внешний вид варьируется, на это влияет множество косвенных факторов. В основном данный тип вулканизма проявляется в районе архипелага Шпицберген.

**Слабая несущая способность донных грунтов.** Засоленные мерзлые грунты, представленные разнообразными по составу грунтами, занимают большие пространства на Арктическом побережье России и прибрежных участков арктических морей. Засоление отмечается в четвертичных отложениях морского, гляциально-морского и аллювиально-морского генезиса и относится к морскому типу.

Распространение засоленных грунтов определяется тремя факторами: развитием морских четвертичных трансгрессий, когда отложения пропитывались солеными иловыми водами, последующим промерзанием отложений после отступления моря и возможным расслоением верхнего горизонта морских пород при их оттаивании в эпохи потеплений климата.

Хлоридное засоление в наибольшей степени понижает температуру начала замерзания и прочность мерзлых грунтов. Поэтому одним из негативных факторов является толщина



слабых грунтов, имеющих сплошное распространение, для которых характерны низкая плотность, текучая консистенция, высокая влажность, низкая прочность и большая сжимаемостью. Мощность колеблется от 0,2 м до 10-15м, увеличивается в отрицательных формах рельефа и уменьшается на возвышенностях и в районах интенсивной эрозии. На некоторых участках дна прослеживаются зоны потери корреляции, что связано с присутствием газа в осадках.

Сооружения с гравитационным основанием могут испытывать неравномерные осадки из-за наличия под фундаментами слабоконсолидированных грунтов, насыщенных газом.

Мировой опыт показывает, что недостаточный учет геодинамических факторов риска при разработке и эксплуатации оффшорных месторождений приводит к неоправданно большим экономическим потерям. Данные весьма красноречивы: из 3000 аварий на мировых морских промыслах 36% были связаны с повреждениями платформ и трубопроводов, а также потерями устойчивости эксплуатируемых конструкций, произошедшими в результате воздействия геодинамических факторов.

**Климатический фактор.** Особые арктические условия (дрейф льдов, отсутствие естественного освещения, сильные ветры, экстремальные шторма) не только в разы увеличивают вероятность аварий или ошибок, которые могут привести к разливу нефти, но и затрудняют операции по их ликвидации или вообще делают их неэффективными.

Проекты на арктическом шельфе реализуются в необычайно сложных природно-климатических Северного Ледовитого океана. Нигде в мире не ведется морская добыча нефти и газа во льдах. Основные же ресурсы углеводородов уходят в области акваторий, постоянно закрытых ледовым покровом. Этим предопределяются уникальные научные и технологические разработки. Для разработки и обустройства морских месторождений УВ на шельфе арктических морей применяются морские нефтегазопромысловые сооружения (грунтовые острова, плавучие и стационарные платформы), приспособленные для выполнения всех технологических операций, а также круглогодичной работы.

Низкие температуры, сильные ветра, снегопады, туманы, обледенение и полярные ночи – все эти факторы затрудняют работу нефтегазовой промышленности в этом регионе, в связи с чем возникает проблема преодоления воздействия неблагоприятных факторов [5].

#### **Выводы:**

В последнее время все большее внимание уделяется геоэкологическим проблемам Арктического региона, главным образом в связи с важной экономической ролью этого региона как для России, так и для мира в целом.

Естественно, что для целей рационального природопользования необходимо не только правильно идентифицировать и классифицировать риски, но и уметь ими управлять [3].

Наряду с разработкой нефтяных и газовых месторождений существует целый комплекс геоэкологических проблем, который в перспективе затронет не только Баренцево и Карское моря, но и такие моря, как море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, так как их недостаточно изученная шельфовая зона является самой обширной и мелководной.

#### Список литературы

1. Богоявленский В. И. Газовые гидраты на акваториях Циркумарктического региона/ В. И. Богоявленский, А. С. Янчевская, И. В. Богоявленский, А. В. Кишанков. – М.: Арктика: экология и экономика № 3 (31). – 2018. – С. 42-55.

2. Михайлова Я. А. Современная слабая сейсмичность Западной части Срединно-Арктического хребта Гаккеля. – М.: Науки о земле. – 2015. – С. 16-24.
3. Молочко А. В. Геоинформационное картографирование геоэкологических рисков эксплуатации нефтяных месторождений/ А. В Молочко – М.: Известия Саратовского университета Т. 10. Сер. Науки о Земле (1). – 2010. – С. 35-40.
4. Пичугин З. А. Газогидраты: условия залегания, технологии обнаружения и добычи/ Пичугин З. А., Гулый Н. И. – М.: журнал «Инновационная наука». – 2017. – С. 37-42.
5. Янкевский А. В. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана/ Янкевский Алексей Владимирович, Ганченко Дмитрий Дмитриевич Чернеева Екатерина Васильевна Щерба Владимир Афанасьевич. – М.: журнал «Науковедение» Т. 9, №6. – 2017. – С 1-8.

**ТЕХНОГЕННЫЕ РЕЧНЫЕ ИЛЫ: ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И  
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

Янин Е. П.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,  
Москва,  
yanin@geokhi.ru

**TECHNOGENIC RIVER SILTS:  
MATERIAL COMPOSITION AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS**

Yanin E.P.

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS,  
Moscow,  
yanin@geokhi.ru

**Аннотация.** Рассматриваются вещественный состав и геохимические особенности техногенных речных илов, формирующихся в зонах влияния промышленных городов.

**Ключевые слова:** река, аллювий, техногенез, осадкообразование, техногенные речные илы, состав, геохимия

**Abstract.** The material composition and geochemical features of technogenic river silts that form in the zones of influence of industrial cities are considered.

**Keywords:** river, alluvium, technogenesis, sedimentation, technogenic river silts, composition, geochemistry.

Седиментогенез, т. е. перенос и последующее накопление осадочного материала на водосборных территориях суши и в бассейнах седиментации, является важным процессом естественной динамики ландшафтов. В общей схеме седиментогенеза Н. М. Страхов [5] предложил различать два последовательных этапа: 1) водосборный (склоново-долинно-дельтовый) седиментогенез и 2) бассейновый седиментогенез. Одним из материальных продуктов, образующихся на первом этапе, является аллювий, т. е. отложения, накапливающиеся в долинах рек и слагающие речные русла, поймы, террасы и представляющие собой гетерогенные осадочные образования, алло- и автохтонные компоненты которых отражают различные физические, химические и биохимические процессы, приводящие к их образованию [3, 4]. В природных условиях формирование аллювия в значительной степени определяется характером и интенсивностью процессов размыва и смыва почв и горных пород, транспорта и отложения осадочного материала водными потоками [1, 6]. Вещественный состав аллювия в существенной мере определяется составом поступающего в водотоки природного осадочного материала. Участие в седиментогенезе осадочного материала техногенного происхождения неизбежно порождает существенные экологические проблемы, поскольку хозяйственная деятельность человека не только меняет естественные условия осадконакопления, но и приводит к формированию в областях транзита и аккумуляции осадочных отложений, обладающих своеобразным вещественным составом. Необходимость выяснения роли хозяйственной деятельности человека в изменении состава земной поверхности в свое время была

обоснована В. И. Вернадским. Еще в «Опыте описательной минералогии» он поставил перед собой задачу выяснить значение человека в этом процессе и пришел к выводу, что человек совершает в биосфере работу космического характера, которая «является с каждым годом все более значительным фактором в минеральных процессах земной коры и мало-помалу меняет их направление» [2, с. 138].

Указанные процессы и явления типичны для рек промышленно-урбанизированных районов, что обусловлено появлением здесь техногенных источников питания водотоков осадочным материалом и изменением параметров обстановки аллювиального осадконакопления. Это обусловлено тем, что за последние 100–150 лет в сложившейся системе природопользования функции многих рек изменились: в большинстве случаев они, особенно малые и средние реки, являются коллекторами сточных вод и загрязненного поверхностного стока, содержащих значительные количества техногенного осадочного материала. Модули твердого стока в таких районах возрастают (по сравнению с зональными значениями) на один-два порядка, при этом осадочный материал, поступающий в водотоки, отличается от природного специфическим вещественным составом и высокими концентрациями химических элементов и их соединений. Это отражается на процессах аллювиального седиментогенеза и приводит к формированию в реках нового вида русловых отложений – техногенных илов, важнейшими морфологическими свойствами которых являются темно-серый или черный цвет, специфический (химический, фекальный, иногда сероводородный) запах, вязкотекучая или мягкопластичная консистенция, высокие содержания алеврито-илистых частиц и органического вещества. Илы отличаются от природного руслового аллювия морфологическим обликом, вещественным составом, физико-химическими и геохимическими свойствами. Эти свойства относительно стабильны как в толще илов, вертикальная мощность которых изменяется от 0,2–0,5 до 2–3,5 м, так и на значительной протяженности (многие десятки километров) русла [7, 8].

Техногенные илы представляют собой преимущественно алевритовые или глинистые отложения, отличающиеся плохой сортировкой слагающих их частиц. Доля песчаных фракций в илах снижается до 40–60%, алевритовых и глинистых – увеличивается до 25–50% и 8–26% соответственно. Морфометрическими характеристиками и показателями (медианный диаметр, средний арифметический диаметр, коэффициенты сортировки, асимметрии и глинистости) илы резко отличаются от природного аллювия. Если средний (медианный) размер частиц аллювия изменяется в пределах 0,1–0,2 мм, то средний (медианный) размер частиц, слагающих илы, составляет 0,015–0,078 мм. Характерной особенностью гранулометрического состава илов является резкое увеличение количества частиц, отвечающих размерности физической глины – до 10–31% (против 1–3,5% в природном аллювии). Илы обладают повышенной устойчивостью к размыву, формируют различные формы руслового рельефа и тем самым влияют на ход руслового процесса и динамику речного русла.

Основные изменения минерального состава илов проявляются в нарушении характерных для аллювия количественных соотношений ассоциирующих друг с другом в природных условиях минералов. Степень указанного изменения существенно возрастает с увеличением интенсивности техногенного воздействия (в ряду «фон – сельскохозяйственный район – город – свалка отходов»). В легкой фракции илов (в указанном выше ряду) наблюдается направленное снижение содержания основных породообразующих минералов (кварца и полевых шпатов, измененных минералов, обломков пород, микроклина) и отмечается значительный рост количества минеральных новообразований (карбонатных мине-

ралов, лимонитизированных обломков), а также увеличение содержаний аутигенного глауконита и кислых (Na–Ca) плагиоклазов, фиксируется появление хлорита, мусковита, халцедоновых обломков, вулканического основного и кислого стекла. В тяжелой фракции илов происходит существенное увеличение содержаний гидроксидов железа и заметное снижение количества эпидота. Наблюдается направленное увеличение суммарного количества минералов, обладающих выраженной магнитной восприимчивостью. В илах встречаются минералы, типичные для различных отходов и выбросов (портландит, муллит, пирит-марказит и др.). Содержание глинистых минералов в илах достигает 0,2–3,4% (в аллювии <0,1%). Илы характеризуются присутствием значительного количества аморфного вещества – 30% и более, (в аллювии оно не превышает 10–11%). В исключительных случаях в руслах загрязненных рек формируются седиментиты – своеобразные техногенные осадочные породы. Минералогические особенности техногенных илов во многом обуславливают своеобразие их химического состава, а высокие содержания в них аморфного вещества, карбонатных минералов, гидроксидов железа, других новообразований, аутигенных и глинистых минералов определяют потенциальные вторичные преобразования илов и поведение связанных с ними химических элементов.

Техногенные илы отличаются от природного аллювия более высоким содержанием органического вещества ( $C_{орг}$  1,26–2,60%), причем наиболее резко в них увеличиваются удельные концентрации липидов (в 6–59 раз по сравнению с аллювием) и нерастворимого органического вещества (в 3–11 раз). В меньшей степени (в 1,3–1,6 раза) возрастает удельное содержание гумусовых кислот, в составе которых уже доминируют фульвокислоты. Илы отличаются от аллювия принципиально иной структурой группового состава содержащегося в них органического вещества: относительная доля липидов возрастает до 10–20%, остаточного органического вещества – до 27,3–48,6%, гумусовых кислот снижается до 29,6–57,1%. Вблизи источника загрязнения органическое вещество илов характеризуется средней и высокой степенью гумификации, фульватным и гуматным типом гумуса, что указывает на преобладание восстановительных процессов. По мере удаления от города уменьшение общего содержания органического вещества в илах происходит в основном за счет снижения количества гуминовых кислот и труднорастворимых органических соединений. Типичными органическими поллютантами, практически повсеместно присутствующими в илах, являются нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды и другие соединения. Органическое вещество, концентрирующееся в илах, определяет многие их физико-химические свойства и играет важную роль в поведении тяжелых металлов.

Илы являются ареной развития интенсивных техногенных геохимических аномалий широкой группы элементов. В зависимости от специфики источников загрязнения в илах накапливаются определенные группы химических элементов – техногенные геохимические ассоциации. Обычно воздействие различных объектов (город, поселок, промышленная зона, завод, фабрика) на водотоки отражается качественно достаточно сходной геохимической ассоциацией, накапливающихся в илах химических элементов. В частности, практически повсеместно в илах концентрируются Hg, Ag, Cd, Co, Ba, Cu, Zn, Pb, Cr, P, Sc, Sr. Особенно интенсивно накапливаются халькофильные элементы. Геохимическая специализация производств, предприятий, промзон (как техногенных источников загрязнения водных систем) проявляется главным образом в различной интенсивности концентрирования (степени аномальности) химических элементов, в меньшей степени в появлении аномальных химических элементов, характерных лишь для данного хозяйственного объекта.

Пространственные особенности распределения химических элементов в илах обусловлены геологически незначительным временем образования последних, дискретным характером поступления загрязняющих веществ в водотоки, естественной русловой дифференциацией наносов, литолого-геоморфологическими особенностями речных русел, физико-химическими свойствами и вертикальной стратификацией техногенных илов. Важнейшей особенностью распределения элементов в илах является значительная пространственная вариация их концентраций как в толще отложений – вертикальная, так и вниз по руслу реки – латеральная. Для большинства химических элементов указанная вариация (неоднородность распределения) обычно проявляется на фоне их очень высоких концентраций. Степень пространственного разделения геохимических ассоциаций в илах невелика, распределение элементов обычно отличается высокой степенью согласованности. Естественная дифференциация и специфика накопления наносов в руслах рек, представляющих собой закономерно построенный морфологический комплекс, осложненный естественными и искусственными геохимическими барьерами, обуславливает неоднородную («пятнистую») площадную структуру геохимических аномалий в донных отложениях водотоков. Обычно ведущие элементы техногенной ассоциации, характерной для того или иного источника загрязнения, отличаются более значительными по площади русла техногенными аномалиями. Закономерный характер пространственного распределения химических элементов в техногенных илах может быть осложнен на геохимических барьерах, существование которых обусловлено изменениями геоморфологических особенностей русла и долины как естественными, так и искусственными причинами.

Илы отличаются от природного аллювия иным соотношением основных минералого-геохимических форм нахождения тяжелых металлов, что проявляется в заметном увеличении доли их подвижных соединений, способных активно включаться в геохимическую миграцию, переходить в водную фазу и усваиваться гидробионтами. Удельные концентрации подвижных форм многих металлов в илах не только близки валовым фоновым содержаниям, но часто превышают их. Вторичные (диагенетические) преобразования илов могут быть связаны, прежде всего, с трансформацией их органической, карбонатной и илисто-глинистой составляющих, преобразованием соединений железа и формированием «свежих» гидроксидов Fe, Mn и Al и их гидрозолей, вторичных алюмосиликатов и аморфных минералов, с переходом аморфных гидроксидов Fe, Mn и Al в кристаллические, с потерей техногенными илами при их уплотнении несвязанной воды, с относительным увеличением содержания устойчивых титанистых минералов, а также с разубоживанием техногенного материала природным аллювием.

В прогнозе техногенные илы, являясь основными концентраторами многих поллютантов, поступающих в реки хозяйственно освоенных территорий, представляют собой источник вторичного загрязнения водной массы и поступления токсичных веществ в гидробионты, действие которого обеспечивается разнообразными физико-химическими, биохимическими и гидродинамическими процессами, протекающими в речных системах, в том числе непосредственно в донных отложениях и на границе придонная вода/ил.

Это, в сущности, и определяет необходимость дальнейшего изучения современных речных отложений и, прежде всего, техногенных речных илов с учетом следующих положений:

- 1) донные отложения рек играют важную роль в формировании химического состава речных вод и определяют многие особенности экологии водных систем;
- 2) донные отложения рек служат надежным индикатором техногенного загрязнения; изучение их литолого-геохимических особенностей позволяет определить состав, установить

масштабы и оценить интенсивность техногенного воздействия на водотоки, а также выявить структурно-морфологические особенности зон техногенного загрязнения;

3) масштабы и интенсивность техногенного осадконакопления в реках промышленно-урбанизированных районов настолько велики, что здесь формируется особый тип аллювиальных отложений (техногенные илы, или технопель), которые определяют эколого-геохимические особенности речных систем, специфику проявления русловых процессов и представляют непосредственную угрозу всему живому;

4) техногенные илы, депонируя загрязняющие вещества, до определенной степени обезвреживают токсичные выбросы техногенеза, особенно на начальных этапах загрязнения; однако буферная способность илов по отношению к поллютантам не беспредельна; даже в случае полного прекращения поступления сточных вод в водный объект илы длительное время являются вторичным источником загрязнения водной массы, биоты, пойменных ландшафтов, а химические реакции и микробиологические процессы, происходящие в них, способствуют образованию подвижных (геохимически активных) и токсичных соединений многих поллютантов;

5) оценка экологического состояния рек должна проводиться с учетом вещественного состава, геохимических свойств и токсикологической опасности техногенных илов;

6) накопление техногенных илов в руслах и долинах рек с утилитарной точки зрения следует рассматривать как своего рода несанкционированное размещение в окружающей среде опасных отходов; в критических ситуациях необходимы изъятие и утилизация таких отложений, что обуславливает необходимость разработки экологически обоснованных методов и приемов ремедиации рек и технологий последующей утилизации загрязненного материала.

7) русла загрязненных рек представляют собой своеобразные природные лаборатории, позволяющие изучать литологические, физико-химические, геохимические и другие аспекты аллювиального литогенеза.

#### Список литературы

1. Алексеевский Н. И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
2. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии. Т.1. Самородные элементы. Вып. 1. СПб., 1908. 176 с.
3. Кузнецов В. А. Геохимия аллювиального литогенеза. Минск: Наука и техника, 1973. 280 с.
4. Лазаренко А. А. Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны. М.: Наука, 1964. 236 с.
5. Страхов Н. М. Избранные труды. Общие проблемы геологии, литологии и геохимии. М.: Наука, 1983. 640 с.
6. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
7. Янин Е. П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М.: НП «АРСО», 2018. 415 с.
8. Yanin E.P. Material Composition and Geochemical Characteristics of Technogenic River Silts // *Geochemistry International*. 2019. V. 57. № 13. P. 1361–1454.

**PROBLEMS OF APPLYING ANALYTICAL CONTROL METHODS  
IN THE FIELD OF URBAN ENVIRONMENTAL  
MONITORING**

Akhmedinova K.K' Kenzhin Zh.D

Ecological faculty,

RUDN University, 117198,

Russia,

Moscow

e-mail: akhmedinovakamila@gmail.com

**Abstract.** The article considers the problems of environmental pollution in urban areas. The nature of the problem of the presence of common chemical pollutants in the air and the main analytical methods for their control are presented. The approach of zoning the territory is proposed in order to obtain detailed information about the technogenic load, both in a single district of the city and on the scale of the entire urban environment as a whole.

**Keywords:** urban environment 1, air pollution 2, monitoring 3

**Introduction**

Air pollution in cities by stationary and mobile sources has significant differences from the negative impacts on human health point of view, because unlike stationary sources, automobile exhaust emissions occur at a low altitude, that is, in the human breathing zone. The composition of the exhaust gas depends on the type and quality of the fuel used, additives and oils, engine operating conditions, its technical condition, driving conditions and some other factors. The priority components of the exhaust gases for human health are CO, NO<sub>x</sub>, particulate matter and benz (a) pyrenes [2].

Today many cities are characterized by a low specific density of the main roads and their low traffic capacity, combined movement of cars, trucks and public transport, which has become a familiar parking problem and a number of other problems. In the context of an ever-increasing level of motorization of the population, accompanied by a decrease in the speed of the traffic flow and its compaction, as well as an increase in the negative impact of vehicles on the environment, the relevance of developing and testing approaches to the interpretation of factors determining the specificity of urban transport systems is obvious. The development of the road network is an inevitable process, the effective study of which is the basis for the development of modern cities [1].

**Methods**

An analysis of the selection of objects and methods for studying the quantitative indicator of pollutants can be characterized by the presence of a wide range of analytical tools for measuring environmental parameters, Table 1. To date, the choice of a particular analysis method can be characterized by the use of measuring instruments of various costs and configurations. One way or another, the nature of their use in solving a particular problem is limited by the cost of acquisition and the complexity of laboratory analysis.



Table 1

**The main methods of environmental analysis (Drugov, Rodin) [5]**

<b>№</b>	<b>Name of the determination method</b>
1	Gas chromatography. Qualitative and quantitative analysis of a mixture of vapors of aliphatic alcohols. Determination of impurities of alcohols and esters in ethyl alcohol.
2	Determination of the content of petroleum products in real objects (soil, water) by capillary gas chromatography.
3	Determination of phenols in wastewater and natural waters with preliminary sorption concentration of reverse-phase HPLC (High performance liquid chromatography) with electrochemical detection. Determination of polycyclic aromatic compounds in waters with preliminary sorption concentration by HPLC.
4	Identification of organic substances of medium volatility (polyaromatic hydrocarbons, polyaromatic chlorinated hydrocarbons) using a combination of gas chromatography with mass spectrometry.
5	Atomic absorption determination of heavy metals (lead, zinc, nickel, cadmium) in soil extracts.

In [4], the sources of the main pollutants found both in natural and urban environments are well shown.

Table 2

**The main hydrocarbon pollutants of the urban environment [4]**

<b>№</b>	<b>Type of pollutant</b>	<b>Source of pollution</b>	<b>Localization</b>
1	Total Petroleum Hydrocarbon (Tph)	Oil, oil products, oil reservoirs	Atmospheric air, soil layer, surface water, bottom sediments, snow cover, groundwater, etc.
2	Gaseous Hydrocarbons	Greenhouse gases	Atmospheric air Soil layer, plant communities
3	Liquid and Solid Alkanes	Wax covering the leaves of higher plants, excrement of animals, mainly herbivores, and birds, algae, bacteria, fungi, forest fires, oil, oil products, coal particles, electricity production and motor vehicle emissions	Soil layer, plant communities
4	Aromatic Benzene Hydrocarbons (monocyclic arenes)	Oil and coal in their extraction	Atmospheric air, soil, surface water, etc.
5	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	Volcanic activity, natural forest, steppe and peat fires, plant communities, petrochemical industry products, flare plants, waste incineration, emissions from chimneys of stoves with stove heating with wood or coal, vehicles and energy facilities	Atmospheric air soil layer, surface water, bottom sediments, snow cover, groundwater, mineral formations, roadside dust, vegetation cover, etc.

## **Analysis**

Today in Moscow, there are about 60 automatic stations for monitoring atmospheric air pollution and analytical sites for environmental monitoring [7]. In the current urban environment, atmospheric air pollution monitoring sensors are some of the most suitable types of atmospheric air analysis, providing a continuous amount of pollutant information. but at the same time, along with the main chemicals present in motor vehicle exhausts, consisting of: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, most sensors are not able to determine the broader parameters of organic substances in the air; for example, phenols, benzenes, n-alkanes, PAHs, etc., and inorganic, heavy metals, which in itself requires more complex methods of analysis and sample preparation. As a result, one way or another, further improvement of direct control methods and environmental objects require development.

Considering the problems of methods for monitoring the ecological state of the urban environment, it should be noted the lack of an integrated study approach, a characteristic approach to mapping anthropogenic load. In [8, 3], the possibility of applying the zoning approach to the territory with a view to developing and applying a more accurate analysis of the environmental situation is well shown. To detail the assessment of the impact of road transport emissions on adjacent territories, it is permissible to use a profiling method that indicates the possibility of dispersing emissions in the roadside zone. It is also necessary to use the choice of profiles with the product of accounting for traffic intensity, the location of traffic lights, stops, as well as the structure of the adjacent territory [3].

When developing integrated monitoring of the environment and cities, it would be advisable to use maps of a particular territory, drawing a sampling grid, as an integral part of monitoring observation, including for other areas of Moscow that are subject to active anthropogenic pressure. This principle has been successfully implemented and confirmed in practice in studies [3], where the studied area is divided into several separate profiles.

According to [6], when using control analysis methods and urban environment conditions, there should be paid attention to the ranges of acceptable concentrations of the main pollutants. For components of the urban environment, quantitative indicators of individual substances, an increase in the transition from territories of increased environmental risk to the effects of contaminated soil on human health to territories of industrial production, taking into account the time (duration) of exposure to technogenic substances.

## **Conclusion**

Summing up, we can say that for the successful implementation, application of analytical control methods, the creation of a comprehensive assessment, environmental pollution in urban areas, an integrated approach to solving this problem is needed, including social, medical, environmental, hygienic, ecological and geochemical Problems. The high cost and complexity of using existing methods of instrumental analysis slows down the main process of an objective analysis of the state and environmental changes. Which requires a deeper approach.

## **References**

1. A.M. Atalihova., A.A. Pakina Integrated assessment of social and environmental factors in the development of the transport system in Astana. [Integral'naya ocenka social'no-ekologicheskikh faktorov razvitiya transportnoj sistemy g. Astana] J. Ecology of Urban Territories. **1**,37 (2015)

2. L.D. Barinova, L.E. Zabalkanskaya Negative consequences of transport activities in the metropolis. [Negativnye posledstviya transportnoj deyatel'nosti v megapolise] J. Actual problems of the humanities and natural sciences. **5-1**, 32-35 (2017)
3. D.V. Boeva, A.P. Khaustov Assessment of the impact of vehicles on the campus of RUDN University [Ocenka vliyaniya avtotransporta na territoriyu kampusa Rossijskogo universiteta druzhby narodov] J. Vestnik RUDN: Ecology and life safety. **26-4**, 419—430 (2018)
4. A.N. Gennadiev, YU.I. Pikovskij, A.S. Cibart, M.A. Smirnova Hydrocarbons in soils: Origin, composition, behavior (review). *Pochvovedenie* **10**, 1195–1209 (2015)
5. YU.S. Drugov, A.A. Rodin *Gas chromatographic identification of air, water and soil pollution*. A practical guide (1999)
6. S.A. Dubrovskaya Ecological geochemical characteristics of urban soil pollution with heavy metals and oil products [Ekologo geohimicheskaya harakteristika zagryazneniya gorodskih pochv tyazhyolymi metallami i nefteproduktami] *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 167-169.
7. The official website of the mayor of Moscow [Electronic resource] Access mode: <https://www.mos.ru/2030/n/n5/> (06.03.2020)
8. A.P. Khaustov, M.M. Redina, A.M. Alejnikova, R.H. Mamadzhanov, P.YU. Silaeva Innovative environmental educational project "RUDN Green Campus" Vestnik RUDN: Ecology and life safety **25-3**, 448—454 (2017)

## BIOINDICATION METHODS FOR STUDYING THE STATE OF AQUATIC ECOSYSTEMS

Bakaeva E.N.<sup>1,2,3</sup>, AL-Ghizzi M. A.<sup>2</sup>, Taradayko M.N.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Hydrochemical Institute of Roshydromet, Rostov-on-Don

<sup>2</sup> Southern Federal University, Institute of Earth Science, Academy of Biology and Biotechnology, Rostov-on-Don

<sup>3</sup> Water Problems Institute of the RAS, Hydrochemical department  
Rostov-on-Don,  
rotaria@mail.ru

**Abstract.** The Biological Integrity Index (IBI) is an important assessment tool for assessing the quality of resources. P-IBI (phytoplankton) index data for the river Don obtained for the first time. Studies have shown that Using only metrics for assessment purposes is difficult to understand, but the using P-IBI gives an objective assessment and a clear picture about f water quality Don river. P-IBI water quality of the Don River was spatially characterized by uniformly poor quality.

**Keywords:** bioindication method, algocenoses, ecosystems

In general the biological integrity is an ecosystem property that can be defined as the capability to support and maintain a balanced, integrated, and adaptive community of organisms having a species composition, diversity, and functional organization comparable to that of the natural habitat of the region [4]. The Index of Biological Integrity (IBI) has been proven to be an important assessment tool for evaluating resource quality [2]. The purpose of the research assessment of the Don River status using the phytoplankton index of biological integrity and have developed of scoring criteria of the Don River (P-IBI). Phytoplankton metrics used for this analysis included: phytoplankton density, phytoplankton biomass, richness index, Relative Abundance for: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Euglenaphyceae*. Metric raw data were converted into metric scores after being subjected to a scale of thresholds of 3, 5 and 10 [1] (Table 1). The development of these thresholds was performed according to Yearbook [8, 9, 10] based on the existing historical data and professional judgment as recommended in EPA [7]. Thus, a threshold of 10 was given for metrics that have values equal or near to reference condition, the 5 was given to those of medium conditions and 3 to those of worst conditions. Also, according to Astin,[1] these values reflect those more traditional measures of trophic status. The sums of these metric scores for each site were calculated monthly as the P-IBI. The final index scores were grouped in four rating categories of “Excellent”, “Good”, “Fair”, “Poor” and “Very Poor” as in Table 3 [5, 6]. A value close to 82 indicates that streams biology is equivalent to what would be found in a natural condition. A value close to 56 indicates a poor biological status within the ecosystem. The minimal and maximal cutoff values for each category represent the outcome of multiplying the minimal (i.e., 3) and the maximal (i.e., 10) scoring criteria. It was collected the values of the metric scores and hit in ten then divided by the number of metric scores to ensure that the resulting number did not skip number 100 in any case. The index P-IBI was calculated by the formula [3].

$$P\text{-IBI} = \sum_{j=1}^s 1 \times 1/M \times (EA + CB + RJ + LM + RA + ZB) \times 10$$

where,  $M$  – number of metrics,  $EA$  – Phytoplankton Density metric score,  $CB$  – R.A. of *Cyanophyceae* metric score.,  $RJ$  – R.A. of *Bacillariophyceae* metric score.,  $LM$  – R.A. of *Chlorophyceae* metric score.,  $RA$  – R.A. of *Euglenaphyceae* metric score.,  $ZB$  – Richness Index metric score.

Table 1

Scoring Criteria of Different Sites of the Don River

Metrics	Scoring Criteria		
	2	5	10
Phytoplankton Density	>16098	369.9 – 16098	<369.9
Phytoplankton Biomass	>24.4983	0.4214 – 24.4983	<0.4214
R.A. of <i>Cyanophyceae</i>	>24.4983	0.4214 – 24.4983	<0.4214
R.A. of <i>Bacillariophyceae</i>	>95.3%	47.7 – 95.3 %	<47.7%
R.A. of <i>Chlorophyceae</i>	<2.8%	2.8 – 26.91%	>26.91%
R.A. of <i>Euglenaphyceae</i>	>7.7 %	0.3 – 7.7%	<0.3%
Richness Index	<1.12	1.12 – 4.77	>4.77

Table 2

Cutoff values of IBI scores and relevant qualitative interpretations for ecosystem condition

Ecosystem Condition	Metric IBI Score
Excellent	<82
Good	72 – 82
Fair	56 – 72
Poor	>56

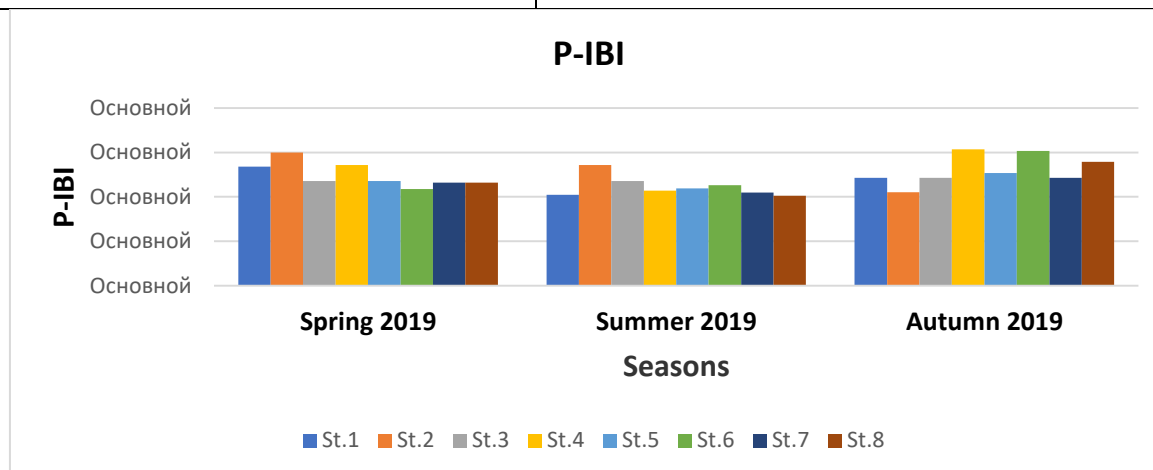


Fig. 1. Seasonal variation for P-IBI for all stations of this study area

The higher values were observed in station 4 during autumn 2019, while the lower values were observed in station 8 during summer 2019 (Figure). Generally, values of P-IBI were lower in summer in comparison to autumn. This might be because of the decrease in population of diatoms, and the increase in percentage of *Cyanophyceae* and biomass during summer season, and might be because of Severe environmental conditions that have affected negatively on the growth of diatoms. P-IBI index data for the river Don obtained for the first time. Studies have shown that using only

metrics for assessment purposes is difficult to understand, but the using P-IBI gives an objective assessment and a clear picture about f water quality Don river. P-IBI water quality of the Don River was spatially characterized by uniformly poor quality.

#### References:

1. Astin, L.E. Developing Biological Indicators from Diverse Data: the Potomac Basin-Wild index of Benthic Integrity (B-IBI). *Ecological Indicators*, 2007. 7(4): 895-908.
2. Gammon J.R. and Simon T.P. "Variation in a Great River index of biotic integrity over a 20 year period". *Hydrobiologia* 422/423(0), 2000, pp. 291-304. doi: 10. 1023/A:1017060520873
3. Kane D.D. " The Development of Planktonic Index of Biotic Integrity for Lake Erie", Ph.D. Dissertation, Ohio State University 2004, 277p.
4. Karr J.R. and Dudley D.R. " Ecological perspective on water quality goals". *Environmental Management* 5,1981, pp. 55-68.
5. Maulood, B.K.; Alobaidy, A.H.M.J.; Alsabounchi, A.; Abid, H.S. and Alobaidy, G.S. 2011. Phytoplankton Index of Biological Integrity (P-IBI) in Several Marshes, Southern IRAQ. *J. of Environ. Protection*, 2(4): 387-394.
6. McCormick, F.H.; Hughes, R.H.; Kaufmann, P.R.; Peck, D.V. ; Stoddard, J.L. & Herlihy, A.T. 2001. Development of an index of biotic integrity for the Mid-Atlantic Highlands Region. *Transactions of the American Fisheries Society*. Vol.130, pp. 857-877.
7. U.S. Environmental Protection Agency. Mid-Atlantic Integrated Assessment (MAIA) State of the Flowing Waters Report. EPA/620/R-06/001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development Washington, 2006. DC 20460.
8. Yearbook of surface water quality according to hydrobiological indicators in the territory of the North Caucasus UGKS in 1987 (Lower Don). Rostov-on-Don 1988. Ex. N. 1.
9. Yearbook of surface water quality according to hydrobiological indicators in the territory of the North Caucasus UGKS in 1985 (Lower Don). Rostov-on-Don 1986. Ex. N. 1.
10. Yearbook of surface water quality according to hydrobiological indicators in the territory of the North Caucasus UGKS in 1986 (Lower Don). Rostov-on-Don 1987. Ex. N. 1.

## A STUDY OF HYDROCARBONS CONTAMINATION OF ROSTOV REGION RIVERS

V.E. Kotova<sup>1</sup>, Yu.A. Andreev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>FSBI «Hydrochemical Institute», Rostov-on-Don

<sup>2</sup>FSAEI HE «Southern Federal University», chemical faculty, Rostov-on-Don

Valentina.E.Kotova@gmail.com

**Abstract.** To understand the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination and PAH origin, water samples from Rostov region rivers were collected. Summary PAH concentrations were 30-101 ng/L, carcinogenic PAH concentrations and percentage ranged from 3.6 to 30 ng/L and from 11 to 36 %, respectively, PAH total toxicity as total equivalent benzo[a]pyrene concentration was 0.6-4.6 ng/L. Diagnostic ratios were used for PAH origin identification. The research indicated the predominant PAH of the pyrogenic source.

**Keywords.** polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), PAH sources, Rostov region rivers

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) are a large and diverse group of fused ring aromatic hydrocarbons. Of the one hundred and twenty-six Environment Protection Agency priority Pollutants listed by the Clean Water Act, sixteen are PAH, with seven being known carcinogens [7].

PAH are produced by a wide range of processes. In general, sources of PAH in the environment can be classified into three main groups: petrogenic, pyrogenic, and diagenetic. Pyrogenic PAH, which are common in aquatic environments, come from such things as natural fires as well as anthropogenic sources including waste incineration and combustion of fossil fuels, and give rise to complex mixtures of PAH characterized by high molecular weight parental PAH. Petrogenic PAHs are derived from petroleum hydrocarbons, and their presence can be attributed to petroleum transportation/spills, off-shore oil exploitation, and natural oil seeps. The PAH composition of petroleum hydrocarbons is complex and is characterized by a predominance of low molecular weight and alkylated PAH. Diagenetic PAH are derived from biogenic precursors via short-term diagenetic processes.

Maximum allowable concentrations (MAC) are accepted only for naphthalene and benzo[a]pyrene in Russian Federation. MAC in drinking water for naphthalene is 10 µg/L, for benzo[a]pyrene is 5 ng/L [5], MAC in water of water bodies used as sources of water supply for drinking and domestic use for naphthalene is 10 µg/L, for benzo[a]pyrene is 10 ng/L [2], MAC in water bodies of fisheries significance for naphthalene is 4 µg/L [4].

In this study, we have measured PAH concentrations in water from Rostov region rivers with the goal of hydrocarbons source identifying. We have focused on the following compounds: naphthalene (Naph), acenaphthene (Ace), fluorene (Fl), phenanthrene (Phe), anthracene (An), fluoranthene (Flu), pyrene (Py), benzo[a]anthracene (B[a]A), chrysene (Chry), benzo[b]fluoranthene (B[b]F), benzo[k]fluoranthene (B[k]F), benzo[a]pyrene (B[a]P), dibenzo[a,h]anthracene (DB[a,h]A), benzo[g,h,i]perylene (B[g,h,i]P), and indene[1,2,3-cd]pyrene (In[cd]P).

During summer 2020, 7 water samples were collected from 7 rivers. The samples were taken from light-urban (LU) and urban-influenced (UI) locations which characterized high transport activities (Table 1).

Sampling locations and their characteristics

No	River	Coordinates	Location, possible pollution source
1	Don	N 47°12'46" E 39°42'40"	Embankment (UI), shipping
2	Temernik	N 47°12'42" E 39°42'04"	Railway and bus station (UI), transport
3	Seversky Donets	N 48°18'11" E 40°18'53"	Highway M-4 (UI), transport
4	Tuzlov	N 47°26'44" E 39°58'27"	Highway M-4 (UI), transport
5	Bol'shoy Nesvetay	N 47°27'15.5" E 39°52'59.5"	Highway, airport Platov (LU), transport
6	Aksay	N 47°15'44" E 39°53'29"	Aksay (LU), shipping
7	Kadamovka	N 47°24'29" E 40°10'58"	Novochoerkassk (LU), highway, transport

To measure PAH concentrations, a liquid chromatograph (Agilent 1260 Infinity, Germany) with a programmable fluorescence detection was applied. For extract concentration, a rotary evaporator (IKA, Germany) was used.

A sample preparation procedure includes hexane extraction, rotary evaporation, column chromatography fractions separation [5], and chromatographic analysis.

Summary PAH concentrations, carcinogenic PAH concentrations and percentage, total toxicity equivalent to benzo[a]pyrene were found for each of the samples (Fig. 1). Carcinogenic PAH concentrations were calculated as the sum of B[a]A, Chry, B[b]F, B[k]F, B[a]P, DB[a,h]A, and In[cd]P concentrations, carcinogenic PAH percentages were estimated as the ratio between carcinogenic PAH concentrations and summary PAH concentrations. Therefore, to assess PAH total toxicity, the total toxicity equivalents to benzo[a]pyrene were calculated as the total equivalent concentration as benzo[a]pyrene, using the toxicity equivalent for each PAH [1].

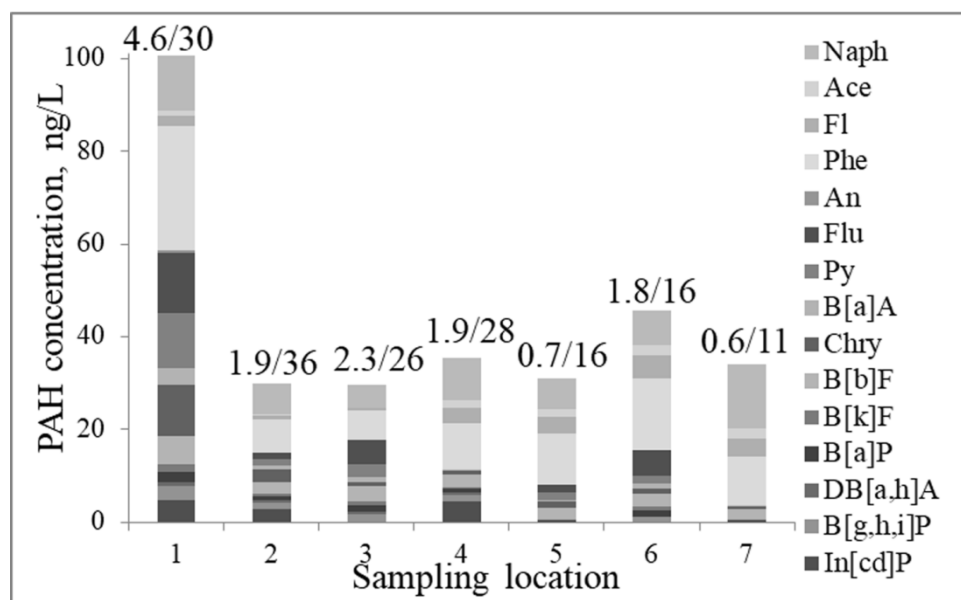


Fig. 1. Distribution of PAH concentrations, total toxicity equivalents to benzo[a]pyrene, ng/L, /carcinogenic PAH percentages, % (presented above)

Summary PAH concentrations ranged from 30 to 101 ng/L with the highest level at site 1 (Don river) and the lowest at sites 2 and 3 (Temernik river and Seversky Donets river, respectively). Naph and B[a]P concentrations were below MAC. The most abundant individual compounds were Phe, Flu, Naph, Chry, B[b]F. Carcinogenic PAH concentrations ranged from 3.6 (site 7, Kadamov-



ka river) to 30 ng/L (site 1, Dom river), while carcinogenic PAH percentages were from 11 (site 7, Kadamovka river) to 36 % (site 2, Temernik river). Thus, there is no correlation between carcinogenic PAH percentages and carcinogenic PAH concentrations and summary PAH concentrations.

To identify the possible PAH sources, various diagnostic ratios have been calculated for all samples [8, 9]. First of all, the degree of PAH anthropogenesis was found. It is usually estimated as the ratio of so-called technogenic PAH to the natural ones. High molecular weight (HMW) PAH with a large number of aromatic rings are considered as technogenic ones, and low molecular weight (LMW) PAH with 2-3 aromatic rings are natural ones. Therefore, the LMW/HMW ratio > 1 suggests the natural origin of pollution, and the ratio < 1 suggests a technogenic source [3].

Table 2

Values of diagnostic ratios for different PAH sources

Diagnostic ratio	Petrogenic source	Mixed source	Pyrogenic source	
			Petroleum combustion	Biomass, coal combustion
An/(An+Phe)	< 0.1	-	> 0.1	
Flu/(Flu+Py)	< 0.4	-	0.4-0.5	> 0.5
B[a]A/(B[a]A+Chry)	< 0.2	0.2-0.35	> 0.35	
(Flu+Py)/(Chry+Phe)	< 0.5	-	> 0.5	
Flu/Py	< 0.4	-	> 0.4	
In[cd]P/(In[cd]P+B[g,h,i]P)	0.2	-	0.2-0.5	> 0.5
TI <sub>PAH</sub> (summary ratio)	< 4	-	> 4	

The values of LMW/HMW < 1 were found for sites 1 and 3 (Don river and Seversky Donets river, respectively), the value of LMW/HMW close to 1 (1.01) was calculated for site 2 (Temernik river). That indicates the most significant technogenic PAH pollution for the sites. The highest value 8.4 was found for site 7 (Kadamovka river), and the values of LMW/HMW ranged from 1.9 to 2.9 for sites 4, 5, and 6. The results show more PAH of natural sources for the sites.

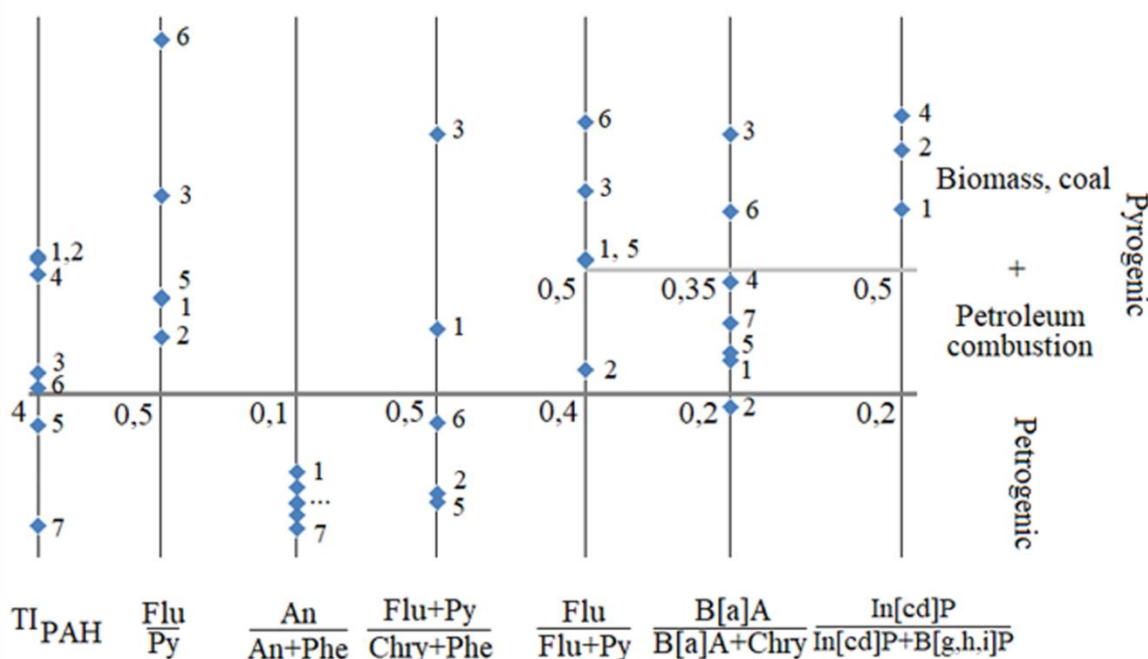


Fig. 2. PAH source identification in river water samples using diagnostic ratios: indicative values (on the left side), site numbers (on the right side)

Summary results for the PAH diagnostic ratios are shown in Figure 2. An An/(An+Phe) ratio  $< 0.1$  was taken for all sites to indicate a petrogenic origin. For Flu/Py and In[cd]P/(In[cd]P+B[g,h,i]P) ratios  $> 0.5$  suggest coal, grass, and wood combustion origins for all sites. A (Flu+Py)/(Chry+Phe) ratio and summary ratio  $TI_{PAH}$  show both petrogenic and pyrogenic sources. A Flu/(Flu+Py) ratio indicates mixed PAH pyrogenic origin: PAH of petroleum combustion at site 2 and PAH of coal, grass, and wood combustion at another sites. Various sources of PAH are taken using a B[a]A/(B[a]A+Chry) ratio. PAH of site 2 are petrogenic, most of the sites have PAH of mixed (petroleum combustion), and PAH of sites 3 and 6 are pyrogenic.

Most of the diagnostic ratios indicated PAH of pyrogenic origin for Don, Seversky Donets, and Aksay rivers (sites 1, 3, and 6, respectively). Intensive vehicle emissions, shipping activities in the area may be responsible for the accumulation of significant amounts of pyrogenic pollutants. PAH of Tuzlov, Bol'shoy Nesvetay, and Kadamovka rivers are derived from multiple sources. More specifically, coal and biomass combustion rather than petroleum combustion might be the dominant source of PAHs at these stations. The great contribution of petroleum PAH was observed at Temernik river. We also should note that pyrogenic PAH derived from coal, wood, grass combustion, and transport engine exhausts predominated at most sites.

The samples taken from light-urban locations have low carcinogenic PAH concentrations, carcinogenic PAH percentage, and total toxicity. There is no predominant PAH source. In contrast, water from urban-influenced locations showed evidence of greater contributions to nearby waters through atmospheric deposition. High results were obtained for carcinogenic PAH concentrations, carcinogenic PAH percentage, and total toxicity. The results of the research can be indicators of great anthropogenic pressure to the Rostov region rivers exerted by transport emissions, urban, shipping and economic activity, and ubiquitous fires.

## References

1. Akhbarizadeh R., Moore F., Keshavarzi B., Moeinpour A. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons risk assessment in coastal water and sediments of Khark Island, SW Iran // *Mar. Pollut. Bull.* 2016. V. 108. I. 1-2. P. 33-45.
2. GN 2.1.5.1315-03. Hygienic normative. Maximum allowable concentrations (MAC) of chemicals in the water of water bodies used as sources of water supply for drinking and domestic use (rev. 2017).
3. Magi E., Bianco R., Ianni C., Di Carro M. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Adriatic Sea // *Environ. Pollut.* 2002. V. 119. P. 91-98.
4. Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated December 13, 2016 No. 552. "On approval of water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fisheries significance".
5. Patent 2646402 RF. The way of sample preparation for aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons determination in bottom sediments. / V.E. Kotova, Yu.A. Andreev; patent holder SGBI «Hydrochemical Institute». – № 2017106715 from 28.02.2017; publ. 05.03.2018.
6. SanPiN 2.1.4.1074-01. Sanitary-epidemiological rules and regulations. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Drinking water and water supply of settlements.

7. Schwarzenbach R.P., Gschwend P.M., Imboden D.M. Environmental organic chemistry. Second edition. New Jersey: John and Wiley sons, Inc, 2003. 1313 p.
8. Tsymbalyuk K.K., Den'ga Y.M., Berlinsky N.A., Antonovich V.P. Determination of 16 priority polycyclic aromatic hydrocarbons in bottom sediments of the Danube estuarine coast by GC/MS // Geo-Eco-Marina. 2011. № 17. P. 67-72.
9. Yunker M.B., Macdonald R.W., Vingarzan R., Mitchell R.H., Goyette D., Sylvestre S. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition // Org. Geochem. 2002. № 33. P. 489-515.

**SUIVI DE L'EVOLUTION ECOLOGIQUE DES ETANGS DE LA BANLIEUE DE  
MOSCOU ET LEUR REHABILITATION  
MONITORING OF THE ECOLOGICAL EVOLUTION OF PONDS IN THE MOSCOW  
SUBURBS AND THEIR REHABILITATION**

Nkurunziza R.M  
Université d'Etat de Voronej,  
Voronej, Russie  
nremymarie@gmail.com  
Nkurunziza R.M  
Voronezh State University,  
Voronezh, Russia

**Résumé :** Pour la réhabilitation de la pollution et la prévention de la « floraison » des eaux, sur dix étangs de la ville de Balashikha dans la région de Moscou au cours des années 2016-2020, leur algolisation est utilisée sur la base de l'utilisation d'une souche de microalgues vertes du genre chlorella. Dans le même temps, la qualité de l'eau est surveillée par la bioindication des communautés de phytoplancton, représentée par les microalgues et les cyanobactéries. Les observations montrent, y compris en 2020, que le processus d'algolisation permet de maintenir avec succès la qualité des eaux aux niveaux des classes III « Propreté Satisfaisante » et II « propreté », et d'utiliser les étangs à des fins récréatives.

**Mots-clés :** Algolisation, bioindication, étang, pollution de l'eau, étangs, phytoplancton, chlorella, qualité écologique et biologique.

**Abstract:** For the rehabilitation of pollution and the prevention of « flowering » of waters, on ten ponds of the city of Balashikha in the Moscow region in the 2016-2020 years, their algolization is used on the basis of the use of a strain of green microalgae of the genus chlorella. At the same time, water quality is monitored by the bioindication of phytoplankton communities, represented by microalgae and cyanobacteria. Observations show, including in 2020, that the algolization process successfully maintains water quality at Class III « satisfactory cleanliness » and Class II « cleanliness » levels, and uses the ponds for recreational purposes.

**Keywords:** Algolization, bioindication, pond, water pollution, ponds, phytoplankton, chlorella, ecological and biological quality.

Les changements climatiques, le développement industriel et d'autres activités anthropiques constituent une grave menace pour les eaux de surface des masses d'eau et des cours d'eau naturels et artificiels [2]. Des facteurs environnementaux tels que l'augmentation de l'azote et du phosphore dans les eaux, la transparence et la température de l'eau, entre autres, déterminent la propagation du phytoplancton représenté par les microalgues [1,4,6]. Cela a conduit à la nécessité des recherches dans le monde entier sur la biotechnologie basée sur l'utilisation des microalgues, qui sont actuellement utilisées dans un certain nombre de domaines, y compris la nutrition, la production de biocarburants, la biomédecine et de nombreux autres domaines [7]. Malgré leur utilité dans divers domaines, les microalgues en général et les cyanobactéries en particulier, sont à la base de la pollution de l'eau, par la

production des toxines nocives pour la santé humaine et des animaux [5]. Les autres conduisent à la « floraison » des eaux des étangs. Des études récentes montrent que l'eutrophisation (apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux) et le changement climatique (augmentation de la température) sont deux processus susceptibles de favoriser la propagation et l'expansion des cyanobactéries, parmi lesquels de nombreuses espèces sont des producteurs reconnus de cyanotoxines [8]. La richesse en nutriments tels que l'azote (N), le phosphore (P), et parfois le silicium (Si) conduit à la multiplication des algues. Analysées à l'aide d'un microscope lumineux à fort grossissement, la présence et l'abondance de certaines espèces de microalgues indique le niveau de pollution de l'eau. L'utilisation des réservoirs comme un lieu de baignade et de repos, oblige les services publics à surveiller de près le niveau de pollution [10]. Si un certain niveau de pollution est atteint pour eux, il est même possible de décider d'interdire complètement l'utilisation quotidienne de ces eaux. C'est à cette fin que des études sont menées pour évaluer l'état écologique de certains étangs.

Depuis 2016, l'état écologique de dix étangs de la région Balashikha dans la banlieue de Moscou est surveillé en vue de leur réhabilitation. Pour l'évaluation du degré de pollution des eaux dans les bassins de la méthode par bio-indication suivant la méthode de Pantle & Bucka (1955) modifiée par V. Slàdecěk (1965) a été utilisé. La méthode donne les valeurs de l'indice saprobique S, déterminant l'état écologique et biologique de chaque étang. Ainsi la classe et la catégorie de qualité de charge de chaque étang sont évaluées en fonction du degré de pollution [6]. La réhabilitation des eaux de surface des étangs est réalisée par application de la méthode dite « algolisation ». L'algolisation est une méthode basée sur l'application de microalgues pour traiter les eaux usées afin qu'elles retrouvent leur qualité. Dans ce processus d'algolisation, la sélection d'un algolisant (c'est-à-dire une souche d'algue spécifique préalablement étudiée et sélectionnée) est primordiale, afin que le processus puisse réussir. L'algolisation de l'eau, basée sur l'utilisation de microalgues vertes de la souche *Chlorella vulgaris* BIN, qui a été isolée par des scientifiques russes, est une approche innovante qui permet d'améliorer considérablement la qualité de l'eau de leurs caractéristiques hydrochimiques et de leurs propriétés organoleptiques [3].

La composition taxonomique globale du phytoplancton représenté (microalgues et cyanobactéries) et la comparaison de leur diversité taxonomique montrent que, dans l'ensemble des masses d'eau, les communautés de phytoplancton comptent entre 19 et 27 genres appartenant à 25-36 espèces et entre 32 et 37 genres appartenant à 39-55 espèces. Le nombre minimal de genres (14) et d'espèces (19) est fixé dans l'étang de Savvinsky. La composition générale est dominée par les diatomées, les algues vertes et les cyanobactéries. Les algues eugéniques, pyrophytiques et dorées sont répandues partout. Les algues vert jaunâtre sont également moins courantes. Ils sont généralement représentés par 1-2 genres (rarement 3 genres) eugéniques et 1-2 espèces, (rarement 3 espèces) eugéniques. Le tableau 1 présente les valeurs de la population moyenne (en millions de cellules/l) et de la biomasse moyenne (en mg/l), ainsi que les valeurs de l'indice saprobique indiquant la classe et la catégorie de la qualité de l'eau. Le nombre moyen d'étangs étudiés pour le mois de juillet 2020 est compris entre 0,97 et 1,08 et 1,30 million de cellules/l. Les indicateurs de la biomasse moyenne dans la plupart des plans d'eau indiquent que les processus de traitement de la matière organique sont assez intenses (0,5 à 3,41 mg/l). Mais les indicateurs de biomasse pour l'étang Anonyme (22,1 mg/l) et Doré (12,46 mg/l) attirent l'attention car ces valeurs sont élevées par rapport aux autres étangs.

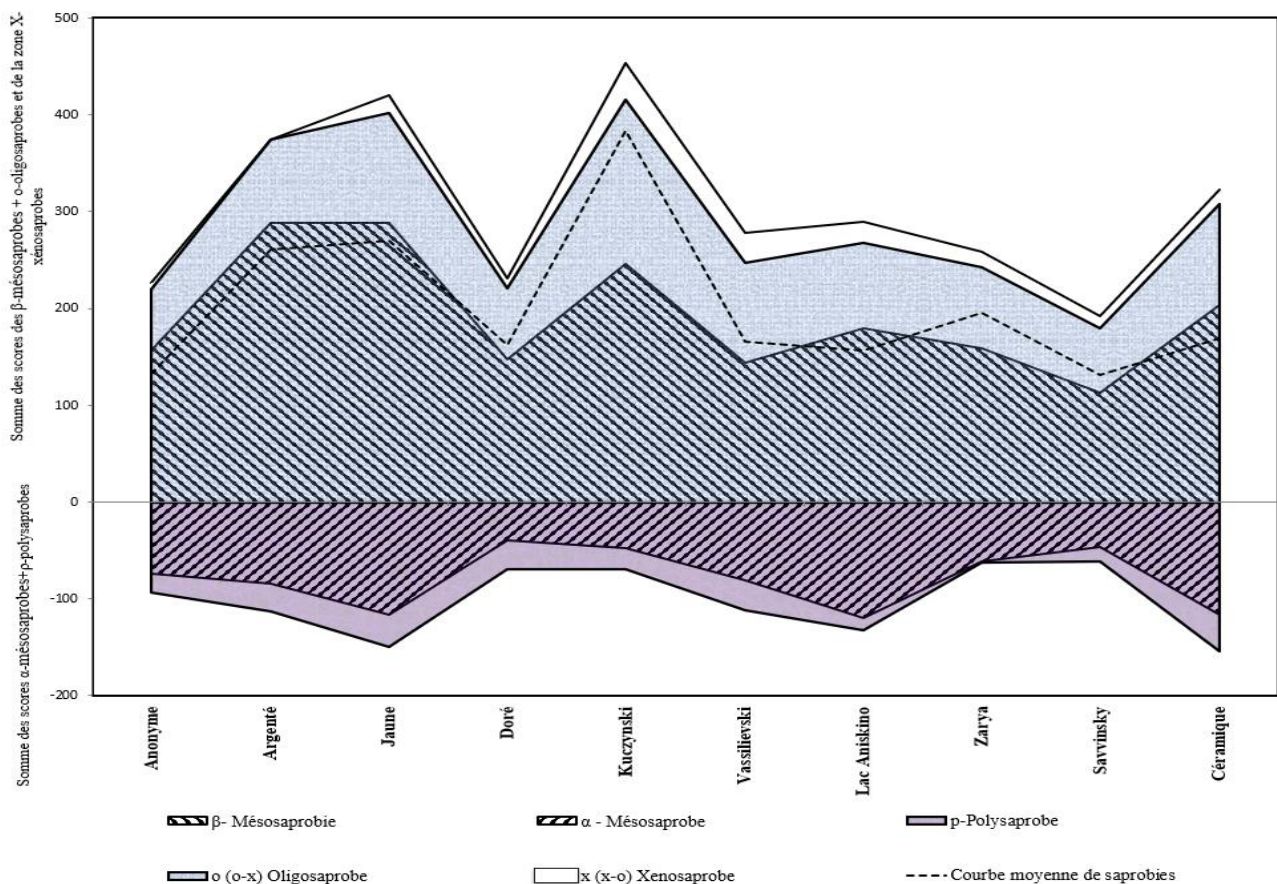
**Valeurs moyennes de l'abondance, de la biomasse, de la classe et de la qualité des eaux pour les étangs Balashikha (Juillet 2020)**

Nom de l'étang.	Abondance en mil.cel /l	Biomasse en mg/l.	Classe de qualité de l'eau		
			Coeff. de Pantle & Bucka	Classe de l'eau	Catégorie de la qualité de l'eau
Anonyme	1,07	22,01	2,16	III « Propreté satisfaisante »	3b « Faiblement polluée »
Argenté	1,06	3,41	2,13		
Jaune	1,00	2,9	2,05		
Doré	1,00	12,46	2,17		
Kuczynski	1,30	1,00	1,81	III « Propreté satisfaisante »	3a « Assez propre »
Vassilievski	1,04	1,60	1,97		
Lac Aniskino	0,97	1,24	2,04	III « Propreté satisfaisante »	3b « Faiblement polluée »
Zarya	1,08	2,02	1,82	III « Propreté satisfaisante »	3a « Assez propre »
Savvinski	0,98	0,50	1,42	II «Propre»	2b « Complètement propre »
Céramique	0,97	2,57	1,98	III « Propreté satisfaisante »	3a « Assez propre »

Les valeurs de l'indice saprobique sont comprises entre 1,51 et 2,50. Conformément à la qualité écologique et biologique, on remarque le succès dans tous les plans d'eau, mais surtout pour l'étang Savvinsky, où la valeur de l'indice saprobique S est de 1,42, c'est-à-dire de classe II « Propre » et la qualité des eaux passe à la catégorie 2b « Complètement propre ». En général, les écosystèmes des étangs de Balashikha, à en juger par les indicateurs, l'abondance et la biomasse du phytoplancton, la classe et la catégorie de la qualité de l'eau et par le degré de crise, les eaux des étangs sont au stade des changements réversibles.

Pour l'évaluation de la qualité écologique des eaux, un graphique (figure 1) a été construit pour mettre en évidence les différentes zones de saprobies. La position de la courbe moyenne de saprobie (courbe en pointillés) indique l'état des processus d'autoépuration qui déterminent l'état écologique et biologique de chaque étang. Dans un certain nombre de plans d'eau, la courbe moyenne de saprobie est située dans la zone des eaux oligosaprobiques pour les

étangs Doré, Kuchinsky, Vassilievsky, Zarya et Savvinsky, ou dans la zone des eaux bêta-mésosaprobiques pour les étangs Anonyme, Argenté, Jaune, Lac Aniskino et Céramique. L'existence d'une zone Xenosaprobique (oligo-xenosaprobique) confirme l'intensité des processus d'autoépuration des eaux, et leur élimination des eaux souterraines. Dans ces conditions, il y a beaucoup de matière organique en décomposition. La présence de diatomées comme *Melosira*, *Fragiliria*, *Synedra*, *Gomphonema*, *Navicula* dans les eaux oligosaprobiques avec les estimations de l'abondance de (3 - pas rare, 5 – souvent, et 7 – très souvent), montre que l'état écologique de l'eau de bonne qualité. Notons que ces algues vivent dans des eaux claires. Pour le reste des étangs, la présence d'algues vertes, comme *Actinastrum*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Tetraëdron*, *Coelastrum*, *Kirchneriellia*, et des Eugléniens d'algues, tels que *Euglena*, *Trachelomonas*, témoigne de la qualité des eaux bêta-mésosaprobiques contaminées ou présumées contaminées [7].



**Fig. 1.** Qualité écologique et biologique et état des processus d'autoépuration des eaux des étangs de Balashikha en juillet 2020

En général, la réhabilitation des étangs de la région de Balashikha, par algolisation à l'aide de microalgues *Chlorella vulgaris* BIN s'est passée avec succès. Il n'y a pas de « floraison » des eaux des étangs et l'eau peut être utilisée pour diverses activités sans danger sur la santé humaine et des animaux. Ainsi, la méthode d'algolisation est une méthode efficace pour lutter contre la pollution de l'eau en général, et en particulier pour lutter contre leur floraison et la production des toxines par les cyanobactéries.

Je remercie mon directeur scientifique G. A Antsiferov pour les analyses fournies sur le phytoplancton des étangs de Balashikha.

## References

1. Анциферова Г. А. Искусственные водные объекты бассейна реки Воронеж и альго-биотехнология в управлении качеством вод / Г. А. Анциферова, В. В. Кульнев, С. Л. Шевырев, Е. В. Беспалова, Н. И. Русова, А. Е. Скосарь Экология и промышленность России, 2018. – Т. 22. – № 8. – С. 50–54.
2. Анциферова Г. А. Сообщества микроводорослей и биоиндикация проточно-русловых озер лесостепной провинции Приволжской возвышенности / Г. А. Анциферова, Н. И. Русова // Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2019. – 200 с.
3. Барина С. С. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток) / С. С. Барина, Л. А. Медведева // Владивосток : Дальнаука, 1996. – 364 с.
4. Богданов, Н. И. Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* – продуцент биомассы: пат. Рос. Федерации № 1751981 / Н. И. Богданов // Бюл. № 4. – 1997.
5. Annalisa Zaccaroni, Dino Scaravelli. Toxicity of Fresh Water Algal Toxins to Humans and Animals, 2008. <https://www.researchgate.net/publication/226626169>
6. Barinova S. – L. Medvedeva– E. Nevo. Regional influences on algal biodiversity in two polluted rivers of Eurasia (Rudnaya river, Russia, and Qishon river, Israel) by bioindication and canonical correspondence analysis. Applied ecology and environmental research 6(4): 29-59, 2008. <http://www.ecology.uni-corvinus.hu>
7. Claude Siméon, Jean Bonnefoy-Claudet. Diagnostic de la pollution des eaux par des effluents chimiques au moyen des méthodes hydro-biologiques. Rapport Commissariat à l'Energie Atomique – France – r 2751, 1965.
8. Evans S. Cyanobacteria Diversity in Blooms from the Greater Sudbury Area / Suzanne Evans, Mazen Saleh // Journal of Water Resource and Protection, 2015. – № 7. – P. 871–882.
9. Michele Greque de Morais., Jorge Alberto Vieira Costa. Carbon dioxide fixation by *Chlorella kessleri*, *C. vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* and *Spirulina* sp. Cultivated in flasks and vertical tubular photobioreactors. Biotechnol Lett (2007) 29:1349–1352, DOI 10.1007/s10529-007-9394-6, Springer Science + Business Media B.V. 2007.
10. O'Neil J.M., T.W. Davis, M.A. Burford, C.J. Gobler. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. Harmful Algae 14 (2012) 313–334// journal home page: [www.elsevier.com/locate/hal](http://www.elsevier.com/locate/hal).



## LAND COVER CHANGES IN COASTAL SURABAYA WITH REMOTE SENSING DATA (1994-2018)

Safitri D. A., Bepalova L. A.

Department of Oceanography, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia;  
e-mail: dikadede@gmail.com

**Abstract** Surabaya is one of the coastal cities in Indonesia. The coastal area was located in west, north and east Surabaya. More than 20 years, condition of coastal Surabaya has changes in many areas (Land Use). This phenomenon has impact in some aspects. One of the impacts was in social economic, how much transmigration; this can be calculated using land use data (the urban area). One of methods that can be used to monitor changes of land use is the remote sensing method. This method is easy to monitoring big area and fast to get data for many years. In this research, Landsat satellite was used, which were Landsat 5 and Landsat OLI 8.

Results showed that coastal Surabaya has 6 type of land use; they are urban area, vegetation, mangrove, embankment, bare land and water bodies. In 1994, total land use area was 92.85 km<sup>2</sup> and in 2018 was 102.42 km<sup>2</sup>. Data showed that land use increased about 9.57km<sup>2</sup>. In 1994-2018, vegetation area was decreased about -6.71 km<sup>2</sup>. It was because Surabaya government made urban area for settlement and public facilities and also replanting mangrove areas in east Surabaya. Increase area was water bodies; government made some reservoirs or normalization the rivers.

**Keywords:** Coastal Surabaya, Remote Sensing Method, Land Cover

### Introduction

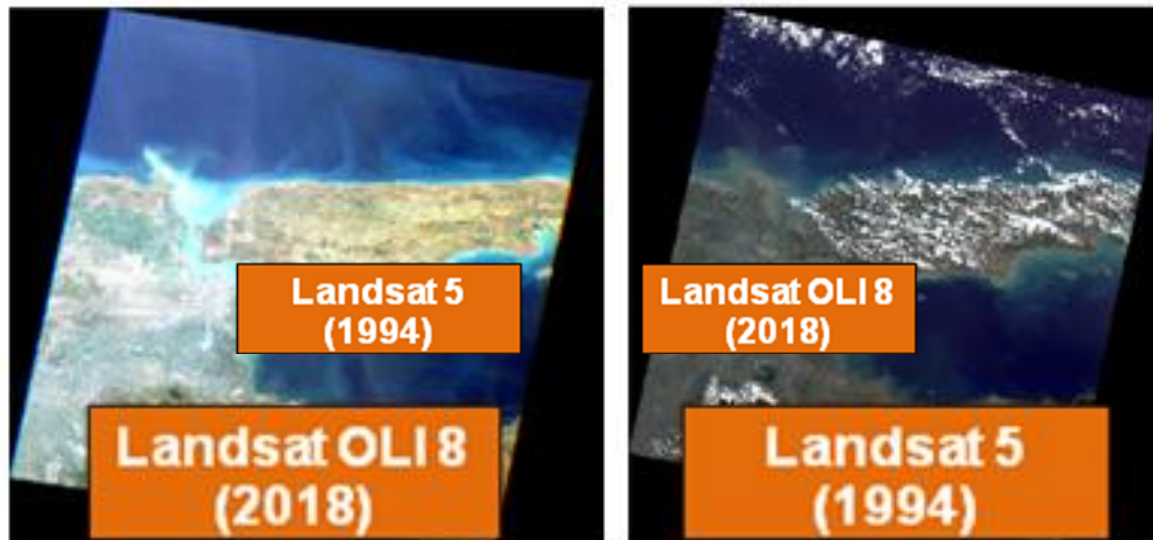
Coastal area is very unique, because it changes periodically. Changes in the coastal areas not only affect the environment but also the society (socio-economic). Surabaya is one of the coastal areas in Indonesia, which has a condition that is changeable and was located from West to the East Surabaya. Most of the coastal areas of Surabaya has been changing in environmental aspect (land use/land cover) dynamically. Besides being as a coastal area, Surabaya is the biggest city metropolitan in Indonesia, this becomes one factor the change of land use/land cover in Surabaya. Land cover in Coastal East Surabaya is mostly aims to the conservation area, which are for mangrove forest and embankment. However, because of some conditions, lead to some areas not functioning in accordance with its function. For 24 years, has been changing land use in coastal Surabaya, so that the need for monitoring of land use change in coastal Surabaya. This study aims to determine the land use/land cover changes in coastal Surabaya for 24 years (1998-2018) and type classifications of land use/land cover which are changing in coastal Surabaya (increase and decreased).

### Object Research

Data satelit Landsat, yaitu Landsat 5 (Juli 1994) dan Landsat OLI 8 (Mei 2018).

This research was located in coastal Surabaya, and was located in several locations (in West, North and East of Surabaya) where there were 10 sub-districts. The object research was big area and it could help by using the technology of satellite Remote Sensing. Another reason why use of satellite remote sensing data, provide updating data and cheaper (economist) in monitoring coastal

areas. One of the satellites that are commonly used to monitoring coastal area is Landsat satellite. Landsat-1 was launched in 1972 and Landsat has been developing nowadays. Today has launched several types of Landsat, the latest type was Landsat 8 and has been launched on 11 February 2013. In this study, using satellite data Landsat which were Landsat 5 (July 1994) and Landsat OLI 8 (May 2018).



**Fig. 1.** Object Research (Surabaya) using Landsat Satellite  
(Source : <https://earthexplorer.usgs.gov> [3])

### **Research Method**

The development of remote sensing during the last few decades has changed for the better. The resolution is better and suitable for research in large areas (includes coastal area). In this study using a supervised classification method and classification analysis methods using the maximum likelihood method (MLM). Image data processing using ENVI 4.6 software. Meanwhile, the process of analyzing land cover area using ArcGIS 10.1 software.

### **Supervised Classification**

Guided classification in remote sensing is a digital classification where the classification of land use cover patterns on the image is based on input from the operator. For this reason, an analysis is first carried out to determine several training areas (sample areas of land use cover classes) on the remote sensing image. The determination of training data is based on the operator's knowledge of the area in the remote sensing image that is the target. [1]

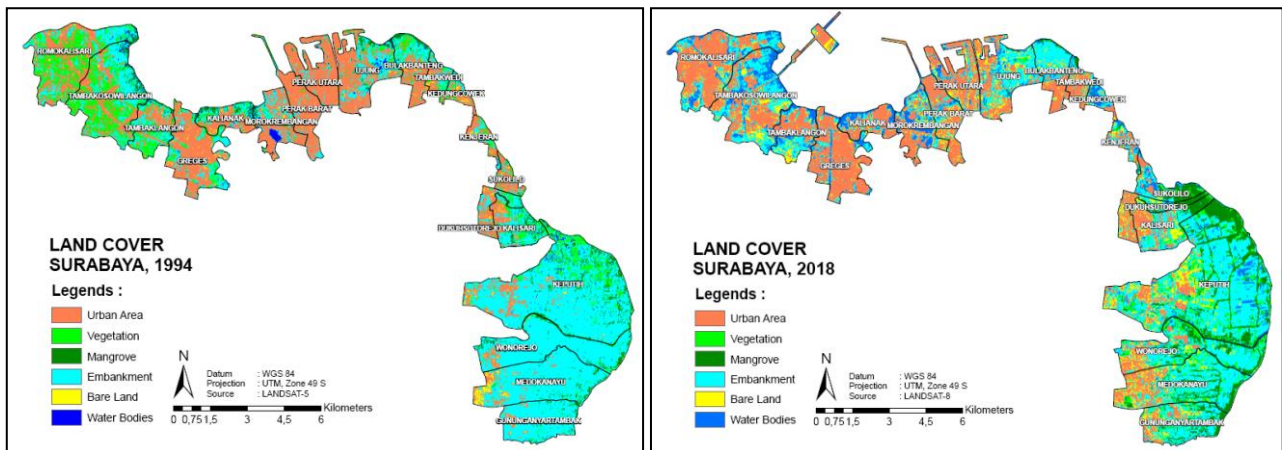
Supervised classification is a classification carried out under the direction of the analyst (supervised), where the class grouping criteria are determined based on the class signature obtained through the creation of a training area. [2]

### **The maximum likelihood method (MLM)**

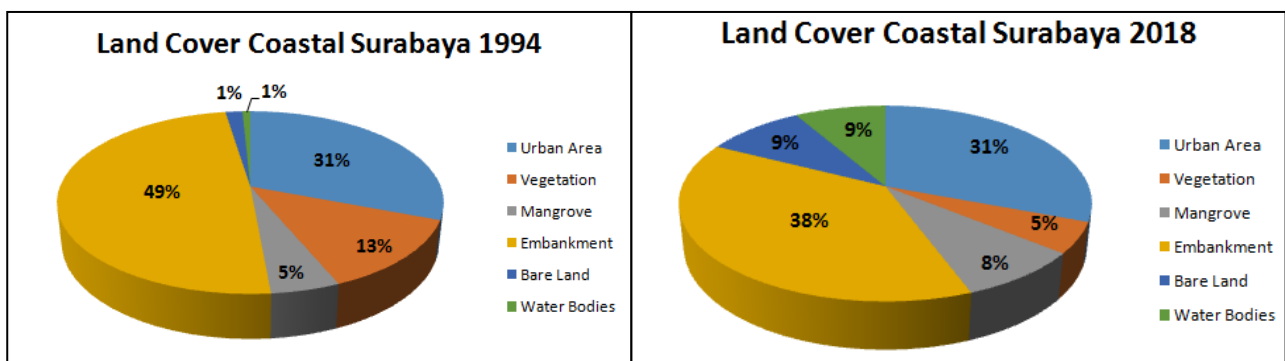
Maximum Likelihood is a classification method based on the chance of a class occurring with statistical assumptions for each class in each band that is normally distributed. Using training data the event probability of each pixel belonging to a certain class is calculated, and the event likelihood threshold if set will allow a pixel not to be classified if the probability of occurrence is less than the specified threshold. [1]

## Results and Discussion

The processing of satellite image data using the supervised classification method determines 6 parameters for the land cover class. The results showed the classification of land cover in the coastal areas of Surabaya, which were urban areas (settlements, villages and industrial areas), vegetation (parks), mangroves, embankments, bare land and water bodies (rivers, reservoirs). In 1994, the total land cover area was 92.85 km<sup>2</sup>, while in 2018 it increased to 102.42 km<sup>2</sup>. The addition of land cover area for 24 years was due to changes in land cover function. The map showed that in East Surabaya area has changed its function from an embankment area to an urban area and mangrove. While in the West Surabaya area, in 1994 it was dominated by a vegetation area that changed its function to an urban area. This is not surprising, considering that Surabaya is a metropolitan city which causes the transmigration process (population movement) to increase, usually because people are looking for work in Surabaya and are followed by staying permanently in the Surabaya area. The results showed that for 24 years there has been a reduction in the vegetation area of -6.71 km<sup>2</sup> and the class that has increased is water bodies, which was 7.91 km<sup>2</sup>.



**Fig. 2.** Land Cover Coastal Surabaya Map in 1994 (left) and in 2018 (right)  
(Source : Author's File)



**Fig. 3.** Pie chart data of Land Cover Coastal Surabaya in 1994 (left) and in 2018 (right)  
(Source : Author's File)

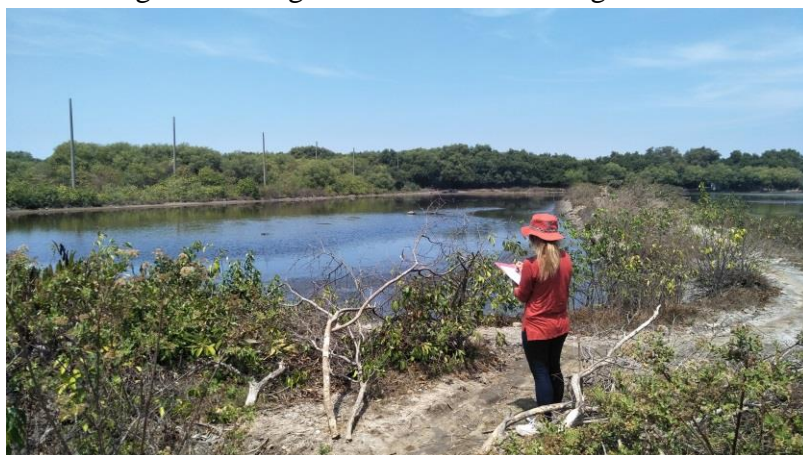
The total land cover area of Surabaya in 1994 was dominated by embankments by 49% (45.46 km<sup>2</sup>) and in 2018 it decreased by 38% (39.09 km<sup>2</sup>). Mangrove area in 1994 was 5% (4.5621 km<sup>2</sup>) and increased by 8% (8.6301 km<sup>2</sup>). Another land cover classes have increased and decreased, other land cover has increased, which were urban areas, bare land and water bodies. Meanwhile, another reduced land cover class was vegetation. (Showned in table 1).

Table 1

**Land Cover Type Classifications 1994 and 2018 (Source : Author's File)**

No	Type of Classifications	1994 (km2)	2018 (km2)	1994-2018 (km2)
1.	Urban Area	28.6038	31.4892	2.8854
2.	Vegetation	11.9304	5.2182	-6.7122
3.	Mangrove	4.5621	8.6301	4.068
4.	Embankment	45.4626	39.0924	-6.3702
5.	Bare Land	1.5588	9.3492	7.7904
6.	Water Bodies	0.7326	8.6454	7.9128
	Total	92.8503	102.4245	9.5742

One of lacks using Landsat satellite image data is that the classification results are not very detailed, this is because the Landsat image resolution is low image resolution. Meanwhile, the land cover class classification process uses the supervised classification method which uses the Digital Number (DN) of a satellite image. The results of the classification data processing show mismatches in the classification of image data and field data. For example, the classification of the image data indicates the water body class, but when the data is validated, the object in question is the embankment. There are several classes that are not very accurate in the field, causing the need to compare the classification of image data using other methods or using other satellite images.



**Fig. 4.** Validating data in the field (embankment area in East Surabaya)  
(Source : Author's File)

**Conclusion**

There were 6 type of land cover in Coastal Surabaya; they were urban area, vegetation, mangrove, embankment, bare land and water bodies. In 1994, total land cover area was 92.85 km<sup>2</sup> and in 2018 was 102.42 km<sup>2</sup>. Data showed that land use increased about 9.57km<sup>2</sup>. Land cover

changes in Coastal Surabaya were dominated by water bodies (increase), and made vegetations area was decreased. Vegetations area changes to another land cover. For 20 years, there was new urban area, such as settlements, public area, company etc. Moreover, The Surabaya Government made new regulation to preventing mangrove area (citizens replanting mangrove). Further research is needed to use other satellite image data (better resolution), this is to obtain a more detailed land cover class classification.

### References

1. Dony Kushardono. (2017). Digital Classification on Remote Sensing. IPB Press. Bogor Indonesia. (In Bahasa).
2. Riswanto, E. (2009). Evaluation of Land Cover Classification Accuracy Using Low Resolution Alos Palsar Imagery Case Study in Kalimantan Island. Thesis, Bogor Agricultural University (IPB). (In Bahasa).
3. <https://earthexplorer.usgs.gov>

## DEVELOPMENT OF OIL BIOREMEDIATION RESEARCH ON MARINE ENVIRONMENT IN JAKARTA MARINE ENVIRONMENT

Stefanus W.<sup>1,2</sup>, Ciptaningsih P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mechanical Engineering Department, Petra Christian University. Surabaya

<sup>2</sup>Industrial Engineering Department, Petra Christian University. Surabaya

<sup>3</sup>Veterinarian Profession Education, Faculty of Veterinary Medicine, Universitas Airlangga. Surabaya

wiliam.zhong@gmail.com

priska\_sp@yahoo.com

**Abstract.** Jakarta bay provides ecological services ranging from port industry, shipping, and tourism to fisheries sectors, and directly has enormous potential in the problem of oil pollution in its waters, especially in marine areas. Therefore, an effort to minimize oil pollution impact is needed immediately. Bioremediation, the use of microorganisms to detoxify or remove pollutants, is one of the promising techniques to combat oil pollution. Research and application of bioremediation on seawater has been started in Indonesia; however, in Jakarta alone, it is still needed to be studied due to the more humongous and complex aspect they have there. Development of bioremediation study on marine environment in Jakarta has been started from enumeration, isolation and identification of local hydrocarbonoclastic bacteria in each area. Research on taxonomic and functional genes have been conducted. Even though past research shows that bioremediation methods have a low yield compared to physical and chemical approaches, bioremediation has a potential to be developed in the future. Several aspects concerning with this study such as the probability of new hydrocarbonoclastic bacteria species which need further studies

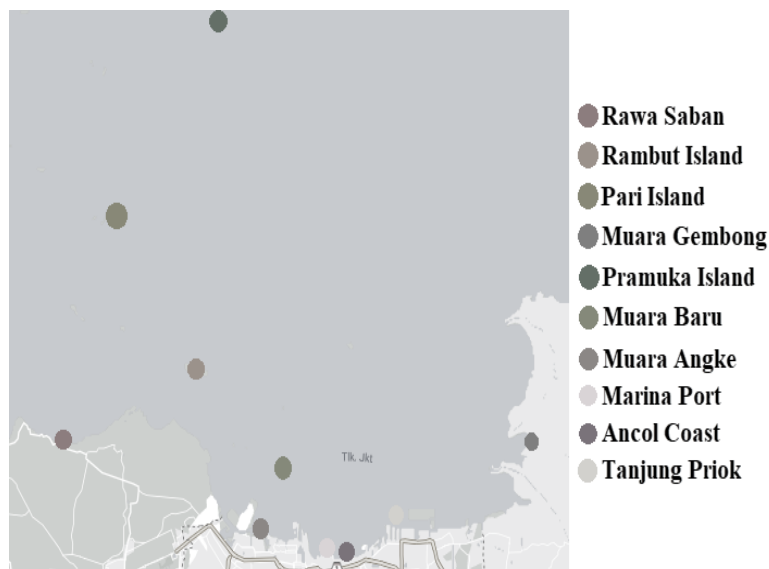
**Keywords:** Bacteria potential, Biodegradation, Oil pollution

### Introduction

The urban population in Indonesia has been growing rapidly. The Jakarta Metropolitan Area (JMA) population is about 10% of the total population in Indonesia. The bay provides ecological services ranging from port industry, shipping, and tourism to fisheries sectors. While the bay activities provide numerous economic incomes for the communities, the concern over the pollution is also arising, as the bay develops a giant waste receptor. UNESCO (2002) identified that Jakarta Bay is of the most polluted bays in the world that receives water from 19 rivers flowing through the JMA. The polluted sea water around this bay has long evidence and history that many researchers investigate.

Although clean-up efforts have remained aggressive, a substantial portion of the oil remains trapped in coastal ecosystems, especially in benthic areas (Kostka *et al.*, 2011). In abroad view, oil spill accidents were recorded for at least 30 times in all over Indonesia marine waters during 1975-2008. Beside physical and chemical approaches that are already popular, one of the other promising techniques is bioremediation. Bioremediation is the use of living organisms, primarily microorganism, to degrade or detoxify substances hazardous to human health and/or the environment into less toxic forms, which relies upon microbial enzymatic activity to attack the pollutants and convert them to harmless product (Vidali, 2001). Development of bioremediation study on marine environment in Indonesia was started from enumeration, isolation and identification of oil degrading bacteria by Research Centre for Oceanography-LIPI in 1978 (Darmayati, 2011). However, in Jakarta itself, it still needs further studies due to the difficulties and the complexities aspects.

According to the reports conducted by LIPI (Sutiknowati *et al*, 2017), results of total petroleum hydrocarbon (TPH) measurement in Ancol, Pari Island, Muara Gembong, showed various numbers. Analytical results of total PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in those areas detected 8 PAHs compounds (methyl naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, FLU(fluorene), anthracene, FRT(fluoranthene), pyrene and chrysene), with the total PAH content in the Jakarta Bay water column, the range is between 0.184–1,578 ppb. Therefore, endeavour to minimize oil pollution is really needed.



**Fig. 1.** Area where past bioremediation study on Jakarta’s marine environment was taken.

### Seribu Islands

Soil sediment that is suitable for bioremediation is soil that contains grains of sand or coarse gravel (Sutiknowati *et al.*, 2017), and Seribu Islands coast is dominated by sand and coarse gravel, oxygen disperse and nutrient flow can take place properly. By isolating hydrocarbonoclastic bacteria from Jakarta Bay and Seribu Island waters (Figure 1). The bacteria were isolated from water and sediment/sand and enriched in SWP medium with Arabian Crude Oil (ALCO). The result showed that 131 potential hydrocarbonoclastic bacteria have been isolated. Most of them were oil degrading bacteria (41.98%) and the rest were PAH degrading bacteria, with *Alcanivorax*, *Marinobacter*, *Achromobacter* and *Bacillus* were common hydrocarbonoclastic genera.

The genus of *Marinobacter* could be found in oil polluted and unpolluted waters from the offshore area of Pramuka Island (Figure 1). The present study found that the genus of *Bacillus* mostly detected in clean water, i.e. Rambut and Pari Island. The species of *Achromobacter xylosoxidans* strain B8L was isolated from Rambut Island. It is concluded in this paper that oil pollution level might affect the number of strains of isolated hydrocarbonoclastic bacteria. (Darmayati *et al.*, 2008)

Further research was conducted by Thontowi and Yopi (2013) using the sample of seawater taken specifically from Pari Island, Jakarta. As result, 66 bacteria isolates were degrading alkanes and PAH, 5 classes of oil degrading bacteria were obtained, namely  $\alpha$ -proteobacteria (43.6 %),  $\gamma$ -proteobacteria (48.5 %), *Flavobacteria* (4.5 %), *Actinobacteria* (1,5 %), and *Bacillales* (1,5%).

As result, bacteria isolate which were identified that only capable to grow in PAH compound are *Muricauda*, *Erythrobacter*, *Chromohalobacter*, *Idiomarina*, *Haererehalobacter*, *Marinobacter*, *Halomonas*, *Bacillus*, and *Rhodospirillaceae*. Meanwhile, bacteria isolates were observed

that capable to grow not only in PAH but also in alkane: *Alcanivorax*, *Stappia*, *Novosphingobium*, *Pseudoalteromonas*, *Thalassospira*, *Nocardioides*, *Sphingopyxis* and *Acinobacter*.

Meanwhile, Susanthi *et al.* (2009) isolated 16 oil degrading bacteria from Pari Island. PHE (phenanthrene) and DBT (dibenzothiophene) are highly toxic, mutagenic, and carcinogenic. With 'Dn' have the ability in degrading PHE, DBT, and paraffin; and highly identical with *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* ATCC 27132 with 99.87% similarity.

After that, a similar approach with previous study on isolation and identification of PAHs degrading bacteria, specifically PHE, in Pari Sea Jakarta has been done by Riffiani and Sulistinah (2010). Two bacteria were observed by their capability on degrading PHE; *Raugeria* sp DG898 and Alpha proteobacterium GMDJE10F1. As further inspection, a PHE biodegradation test has been done to investigate the PHE degradation rate by those two bacteria. After 19 days, biodegradation of PHE by *Raugeria* sp DG898 was 70% and by Alpha proteobacterium GMDJE was 65.32%. Overall, biodegradation PHE by *Raugeria* sp DG898 has better results.

The use of tanks experiment (sampling 0 to 90 days) and semi enclosed system (sampling 0 to 150 days) with nutrients (N and P) was done by Sutiknowati, 2011. The bacteria communities and oil chemistry were monitored and analyzed. DNA (deoxyribonucleic acid) was extracted from colonies of bacteria and sequence determination of the 16S rDNA was amplified by primers U515f and U1492r. Strains had similarity about 90-99% to their closest taxa by homology Blast search and few of them suspected as new species, and further studies need to be conducted in the future.

The addition of fertilizers promoted the degradation of certain components of crude oil: about 70% – more than 90% of Naphthalene and n-Alkane, and more than 70% of (alkyl) naphthalene and alkane were degraded in 90 days. The degradation of PHE, DBT, FLU, and their alkyl substituted derivatives was less extensive, being 20% to 50%.

### **Jakarta Coastal**

In Indonesia, industrial, transportation and population was centered in Jakarta bay. Point up the attention for understanding the future and consequences of oil spill, a better study of how oil-degrading bacteria interacts with oil and PAHs from this area was needed.

The study by Lisdiyanti *et al.* (2011), the samples collected from oil polluted areas in Marina Port Ancol (Figure 1). Using enrichment and direct isolation methods, the results show, 223 strains could degrade PAHs, among these strains, 94 strains could degrade PHE, 23 strains degrade FRT, 92 strains could degrade DBT, 14 strains could degrade phenothiazine and 106 isolates degrade crude oil. These numbers of bacterial strain/isolate, shows that Jakarta Bay in general has a diverse bacterial strain/isolate. It is expected from this research that potential bacteria can be used as a basis for the development of offshore hydrocarbon bioremediation technology.

By using direct isolation method, no isolates can degrade PHE and DBT were found, but with enrichment method, PHE was easier to degrade, almost 80% isolates could degrade this PAH. This study also reports, structural relativity of FRT and phenothiazine makes it quite difficult to degrade by the bacterial colonies. And only 20% isolates could degrade FRT and phenothiazine, this is because, PAHs with molecular weights between 128 and 202) have high acute toxicity toward aquatic organisms. (Rossi and Neff, 1978; Neff, 1985)

Using the same method, study in 2007 was conducted by Alfiansah *et al.* (2014), from oil-polluted harbours: Muara Baru, Sunda Kelapa and Tanjung Priok (Figure 1). Those bacteria were isolated from enrichment culture. The results of this study showed that FRT and crude oil-degrading bacteria were shown from the three polluted harbours (Table 1), with 109 isolates in total. 29% can degrade crude oil, FRT with 33%, FLU with 20%, pyrene with 7%, DBT with 6%, and PHE with



only 5%. From those isolates, the possible cultivable bacteria show only 5 isolates, which are from genus *Alcanivorax*, *Pseudomonas*, and *Bacillus*.

Table 1

**Distribution of isolates from sea water and sediment samples of three harbours (Alfiansah *et al.*, 2014)**

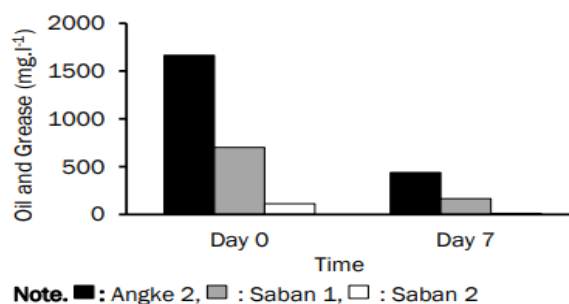
Sites	Samples	Amount of isolates						Total Isolates
		CO	DBT	FLU	FRT	PHE	PYR	
Muara Baru	Sea water	NI	1	5	6	NI	1	13
	Sediment	8	NI	5	8	NI	NI	21
Sunda Kelapa	Sea water	5	2	4	7	NI	1	19
	Sediment	15	4	7	9	NI	3	38
Tanjung Priok	Sea water	2	NI	NI	NI	3	NI	5
	Sediment	NI	NI	NI	6	6	1	13
<b>Total Isolates</b>		<b>30</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>109</b>

Notes: CO= Crude oil, DBT= Dibenzothiophene, FLU= Fluorene, FRT= Fluoranthene, PHE= Phenanthrene, PYR= Pyrene, NI= No bacteria could not be isolated

By using the enrichment culture methods, crude oil and PAH-degrading bacteria could be successfully isolated in this study. This results also supported by Xia *et al.* (2011), that Oil-degrading microorganisms require not only carbon and mineral nutrients incorporated in their biomass, but also nitrogen and phosphorus. In addition to enriching the culture, to increase the Oil-degrading bacteria potential for degrading the oil waste in situ, the use of gram negative bacteria from genus *Alcanivorax* and *Pseudomonas*, can fasten the process since they usually dominate the bacterial communities in hydrocarbon-contaminated environments due to lipid structures of their cell wall which facilitate nutrient uptake in hydrocarbon contaminated environment (Röling *et al.*, 2004)

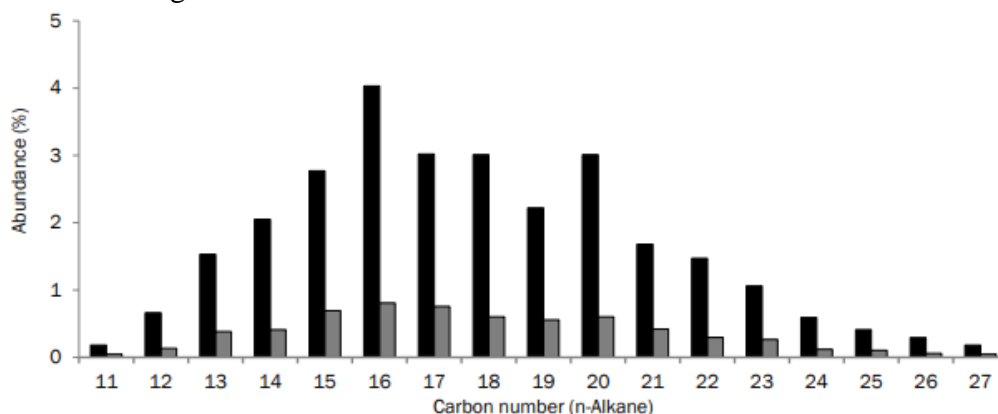
By isolating and enriching bacteria with total plate count (TPC) method in Muara Angke and Rawa Saban (Figure 1). Dwinovantyo *et al.* (2016) shows an increase after the cultivation with the number of isolated bacteria varied from  $2 \times 10^2$  CFU ml<sup>-1</sup> to  $6 \times 10^6$  CFU ml<sup>-1</sup> at the beginning.

The bacteria population from outer part of the harbour was highly affected by the tidal current which suggested to lower the dispersion of the bacteria population. Differently, the bacteria population from the more closed area in the harbour seems to have low possibility of getting flushed by the current and also adapts well in an oily environment, it is tied to the high ship activity, so the possibility of oil spill concentration is high. The identified bacteria are *Fundibacter* sp., *Alcanivorax* sp., and *Marinobacter* sp. In another place where this study took place, Rawa Saban shows a lower rate of oil-degrading compared to the isolates from Muara Angke (Figure 2). This result was suggested because of the lower ship activity and another possible oil-spilling cause, since Rawa Saban located far from the centered industrial area in Jakarta.



**Fig. 2.** Oil and grease analysis on day 0 and day 7 in different location (Dwinovantyo *et al.*, 2016)

The result from GC-MS methods shows that there is a significant decrease of n-C11-nC27 compound (Figure 3), with a constant biodegradation rate of 0.1766 in seven days. It means there are carbon chain breaking in long chain compounds, so the bacteria have a possibility of biodegrading the oil in Muara Angke and Rawa Saban.



**Fig. 3.** The abundance of each carbon number before and after biodegradation process based on chromatogram (Dwinovantyo *et al.*, 2016)

Another study has been done in the same location, Muara Baru, by Sulistinah in 2016. By investigating the indigenous bacteria isolated from Muara Baru, Jakarta, which have the ability in degrading DBT, one of PAH compounds which are known to be toxic in the environment. As result, 8 bacteria isolates were reported to own the capability in degrading DBT.

From 8 bacteria isolates, M4 isolates that were identical with *Sphingomonas paucimobili* were used to degrade DBT. After 27 days, DBT degradation efficiency by *Sphingomonas paucimobilis* was ranged 57-62.5%.

### Conclusion

Total PAH content in the Jakarta Bay water column is rather high, within the range 0.184–1,578 ppb. Therefore, endeavour to minimize oil pollution is really needed. In Seribu Island alone, most of the isolates were oil degrading bacteria (41.98%) and the rest were PAH degrading bacteria. With some bacteria grow not only in PAH but also in crude oil: *Alcanivorax*, *Stappia*, *Novosphingobium*, *Pseudoalteromonas*, *Thalassospira*, *Nocardioides*, *Sphingopyxis* and *Acinobacter*. It is also found that *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* degrades PHE, DBT, and paraffin which are highly toxic, mutagenic, and carcinogenic. As further inspection biodegradation of PHE also can be done by *Raugeria* sp. DG898 with 70% degraded after 19 days and Alpha proteobacterium GMDJE with 65.32%. In the Jakarta Coastal area, it is found that 223 strains could degrade PAHs. That potential bacteria can be used as a basis for the development of offshore hydrocarbon bioremediation technology. 20% isolates could degrade FRT and phenothiazine by the enrichment culture methods because oil-degrading microorganisms require not only carbon and mineral nutrients incorporated in their biomass, but also nitrogen and phosphorus. To increase the Oil-degrading bacteria potential for degrading the oil waste in situ, the use of gram negative bacteria from genus *Alcanivorax* and *Pseudomonas* can be done, it is shown that the isolates grow increased from  $2 \times 10^2$  CFU ml<sup>-1</sup> to  $6 \times 10^6$  CFU ml<sup>-1</sup> at the beginning, and increasing each day, GC-MS methods shows that there is a significant decrease of n-C11-nC27 compound. The same result also found from Seribu Islands, 8 bacteria isolates from Jakarta Coastal are found to be degrading DBT, one of PAH compounds which are known to be toxic. It is also concluded that oil pollution level might affect the number of

strains of isolated hydrocarbonoclastic bacteria, Rawa Saban shows a lower rate of oil-degrading, it is due to the lower ship activity and other possible oil-spilling causes.

#### References

1. Alfiansah, Y., Adindasari, M., Argarini, M., Darmayati, Y., (2014). Isolation and Distribution of Crude Oil and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Degrading Bacteria from Polluted Harbours in North Jakarta. *Marine Research in Indonesia*, 39(2): 79-85.
2. Darmayati, Y., Harayama, S., Yamazoe, A., Hatmanti, A., Sulistiani, ., Nuchsin, R., & Kunarso, D. (2008). Hydrocarbonoclastic Bacteria from Jakarta Bay and Seribu Islands. *Marine Research in Indonesia*, 33(1): 55-64.
3. Darmayati, Y. (2011). Development of Oil Bioremediation Research on Marine Environment in Indonesia. *Journal of Coastal Development*, 12(3): 105-110.
4. Dwinovantyo, A., Susanti, S., Wantona, N., Rahmiani, R., Prartono, T. (2016). Oil Spill Biodegradation by Bacteria Isolated from Jakarta Bay Marine Sediments. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 21(1):29-36.
5. Kostka, J., Prakash, O., Overholt, W., Green, S., Freyer, G., Canion, A., Delgardio, J., Norton, N., Hazen, T., Huettel, M. (2011). Hydrocarbon-Degrading Bacteria and the Bacterial Community Response in Gulf of Mexico Beach Sands Impacted by the Deepwater Horizon Oil Spill. *Applied and Environmental Microbiology*, 77: 7962-7974.
6. Lisdiyanti, P., Yopi, Y., Murniasih, T. (2011). The Investigation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Oil Degrading Bacteria Isolated from The Marina Port Ancol, Jakarta Bay. *Indonesian Institute of Sciences*, 15(2): 17-23.
7. Neff J. (1985). Polycyclic aromatic hydrocarbon. In: Rand GM, Petrocelli SR (eds) *Fundamental of aquatic toxicology methods and applications*: 416–454.
8. Riffiani, R., Sulistinah, N. (2010). *Biodegradasi PAHs PHE oleh Bakteri Indigenous Laut Pari Kepulauan Seribu*. *Journal of Biological Researches*, 4F: 13-18.
9. Röling, W., Milner, M., Jones, D., Fratepietro, F., Swannell, R., Daniel, F., Head, I. (2004). Bacterial Community Dynamics and Hydrocarbon Degradation during a Field-Scale Evaluation of Bioremediation on a Mudflat Beach Contaminated with Buried Oil. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 2603-2613.
10. Rossi, S., Neff, J., (1978). Toxicity of polynuclear aromatic hydrocarbons to the polychaete *Neanthes arenaceodentata*. *Mar. Pollut. Bull*, 9: 220–222.
11. Sulistinah, N., Riffiani, R. (2011). *Studi Degradasi DBT Oleh Sphingomonas Paucimobilis Bakteri Indigenous Muara Baru-Teluk Jakarta*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(3): 269-276
12. Susanthi, D., Sudiana, I., Sembiring, L. (2009). *Bakteri Laut Isolat Pulau Pari Pendegradasi Komponen Crude Oil*. *Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA 2009*.
13. Sutiknowati, L. (2011). Microbial Community During Bioremediation Experimental on Oil Spill in Coastal of Pari Island. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3.
14. Sutiknowati, L., Darmayati, Y., Afianti., N., Natsir, S., Hindarti, D., Lestari, L., Munawir, K., Lutan, R., Yogyaswara, D., Matondang, E., Rozak, A., Picalouhata, S. (2017). *Pengembangan Tehnik Bioremediasi di Kawasan Tercemar Minyak Perairan Pesisir Teluk Jakarta*. *Indonesian Institute of Sciences*, 2017(II): 1-38.

15. Thontowi, A., Yopi, Y. (2013). *Keragaman Bakteri Laut Pendegradasi Alkana dan Poli-aromatik Hidrokarbon di Pulau Pari Jakarta*. *Jurnal Biologi Indonesia*, 9(1): 131-140.
16. UNESCO. (2002). *Care for the Sea Starts from the Land: Manual to Reduce Land Based Waste to Protect the Sea*. UNESCO Jakarta Office: 117.
17. Vidali, M. (2001). *Bioremediation: An Overview*. *Pure and Applied Chemistry*, 73(7).
18. Xia, W-J., Dong, H-P., Yu, L., Yu, D-F. (2011). *Comparative study of biosurfactant produced by microorganisms isolated from formation water of petroleum reservoir*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, 392: 124– 130.

# ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: UN RETO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LOS AGROECOSISTEMAS GANADEROS

MSc. Yamaris Swaby Quao<sup>1</sup> yamarisq@nauta.cu, Dr. C. Sara Fernández Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Holguín, Cuba

## ADAPTATION TO THE CLIMATIC CHANGE: A CHALLENGE FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CATTLE AGROECOSYSTEMS.

**Resumen.** Con el objetivo de documentar y sistematizar la evidencia disponible en los países de América Latina y el Caribe (ALC) sobre la relación de la ganadería y el cambio climático con la seguridad alimentaria y la nutrición, resaltando las innovaciones de producción pecuaria con bajas emisiones y el sustento regulatorio global y regional de la ganadería en materia de reducción de emisiones se realizó este trabajo, constatándose el alto compromiso de los gobiernos y la implementación de estrategias, programas, planes, sistemas de acciones para lograr la adaptación al cambio climático en los agroecosistemas ganaderos, evidenciándose en el impacto de buenas prácticas de producción ganadera con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en la seguridad alimentaria, la nutrición y el medio ambiente.

**Palabras claves:** Cambio climático, agroecosistemas, sostenible

**Abstract.** With the objective of documenting and systematize the available evidence in the countries of Latin America and the Carib (ALC) on the report of the cattle and the climatic change with the alimentary security and the nutrition, by emphasizing the innovations of cattle production with low emissions and the regulatory global and regional sustenance of the cattle in questions of reduction of emissions carried out this work, by verifying the high commitment of the governments and the implementation of strategies, programs, plains, systems of actions to achieve the adaptation to the climatic change in the cattle agroecosistemases, by making evident in the impact of good trainings of cattle production with low emissions of greenhouse gases in the alimentary security, the nutrition and the environment.

**Keywords:** Change climatic, agroecosistemases, sustainable

### Introducción

Dada a las tendencias y desafíos de la ganadería, se necesitan políticas efectivas, instituciones sólidas y la adopción de prácticas avanzadas. La voluntad política de hacerlo se expresa a través de diferentes mecanismos nacionales e internacionales. La decisión de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP23) sobre agricultura enumeró diferentes áreas de trabajo a las cuales contribuye la ganadería y que incluyen: i) los métodos y enfoques para evaluar la adaptación, los beneficios secundarios de la adaptación y la resiliencia; ii) la mejora del carbono del suelo y la salud y fertilidad del suelo en praderas y tierras agrícolas, así como los sistemas integrados<sup>3</sup>, incluida la gestión del agua; iii) la mejora del uso de nutrientes y del aprovechamiento del estiércol con miras a lograr unos sistemas agrícolas sostenibles y resilientes; iv) la mejora de los sistemas de gestión ganadera; v) las dimensiones del cambio climático relacionadas con aspectos socioeconómicos y con la seguridad alimentaria y nutricional en el sector agrícola (CMNUCC, 2017).

De los países en desarrollo, 93 han incluido la ganadería en sus Contribuciones determinadas a nivel nacional en virtud del Acuerdo de París (FAO, 2017), de los cuales a nivel

regional Belice, Brasil, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Honduras, Paraguay, Perú y Uruguay explícitamente se comprometieron con acciones concretas (UNFCCC, 2015).

Son variados los mecanismos y estrategias propuestos para reducir el impacto de la ganadería en el medio ambiente y potencializar sus beneficios (FAO, 2018). Diferentes países de la región de ALC (como Argentina, Brasil, Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba, Paraguay y Uruguay) que están implementando alternativas para producción de carne disminuyendo impactos ambientales, resaltan la importancia de trabajar mejoras de políticas, estrategias y fortalecimiento de sus instituciones, dándole prioridad a medidas de adaptación vinculadas a prácticas productivas.

La región de ALC tiene un papel protagónico en la construcción e implementación de alternativas para abordar la complejidad de las interacciones sociales, económicas y ambientales que afronta la ganadería debido a su potencial productivo, a la riqueza de sus recursos naturales, su capital humano, historia y tradiciones. Por lo tanto, es necesario que los países de la región continúen con los esfuerzos crecientes e innovadores que los gobiernos y los productores realizan para mantener el crecimiento de este importante sector de la economía, incluyendo los desafíos para la reducción del impacto de los sistemas productivos, vinculando territorio, medioambiente y economía de manera integrada y armónica en un escenario de cambio global. (FAO, 2018d; FAO y OMS, 2014; CEPAL-FAO-IICA, 2012; 2013; 2015).

De acuerdo a todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es documentar y sistematizar la evidencia disponible en los países de América Latina y el Caribe sobre la relación de la ganadería y el cambio climático con la seguridad alimentaria y la nutrición, resaltando las innovaciones de producción pecuaria con bajas emisiones y el sustento regulatorio global y regional de la ganadería en materia de reducción de emisiones

Vínculos de la ganadería con los cambios ambientales por fenómenos climáticos extremos

El cambio climático modifica los recursos alimenticios tanto para consumo humano como para alimentación animal, las condiciones fisiológicas de los animales y la disponibilidad y calidad del agua, lo cual en la ganadería a menudo resulta en variación en la productividad, impactando en la seguridad alimentaria, la nutrición y los ingresos de los productores (FAO, 2018; FAO, 2017; Thornton et al., 2009).

Tales modificaciones son:

- Cantidad y calidad del alimento para consumo animal: La cantidad de alimento para consumo animal disponible se ve afectada a medida que los niveles de temperatura y CO<sub>2</sub> varían, cambiando los rangos de crecimiento óptimo para las diferentes especies forrajeras y modificando su dinámica de competencia y la composición proporcional de pastos a leguminosas forrajeras. Generalmente estos cambios están asociados con mayores niveles de radiación y un mayor uso del agua, dependiendo de la ubicación geográfica donde se encuentren. En latitudes más altas, el aumento de las temperaturas puede prolongar la temporada de crecimiento y en latitudes más bajas pueden provocar un mayor estrés hídrico en las plantas, disminuyendo su disponibilidad.

La calidad del alimento también se ve afectada cuando el aumento de las temperaturas aumenta la lignificación de los tejidos de los forrajes, reduce la digestibilidad y las tasas de degradación y cambia las concentraciones de carbohidratos y N, resultando en una menor disponibilidad de nutrientes para los animales.

- Disponibilidad y calidad del recurso hídrico: Los impactos del cambio climático en el suministro de agua para el ganado afectan el contenido de agua del forraje y la disponibilidad de agua de escorrentía o superficiales según el territorio, afectando el rendimiento y la eficiencia productiva del ganado y repercutiendo en la disminución de los beneficios de los productores. El

agua en la ganadería no solo se utiliza para bebida de los animales y para el cultivo de forraje, sino también para otras funciones de servicio y procesamiento de productos de origen animal. Las estimaciones en ganado bovino indican que la ingesta de agua por kg de materia seca consumida aumenta aproximadamente desde 3 kg a 10°C de temperatura ambiente, hasta 5-8 kg a 30°C, y hasta aproximadamente 10-14 kg a 35°C.

- **Condiciones fisiológicas:** El cambio climático altera el intercambio de calor entre el animal y el medio ambiente afectando, potencialmente, la actividad física, el consumo de alimento, la mortalidad, el crecimiento, la reproducción, el mantenimiento y la producción. También aumenta la tasa de desarrollo de patógenos o parásitos, provocando cambios sustanciales en la distribución de las enfermedades, y podría producir brotes de enfermedades graves en poblaciones de animales previamente no expuestas, lo que de cualquier forma trae consecuencias en la eficiencia productiva de los animales.

Las relaciones de la ganadería con la seguridad alimentaria, la nutrición y el ambiente son variadas y van más allá del solo suministro de alimento. No obstante, hay un fuerte vínculo con el cambio climático por su responsabilidad en el alto aporte de emisiones de GEI que es superior a la mayoría de las otras fuentes de alimentos. Las principales fuentes de emisiones son la producción y el procesamiento de alimentos para los animales (45%), la fermentación entérica de rumiantes (39%), el almacenamiento y procesamiento de estiércol (10%) y el cambio en el uso de la tierra (6%) (FAO, 2018; FAO, 2017; Teillard et al., 2016).

Las emisiones directas de GEI del ganado, estiércol y fermentación entérica representaron 2,4 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en 2010, alrededor del 41% de las emisiones totales de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, o aproximadamente el 8% de las emisiones antropogénicas totales de GEI. La FAO estima que las emisiones de las cadenas de suministro de ganado, incluida la producción de piensos, el procesamiento y el transporte, así como la energía utilizada en las emisiones y fuera de ellas, representan alrededor del 14,5% de las emisiones antropogénicas totales (FAO, 2018; FAO, 2018b). Las emisiones de GEI de todas las especies de ganado son significativas, pero están dominadas por las emisiones del ganado vacuno y la producción lechera que contribuyen, respectivamente, con el 45 y el 39% de las emisiones de la ganadería, en gran parte debido a las emisiones de metano resultantes de la fermentación ruminal (FAO, 2017; Teillard et al., 2016; FAO, 2018b; Martínez et al., 2009).

En América Latina, donde hay una gran producción de rumiantes, por lo cual es un importante proveedor mundial de proteína animal, representando más de un cuarto de toda la producción mundial de carne vacuna, la producción de metano por la fermentación entérica es una gran parte de todas las emisiones antropogénicas de GEI de la región. Por ello es importante las relaciones sociales, económicas y ambientales que se generan a partir de la producción ganadera para lograr acciones sostenibles.

La ganadería, es una actividad expuesta a los efectos del cambio climático. De hecho, los países en desarrollo ponen gran hincapié como parte integral del sector agrícola destacando su papel en el desarrollo económico, en particular para el empleo, las exportaciones y el desarrollo rural, así como para prestar mayor atención a los impactos ambientales que genera y la vulnerabilidad a la que está expuesta debido al cambio climático (FAO, 2016).

Siendo así, para demostrar el compromiso político no solo en disminuir las emisiones de GEI y los impactos del cambio climático a nivel global, regional, nacional y local por las actividades agropecuarias, sino en general de todos los sectores, los países de la región firmaron y ratificaron los compromisos ambientales más importantes a nivel global para reducir emisiones y

comenzar un proceso de transición que permita avanzar hacia una economía baja en carbono, como el Acuerdo de París (2015) y el Protocolo de Kyoto (1997) (FAO, 2016a):

- El Acuerdo de París (2015) apunta a una meta global en términos de control del incremento de la temperatura y no incluye metas ni referencias específicas a ningún sector. Sin embargo, el rol y la relevancia de la agricultura quedan de manifiesto implícitamente a lo largo del Preámbulo y del articulado del Acuerdo. En concreto, el literal b del Artículo 2 del Acuerdo de París señala “Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos”. En su Preámbulo establece “la prioridad fundamental de salvaguardar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos a los efectos adversos del cambio climático”.

En la implementación de este Acuerdo, y teniendo en cuenta la vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático y los enfoques destinados a gestionar la seguridad alimentaria, en la Conferencia de las Partes (COP23) de noviembre de 2017 los países decidieron adoptar el establecimiento de la “Labor conjunta de Koronivia sobre la agricultura” como un hito de gran trascendencia, puesto que allí se aborda el trabajo en cuestiones técnicas relacionadas con la agricultura y la ganadería y su contribución a la lucha contra el cambio climático, tanto en mitigación como en adaptación. La COP23 establece una hoja de ruta 11 para abordar temas como la mejora del uso de nutrientes y del aprovechamiento del estiércol con miras a lograr eficientes sistemas agrícolas sostenibles y resilientes; la mejora del carbono del suelo, la salud y fertilidad del suelo en praderas y tierras agrícolas, y los sistemas integrados, incluida la gestión del agua; la mejora de los sistemas de gestión ganadera; y las dimensiones socioeconómicas y de seguridad alimentaria y nutricional en el sector agrícola.

- El Protocolo de Kyoto, hace referencia explícita al sector agropecuario y la ganadería en especial, citando en el artículo 2 que “...con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3 aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo, ... la promoción de modalidades agrícolas sostenibles a la luz de las consideraciones del cambio climático...”.

Los países de la región cuentan con otros instrumentos regionales que muestran la voluntad política de la región en torno al desafío que supone el cambio climático y sus vínculos con el sector agropecuario y en los que hacen mención específica a la ganadería:

- La Estrategia Regional de Cambio Climático (CCAD-SICA, 2010) que presenta tanto las amenazas como los efectos del cambio climático en la subregión de América Central, debido a su ubicación geográfica y su situación económica y social, así como un marco de acción y de respuesta frente a dicho cambio climático. La Estrategia establece medidas específicas en relación a la ganadería tales como:

- Fortalecer la investigación sobre las relaciones entre clima y agricultura, y su efecto diferenciado en hombres y mujeres, con énfasis en la evaluación de la vulnerabilidad actual y futura sobre cultivos alimenticios, la ganadería (incluyendo avicultura y otros animales domésticos), pesca y acuicultura.

- Promover la investigación y transferencia de tecnologías para reducir las emisiones de GEI en la ganadería, incluyendo la eficiencia productiva para optimizar la carga animal por hectárea o la producción de leche por hectárea.



- Promover y armonizar regionalmente el marco regulatorio para la producción de biocombustible y energía renovable en el sector agrícola, industrial y ganado.

- Fomentar la reducción de emisiones de GEI en la agricultura y ganadería, en sinergia con las medidas de adaptación.

• La Estrategia Regional Ambiental Marco 2015-2020 (CCAD, 2014) que busca “promover la integración ambiental de la región para el desarrollo económico y social de sus pueblos, articulando esfuerzos y potencializando los recursos disponibles” incluye entre sus líneas estratégicas una que es transversal a los sistemas de producción ganadera, que es “incrementar el uso de tecnologías limpias para asegurar la reducción de los niveles de contaminación en los procesos productivos y aumentar la competitividad del sector privado”.

Los países de ALC respaldan su participación en los acuerdos globales sobre cambio climático, no solo con la firma y ratificación de los mismos sino también a través de las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional e instrumentos de planificación nacional, donde incluyen medidas de adaptación y mitigación específicas para la ganadería (CEPAL, 2015; FAO, 2016).

En Cuba tiene una particular atención y chequeo sistemático a partir de la puesta en práctica de la Tarea Vida, constituyendo esta el Plan de Estado para el Enfrentamiento al cambio climático liderada por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), la misma exhibe excelentes resultados.

### **Conclusiones**

A nivel regional y nacional existen y se implementan el marco normativo y la voluntad política favorables para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas ganaderos, para la adaptación al cambio climático.

### **References**

1. CEPAL, 2015. Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión General.

2. CEPAL, FAO, IICA. 2018. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018. San José. 268 p.

3. CMNUCC. 2017. Convención Marco Sobre el Cambio Climático. FCCC/CP/2017/11/Add.1.

4. FAO e IFIF. 2014. Buenas prácticas para la industria de piensos – Implementación del Código de Prácticas sobre Buena Alimentación Animal. Manual FAO de producción y sanidad animal. No 9. Roma.

5. FAO y OMS. 2014. Documento final de la Conferencia: Declaración de Roma sobre la Nutrición. Segunda Conferencia Internacional sobre Nutrición. ICN2 2014/2.

6. FAO y OPS. 2017. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago.

7. FAO, OPS/OMS. 2017. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe 2017. Santiago.

8. FAO. 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política.

9. FAO. 2014a. The role, impact and welfare of working traction and transport animals. Animal Production and Health Report. No. 5. Roma.

- 10.FAO. 2016. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (orientaciones de política).
- 11.FAO. 2017. Soluciones ganaderas para el cambio climático.
- 13.FAO. 2017a. Ganadería Climáticamente Inteligente. Integrando la reversión de la degradación de tierras y reduciendo los riesgos de desertificación en provincias vulnerables. Boletín Informativo N° 1. Febrero 2017. (Disponible en: <http://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/522514/> ). Acceso: 25 de mayo de 2018.
- 14.FAO. 2018. Shaping the future of Livestock. (Disponible en: [www.fao.org/3/i8384en/I8384EN.pdf](http://www.fao.org/3/i8384en/I8384EN.pdf) )
- 15.FAO. 2018a. Livestock and agroecology. How they can support the transition towards sustainable food and agriculture. (Disponible en: [http://www.fao.org/3/I8926EN/i8926en.pdf?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=social%20media&utm\\_campaign=faoanimalhealth](http://www.fao.org/3/I8926EN/i8926en.pdf?utm_source=twitter&utm_medium=social%20media&utm_campaign=faoanimalhealth) ).
- 16.FAO. 2018b. World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome. 222 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- 17.Martínez, J., Dabert, P., Barrington, S., y Burton, C. 2009. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. *Bioresource technology*, 10022, 5527-5536.
- 18.Teillard, F., Anton, A., Dumont, B., Finn, J.A., Henry, B., Souza, D.M., Manzano P., Milà i Canals, L., Phelps, C., Said, M., Vijn, S., White, S. 2016. A review of indicators and methods to assess biodiversity – Application to livestock production at global scale. *Livestock Environmental Assessment and Performance LEAP Partnership*. Roma, FAO.
- 19.Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., y Herrero, M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 1013, 113-127

# ASSESSMENT OF SELF-CLEANING ABILITY OF THE NORTHERN DVINA RIVER ESTUARY

Zimovets A.A.

Department of physical geography, ecology and environment protection, Institute of Earth Sciences,  
Southern Federal University, Zorge, 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia  
mir-zagadka@yandex.ru

**Abstract.** Self-cleaning from heavy metals (Cu, Ni, Pb, Zn, Cd and Cr) was assessed in the estuary area of the one of the largest river ecosystems in the European territory of Russia – the Northern Dvina River estuary. The conditional degree of self-cleaning of river waters and bottom sediments for winter and summer is calculated. It is noted that the highest values of self-cleaning of river waters are observed in winter for Cu (54%), Pb (25%), Cd (67%), Cr (82%), and in summer – Zn (44%) and Ni (50%). It was found that the processes of migration of Ni, Zn and Pb from bottom sediments to water predominate in winter, while in summer this process is typical for Pb, Cd and Cu.

**Keywords:** self-cleaning ability, heavy metals, bottom sediments, river water, estuary, Northern Dvina River

**Introduction.** Studying the natural potential of rivers by determining the intensity of their self-cleaning processes, along with determining the levels of pollutants in the water components, is one of the main criteria for regulating the anthropogenic load on the water ecosystems of rivers used for economic and drinking purposes [1]. One of the most toxic and widespread pollutants of present day is heavy metals, which are capable of active migration, transformation and bioaccumulation [2, 3]. The presence of heavy metals in the environment leads to a number of adverse impacts. Until the impacts are dealt with, health and mortality problems break out, as well as the disturbance of food chains [4, 5]. The problem of heavy metal contamination of reservoirs and watercourses is particularly acute in the Northern regions of our country [6].

The Northern Dvina River estuary is located in the Arkhangelsk region within the North of the European part of Russia (EPR). This region is characterized by increased vulnerability associated with the prevailing specific climatic conditions that determine the flow characteristics. So in the summer, in high temperatures, there is an activation of chemical and biochemical processes, while in the cold part of the year, they slow down. Under these conditions, water ecosystems require more time to self-cleaning and restore to their original state after the cessation or significant weakening of anthropogenic impact [7]. Thus, all this determines the relevance of the research, the results of which can be used in practical activities for making management decisions in the field of restoration of water ecosystems.

The purpose of the study is to assess the self-cleaning ability of the river ecosystem from heavy metals to determine the current ecological state of the Northern Dvina River estuary.

**Materials and methods.** The Northern Dvina River, with a length of 750 km and a basin area of 357 000 km<sup>2</sup>, is one of the largest rivers in the North of the European territory of Russia. Of particular interest is the Northern Dvina River estuary area, which is a complex hydrochemical object that is affected, on the one hand, by the salty waters of the White Sea due to wind-surges processes, and on the other – by the anthropogenic impact of a large transport and industrial hub formed by the cities of Arkhangelsk, Novodvinsk and Severodvinsk [8]. Here, the main pollutants of the aquatic ecosystem include enterprises of the forestry, engineering, fuel and energy complex, as well as discharges and emissions from public utilities and transport [9, 10].

The geography of research covers a vast area of the lower reaches of the river from the confluence of the Pinega River to the delta maritime edge and the south-eastern part of the Dvina Bay of the White Sea. The research was conducted at 16 sampling stations.

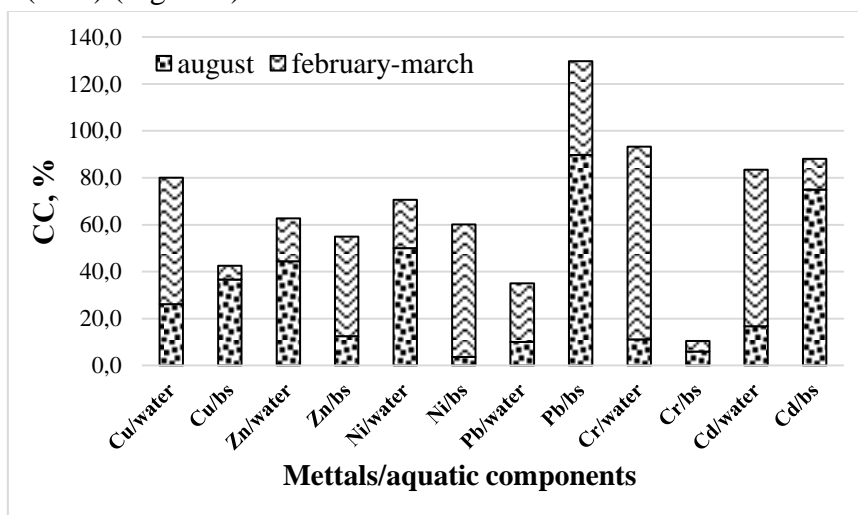
The materials for this work were selected samples of river water and bottom sediments to determine the content of heavy metals of the priority group – Pb, Cd, Cu, Ni, Zn and Cr. The research was conducted in the summer and winter periods of 2016-2017 years. This report is part of a long-term geochemical research conducted by research scientist of the Department of physical geography, ecology and nature protection of the Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University under the Professor Yu.A. Fedorov in the Northern part of the European territory of Russia [11-14]. During the study period, the total number of river water and bottom sediment samples studied was more than 100.

The total degree of self-cleaning of the river ecosystem from heavy metals was calculated using the formula:  $CC = 100 \frac{(C_i - C_f)}{C_i}$ , CC – degree of self-cleaning, %;  $C_i$  и  $C_f$  – metal content in the initial and final range of the site [15].

To compare the degree of self-cleaning of river water and bottom sediments, is used the relative purification index:  $OKC = \frac{CC_{bs}}{CC_{water}}$ ,  $CC_{bs}$  – degree of self-cleaning of bottom sediments,  $CC_{water}$  – degree of self-cleaning of river water [16].

Water pollution index was used to assess water quality in the Northern Dvina River estuary:  $WPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{MPC}$ , n – the number used of indicators,  $C_i$  – the actual content of the pollutants, MPC – maximum permissible concentration (Cu – 1,0  $\mu\text{kg l}^{-1}$ ; Ni – 10; Zn – 10; Pb – в 6,0; Cd – 0,5 и Cr – 20  $\mu\text{kg l}^{-1}$ ) [17].

**Results and discusses.** Studies have shown that the maximum degree of self-cleaning of water in winter is observed for Cu (54%), Pb (25.0), Cd (67), Cr (82%), and for bottom sediments – Zn (42%) and Ni (56%) (Figure 1).



**Fig. 1.** The degree of self-cleaning of river waters and bottom sediments of the Northern Dvina estuary in the seasonal dynamics of heavy metal content

It should be noted that during the research period (February-March), the Northern Dvina River estuary was covered with ice, which excludes the entry heavy metals into the river ecosystem with atmospheric precipitation and runoff [18]. It is possible pollutants come from anthropogenic sources to the aquatic ecosystem through an atmospheric channel. This fact is supported by the results of previous studies [19], when extremely high concentrations of the total dissolved form of

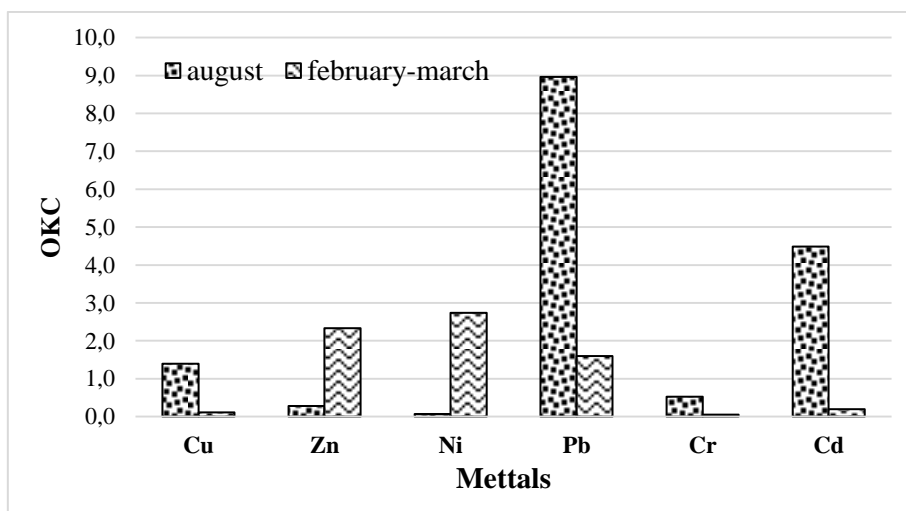
lead ( $118.9 \mu\text{g l}^{-1}$ ) and cadmium ( $0.41 \mu\text{g l}^{-1}$ ) were determined in the thawed snow in the area of operation of thermal power plants against of trace and low concentrations of these metals found at other stations.

It is the sequence of decreasing the self-cleaning of the river water from heavy metals in winter –  $\text{Cr} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Zn}$  and bottom sediments –  $\text{Ni} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Cr}$ . It can be seen that these two ranked sequences are mutually inverted relative to each other.

In summer the maximum self-cleaning of water is observed for Zn (44%) and Ni (50%), and bottom sediments – Cu (37%), Pb (90%) and Cd (75%). In the degree of self-cleaning level of river water from heavy metals in the summer period can be represented as  $\text{Ni} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Pb}$  and bottom sediments –  $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni}$ . As in the previous case, there are two similar sequences in the opposite orientation.

It should be noted that high rates of self-cleaning of river waters are typical for Cu both in the cold season and in the warm season, despite the fact that the concentration of this metal in the river water of the estuary of the Northern Dvina exceeds MPC throughout the river by 4-20 times. Also, MPC exceedances are noted for Cr (2-3 times) – in the channels and branches of the Northern Dvina Delta and Zn (6-17 times) – in large enterprises of the woodworking industry [19]. But for Cr, a high degree of river water purification was detected in winter, while for Zn, this indicator was higher in summer. Thus, despite the fact that the ecosystem of the Northern Dvina River estuary region functions in conditions of high concentrations of a number of metals, this section of the river is characterized by a high self-cleaning capacity in different seasons of the year.

Interpreting the values of the relative self-cleaning coefficient for metals (Figure 2), it was found that the degree of self-cleaning of bottom sediments is higher than the degree of self-cleaning of water in summer than in winter.



**Fig. 2.** The relative index of the degree of self-cleaning of the Northern Dvina River estuary from heavy metals

The processes of migration of Ni, Zn and Pb from bottom sediments to water predominate in winter, while in summer this process is typical for Pb, Cd, and Cu. According to the ranked series of decreasing intensity of migration of heavy metals from bottom sediments to river water in the warm season ( $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Ni}$ ) and cold season ( $\text{Ni} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Cr}$ ), the most mobile metal is Pb, and Cr can be attributed to inert elements. The behavior of other metals is most likely determined by seasonal differences in the sources of metals entering the water, changes in physical and chemical parameters, and other processes [20].

**Conclusion.** It is established that a high degree of self-cleaning of water is observed in winter for most of the studied heavy metals. Thus, in winter, the maximum self-cleaning of water is observed for Cu (54%), Pb (25%), Cd (67%), Cr (82%), and for bottom sediments – Zn (42%) and Ni (56%); in summer, a high degree of self-cleaning of river water is observed for Zn (44%) and Ni (50%), and bottom sediments-Cu (37%), Pb (90%) and Cd (75%). These processes are confirmed by high values of the relative self-cleaning coefficient for a number of metals that actively migrate from bottom sediments to river waters. The most mobile metal is Pb, while the inert elements include Cr.

It was found that high rates of self-cleaning of river waters are typical for Cu both in the cold season and in the warm season, despite the fact that the concentration of this metal in the river water of the estuary of the Northern Dvina exceeds the maximum permissible concentrations throughout the river throughout the year.

It is determined that for the ranked series of the degree of self-cleaning of river waters and bottom sediments from heavy metals, the values are inverted relative to each other, which indicates that the processes of self-cleaning of the aquatic ecosystem are controlled by various factors depending on the season, the source of metal intake, the prevailing physical and geographical conditions and et al.

In winter, the aquatic ecosystem of the Northern Dvina River estuary is characterized as polluted in terms of water quality, while in summer it is dirty. The low index of water pollution indicates that the winter period is the most favorable for the self-cleaning of river water from heavy metals, since during this period additional sources of heavy metals entering through the atmospheric channel and with a flat flush are excluded.

#### **Acknowledgments**

The author expresses his sincere gratitude to his scientific mentor, professor Yu.A. Fedorov for assistance in working on the article.

#### **References**

1. Vaganova E.S., Davydova O.A. 2011 Izvestiya of the Samara center of science of the Russian Academy of Sciences T. 13 № 5 (2) pp. 147-150 [In Russian]
2. Vhahangwele Masindi and Khathutshelo L. Muedi 2018 *Environmental Contamination by Heavy Metals* 133 p.
3. Wong M.H. 2012 *Environmental Contamination: Health Risks and Ecological Restoration* (United States of America: Taylor & Francis Group)
4. Lepp N.W. 2012 *Effect of heavy metal pollution on plants. Metals in the Environment, Pollution Monitoring Series*, Applied Science Publishers. Department of Biology (Liverpool, United Kingdom: Liverpool Polytechnic)
5. Athar M, Vohora S.B. 2001 *Heavy Metals and Environment* (New Delhi: New Age International (P) Limited)
6. Soldatenko S.A., Alekseev G.V., Ivanov N.E., Vyzilova A.E., Kharlanenkova N.E. 2018 *Arctic and Antarctic Research*. pp. 55-70 [In Russian]
7. Zimovets A.A., Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A. 2016 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016, Ecology, Economics, Education and Legislation Conference Proceedings (Albena, Bulgaria) Vol I. Book 5 pp. 319-325

8. Brekhovskikh VF, Volkova ZV, Kolesnichenko NN 2003 *Surface water quality problems in the Northern Dvina basin* (Moscow: Nauka) p 233 [In Russian]
9. Gorbachov A.L., Dobrodeeva L.K., Tedder Yu.R., Shatsova E.N. 2007 *Human ecology* № 1 pp. 4-11
10. *The State and environmental protection of the Arkhangelsk region in 2018 2019* ed A N Kravtsova (Arkhangelsk: the Ministry of natural resources and forestry of Arkhangelsk region) p 453 [In Russian]
11. Zimovets A.A., Ovsepyan A.E. 2018 18th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConf. & EXPO «Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection» (Albena, Bulgaria) Vol 18 pp 401-408
12. Fedorov Yu A, Ovsepyan A E, Zimovets A A, Savitskiy V A, Lisitsyn A P, Shevchenko V P, Novigatsky A N, Dotsenko I V 2018 *Handbook of Environmental Chemistry* (Berlin, Heidelberg, Springer) pp 1-34
13. Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E., Savitskiy V.A., Zimovets A.A. 2019 *Doklady Earth Sciences* Vol 487 Issue 1 pp 804-806 [In Russian]
14. Ovsepyan A E, Fedorov Yu A, Zimovets A A, Savitskiy V 2016 *World of Scientific Discoveries* (Krasnoyarsk: Science and Innovation Center Publishing House) 5 pp 117-125
15. Vaganova E.S., Davydova O.A. 2011 *Natural and technical Sciences* № 4 pp 180-181 [In Russian]
16. Nikanorov A. M. *Hydrochemistry*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001 444 p. [In Russian]
17. On approval of water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries significance / <http://www.bestpravo.ru>, 2011 [In Russian]
18. Fedorov Yu A and Zimovec A.A. 2011 11th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConf. & EXPO «Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection» (Albena, Bulgaria) Vol 3 pp 171-174
19. Zimovets A.A., Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Savitskiy V.A. 2016 Proceedings of International Conference «Managing risks to coastal regions and communities in a changing world» (EMECS'11 – SeaCoasts XXVI (Moscow, RIOR Publ.)
20. Zimovets A.A., Ovsepyan A.E. 2019 *International science and technology conference «Earth science»*, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 272 022244 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022244>

*Научное издание*

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ**

Сборник трудов  
IX Международной научно-практической  
Конференции

22-23 октября 2020 года  
Институт наук о Земле  
Южного федерального университета

*Электронное издание*

Подписано к использованию 11.12.2020. Заказ № 7823. Тираж 10 экз.

Издательство Южного федерального университета.

Отдел полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции  
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ.  
344090, г. Ростов-на-Дону, пр-т Стачки, 200/1, тел. (863) 243-41-66.