

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский государственный горный университет»

# ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного  
горного университета

Научно-технический журнал

Издается с 1918 г.

Выпуск 1(33)

2014

### Редакционная коллегия

<b>Косарев Николай Петрович</b> (главный редактор)	д-р техн. наук, профессор
<b>Грязнов Олег Николаевич</b> (зам. главного редактора)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Амдур Алексей Миронович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Бабенко Владимир Витальевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Баранников Александр Григорьевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Боярских Геннадий Алексеевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Валиев Нияз Гадым-оглы</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Гордеев Виктор Александрович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Гревцев Николай Васильевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Игнатъева Маргарита Николаевна</b>	д-р экон. наук, профессор
<b>Кардапольцева Валентина Николаевна</b>	д-р культурологии, профессор
<b>Козин Владимир Зиновьевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Корнилков Сергей Викторович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Коротеев Виктор Алексеевич</b>	академик РАН, д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Коршунов Игорь Георгиевич</b>	д-р физ.-матем. наук, профессор
<b>Кох Иван Адамович</b>	д-р социол. наук, доцент
<b>Лель Юрий Иванович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Поленов Юрий Алексеевич</b> (ученый секретарь)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Сидоров Александр Николаевич</b>	д-р экон. наук
<b>Сквородников Игорь Григорьевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Сурнев Виктор Борисович</b>	д-р физ.-матем. наук, профессор
<b>Тимухин Сергей Андреевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Цыпин Евгений Федорович</b>	д-р техн. наук, профессор

### Редакция журнала

Главный редактор Косарев Н. П.  
Зам. главного редактора Грязнов О. Н.  
Ответственный секретарь Шорина Э. В.

### Состав редакторов по разделам

#### *Естественные науки:*

Баранников А. Г. (ответственный редактор),  
Амдур А. М., Коршунов И. Г.,  
Сквородников И. Г., Сурнев В. Б.

#### *Технические науки:*

Тимухин С. А. (ответственный редактор),  
Боярских Г. А., Лель Ю. И.

#### *Социально-экономические и гуманитарные науки:*

Игнатъева М. Н. (ответственный редактор),  
Ветошкина Т. А., Кардапольцева В. Н., Кох И. А.,  
Наседкин В. А., Удачина Н. А.

#### *История университета, юбилейные даты:*

Поленов Ю. А. (ответственный редактор)

**Адрес редакции:** 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,  
Уральский государственный горный университет, комн. 3142. Тел.: (343)251-15-95  
E-mail: iuggu@66.ru  
<http://www.ursmu.ru/science/izdatelskaya-deyatelnost/izvestiya-uggu.html>

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

*Виноградов А. М., Сапожников В. М.*  
Алгоритмическое представление процесса  
интерпретации геополей ..... 5

*Курашов И. А., Бондарев В. И., Крылатков С. М.*  
Регуляризация сейсмических данных при  
объединении смежных съемок ..... 12

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Потапов В. Я., Потапов В. В., Семериков Л. А.*  
Методика и результаты определения  
коэффициентов трения и восстановления  
монофаз сыпучих материалов ..... 18

*Садовенко И. А., Инкин А. В., Рудаков Д. В.,  
Хрипливец Ю. В.*  
Моделирование процесса затопления шахты  
№ 2 «Новгородовская» с учетом дальнейшего  
использования ее теплового ресурса ..... 29

*Заднепровский Р. П.*  
Уравнение связи и прочностных параметров  
тел и его применение для анализа и прогноза  
физического состояния горных пород ..... 38

*Реутов А. А.*  
Особенности применения дополнительных  
лент в приводах ленточных конвейеров ..... 44

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

*Косолапов О. В.*  
Техногенное воздействие на окружающую  
среду и реакция реципиентов ..... 48

*Сорокина А. Ф., Мочалова Л. А.*  
Научные основы оценки и управления  
качеством сельской местности в условиях  
высокоурбанизированной территории ..... 54

*Стровский В. Е., Симонян А. Х.*  
Новая индустриализация и экономика знаний:  
основания развития ..... 59

## NATURAL SCIENCES

*Vinogradov A. M., Sapozhnikov V. M.*  
Algorithmic view of the interpretation  
of geofields ..... 5

*Kurashov I. A., Bondarev V. I., Krylatkov S. M.*  
Seismic data regularization for combining of  
neighbour surveys ..... 12

## TECHNICAL SCIENCES

*Potapov V. Ya., Potapov V. V., Semerikov L. A.*  
The methodology and results of determination  
of friction coefficients and recovery of single  
phases of bulk materials ..... 18

*Sadovenko I. A., Inkin A. V., Rudakov D. V.,  
Hriplivets Yu. V.*  
Modeling of the process of flooding of the mine  
«Novogrodovskaya 2» to assess the possibility  
of further using its heat source ..... 29

*Zadneprovsky R. P.*  
Equation of coupling and strength parameters  
of solids and its application for the analysis and  
prediction of physical state of rocks ..... 38

*Reutov A. A.*  
Features of application of additional tapes in the  
drives of belt conveyers ..... 44

## SOCIAL-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES

*Kosolapov O. V.*  
Man-triggered impact on the environment and  
the response of recipients ..... 48

*Sorokina A. F., Mochalova L. A.*  
Scientific foundations of evaluation and  
management of the quality of rural areas in  
conditions of high-urbanized territory ..... 54

*Strovsky V. E., Simonyan A. H.*  
New industrialization and knowledge of economy:  
the basis of development ..... 59

<i>Ветрова Е. Н., Гладышева И. В.</i> <b>Особенности стратегического позиционирования региона в контексте освоения запасов углеводородов Арктики на примере Архангельской области</b> ..... 63	<i>Vetrova E. N., Gladysheva I. V.</i> <b>Features of strategic positioning of the region in the context of the development of hydrocarbon reserves in the Arctic by an example of the Arkhangelsk region</b> ..... 63
<i>Боева Л. М., Основина О. М.</i> <b>Оперативное планирование закупок ремонт- ных ресурсов горно-металлургического пред- приятия</b> ..... 74	<i>Boeva I. M., Osnovina O. N.</i> <b>Operational planning of procurement of the mining and metallurgical enterprise repair resources</b> ..... 74
<b>ИСТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА</b>	<b>DATES OF OUR UNIVERSITY</b>
<b>Мягков Владимир Фадеевич</b> <i>(к 85-летию со дня рождения)</i> <i>Баранников А. Г.</i> ..... 79	<b>Myagkov Vladimir Fadeevich</b> <i>(to the 85th anniversary of the birth)</i> <i>Barannikov A. G.</i> ..... 79
<b>Преображенский Павел Иванович</b> <i>(к 140-летию со дня рождения)</i> <i>Филатов В. В.</i> ..... 81	<b>Preobrazhensky Pavel Ivanovich</b> <i>(to the 140th anniversary of the birth)</i> <i>Filatov V. V.</i> ..... 81
<b>Юон Эдуард Федорович</b> <i>(к 140-летию со дня рождения)</i> <i>Филатов В. В.</i> ..... 82	<b>Yuon Eduard Fedorovich</b> <i>(to the 140th anniversary of the birth)</i> <i>Filatov V. V.</i> ..... 82
<b>ABSTRACTS AND REFERENCES</b> ..... 83	<b>ABSTRACTS AND REFERENCES</b> ..... 83
<b>ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫМ В ЖУРНАЛ</b> ..... 91	<b>REQUIREMENTS TO MANUSCRIPTS</b> ..... 91

### ***Вниманию читателей***

Оформить подписку на журнал на 2-е полугодие 2014 года  
можно во всех отделениях Почты России  
(подписной индекс издания в каталоге Роспечать – 25145)

УДК 550.83

## АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОПОЛЕЙ

Виноградов А. М., Сапожников В. М.

Рассматривается версия элементарного алгоритма интерпретации геополей при решении трудноформализуемых задач. Она вытекает из сложившихся методологических установок, разработок в области геометризации вещественных и энергетических полей, при которых оптимизируется достижение поставленной цели в рамках принятых или конкурирующих концепций.

*Ключевые слова:* геополе; алгоритм; система; модель; предмет; объект; цель; решение.

В современных условиях в разведочной геофизике для успешной интерпретации данных измерений геополей необходимо совершенствовать применение целевого, системного и комплексного подходов. Наиболее успешно эта проблема решается в промышленной геофизике. Для многих нефтегазовых месторождений с учетом их специфики разработаны технологии решения классификационных задач (целевой подход), позволяющие по комплексу методов ГИС (комплексный подход) применять формализованные способы литологического расчленения разрезов с выделением коллекторов и определением их промысловых характеристик (системный подход).

Ведущую роль играет системный анализ, с помощью которого ранее применявшиеся неформальные сведения переведены в утверждения, допускающие построение алгоритмов выделения геологических границ объектов, определения их литологической принадлежности и необходимых количественных характеристик коллекторских свойств и продуктивности. Системный подход позволяет представить изучаемую среду в виде иерархической структуры объектов, образующих сложную взаимосвязанную систему составных ее частей в геологическом пространстве. И хотя системный подход предполагает применение строгих формализованных способов и процедур, но на определенной стадии внедрения системного анализа допускается использовать суждения, основанные на личном опыте и интуиции интерпретаторов. Та-

кое положение складывалось вначале в промышленной геофизике, когда формировались алгоритмы машинного расчленения разрезов на отдельные пласты с последующей классификацией на основе ручной интерпретации. Возможны и в настоящее время ситуации, в которых из-за отсутствия некоторых качественных измерений (например, диаграмм одного из методов комплекса) в ход идет ручная интерпретация опытного специалиста.

Подобный путь внедрения системного анализа в практику интерпретации геополей в полевой геофизике предстоит пройти в ближайшие годы. И хотя некоторые процедуры (например, выделение аномалий разного порядка) формализованы, алгоритмическая интерпретация планируется пока в перспективе. Прежде всего, необходимо совершенствовать теорию и методологические основы системного анализа применительно к целевым задачам поисково-разведочных работ с поэтапным приближением к желаемому уровню. Настоящую работу следует рассматривать, как попытку авторов внести свой вклад в решение этой проблемы, которая более детально и обстоятельно освещена в [1] и частично в [2–4].

**Структура модели интерпретации геополей.** Данная модель представляет собой сложную систему из взаимодействующих элементов, совокупность которых можно условно объединить в несколько более мелких подсистем. Но это не просто набор элементов. В простейшем случае два информативных элемента (например,  $R$  и  $P$ ) в своих

соотношения могут определить третий новый информативный элемент (например,  $V$ ) в пределах одной подсистемы.

Для раскрытия смысла формируемой модели будем ориентироваться на целевые задачи поисков и разведки рудных залежей по данным гравиметрии и скважинной электро-разведки методом заряда. Например, сопоставив измеренное и определенное нормальное поле, получим аномальное поле. Часто оно в совокупности с измеренным и нормальным полем рассматривается как предмет исследований со своей подсистемой. При наличии данных нескольких методов подсистема предмета исследований включает сведения о соответствующих полях и аномалиях и может быть обозначена как  $V(\bar{v})$ . Подсистема, построенная из простых элементов, представляет категорию определенного содержания. Рассматриваемая структура процедуры моде-

ли интерпретации включает пять подсистем, которые называются по центральным категориям, определяющим их главные качества (рис. 1).

Помимо предметного начала цели  $V(\bar{v})$  в левый структурный блок входит подсистема  $A(\bar{v})$ , объединяющая объекты исследований. Они могут быть представлены в виде выделенных с помощью управляющих операторов  $P(\bar{z})$  контура аномалий от крупных неоднородностей геологического пространства, которые необходимо охарактеризовать физическими и геометрическими параметрами.

Аномальное поле является основой для декомпозиции с формированием иерархической структуры системы аномалий как на изучаемой площади, так и по уровням соотношений (конфигурации, знаку, интенсивности и другим признакам). При интерпретации обычно рассматривается система аномалий

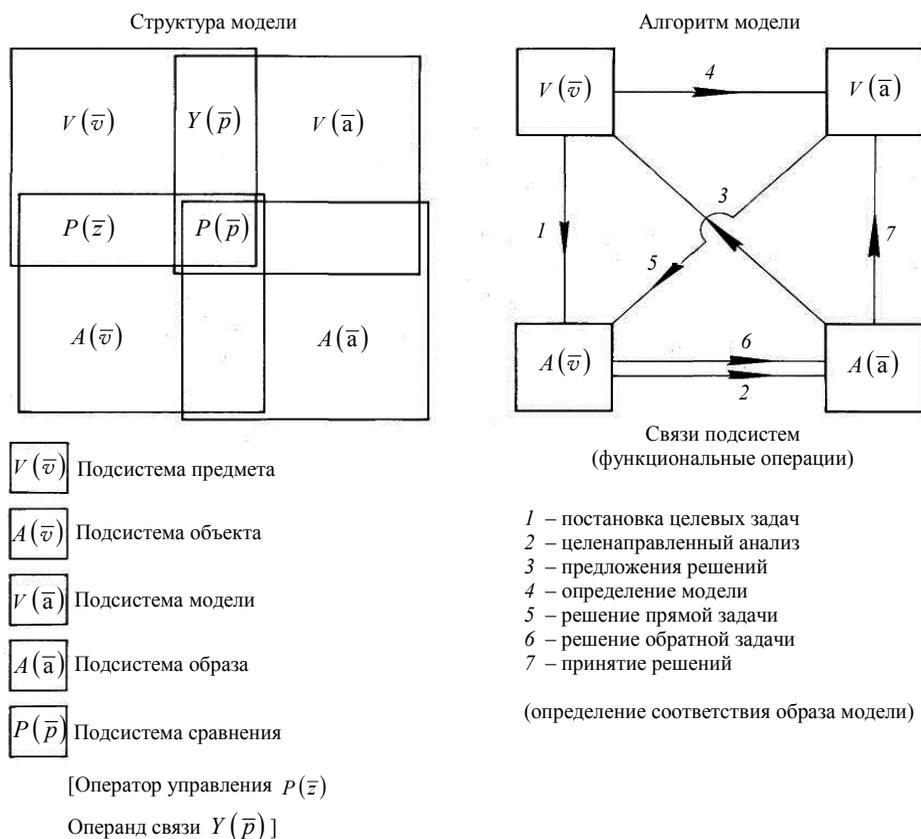


Рис. 1. Элементарная модель интерпретации геополей

в виде древовидной структуры, при которой всю совокупность аномалий можно разделить на две цепи (протяженные и локальные). Каждая из них в свою очередь имеет как минимум три подцепи (положительные, отрица-

тельные и знакопеременные) с последующим разделением по интенсивности (например, на сильные и слабые) и т. д. Задача системного анализа заключается в том, чтобы очертить границы проявления аномалий с их класси-

фикацией на несколько (например, 12) типов.

Интерпретация всегда ориентирована на выделение геологических объектов, типичных для изучаемых массивов. В рудных районах к ним относятся геологические тела различного генезиса, не затронутые околорудными процессами (тела магматических, осадочных и метаморфических пород), зоны тектонических нарушений и околорудных изменений, рудные ореолы и залежи. Эту совокупность геологических образований можно рассматривать как систему (подсистему) аномальных объектов (элементов подсистемы), способных возмущать геополя.

Необходимо иметь графические модели упомянутых объектов простейшей формы (уступ, пласт, сфероид и т. п.). Соответствующие им аномальные поля в профильном или площадном вариантах должны быть известны по результатам решения прямой задачи. Сформированная подсистема моделей, обозначаемая как  $V(\bar{a})$ , является обучающей выборкой при интерпретации выделенных аномалий. Примеры аномалиеобразующих объектов приведены в ряде монографий [5–7]. Элементы подсистемы  $V(\bar{a})$  могут формироваться в процессе интерпретации, например способом подбора.

Центральное положение в структурной модели интерпретации отводится сопоставлению теоретических моделей аномальных объектов с выделенными аномалиями и геологическими образованиями, рассматриваемыми как неоднородности изучаемой среды. Подсистема сравнения  $P(\bar{p})$  обеспечивает формирование подсистемы образов аномалиеобразующих объектов  $A(\bar{a})$ , отвечающих целевым установкам интерпретации. Правый блок структурной модели интерпретации отвечает за формирование образов объектов по характеристикам свойств вещества и полей. Так, при специализации по физическим свойствам этот блок соответствует содержанию физико-геологической модели, аппроксимирующей геологические объекты. Левый блок отвечает за изображение геологического пространства, раскрывает его организацию и упорядоченность. Он выражает формальный или неформальный поиск соответствия наблюдаемых полей избранной геологической концепции, а правый блок закрепляет его в принятом формализованном решении. Взаи-

модействие подсистем в структурной модели интерпретации отражает алгоритм этого процесса (рис. 1).

**Алгоритм системной интерпретации геополей.** Элементарный алгоритм системной интерпретации включает следующие составляющие:  $V(\bar{v})$  – предметное начало цели;  $A(\bar{v})$  – объекты исследований;  $V(\bar{a})$  – выражение предмета исследований через пространственные модели с набором характеристик свойств;  $A(\bar{a})$  – выражение образа предмета через характеристики, полученные при интерпретации геополей;  $P(\bar{p})$  – сравнение последних подсистем посредством функциональных операций, доведенных до методик применения. Рассмотрим предметно работу алгоритма.

**Постановка целевых задач (1).** Отражает конкретное познание предмета и сущность исследований, раскрывая средства и ожидаемые результаты, а также связь между ними. Ставится одна задача или же последовательный набор задач с указанием или без указания приоритета последовательности решений (например, выявление рудных тел по данным гравиметрии на основе анализа карт остаточных аномалий или оконтуривание заряженной рудной залежи с последующим картированием геологических тел в околорудном пространстве с выделением образований с признаками оруденения по электроразведочным аномалиям).

**Целенаправленный анализ (2).** Отвечает операции достижения цели. Результат может быть описан характеристиками контуров рассматриваемых аномалий геополей в сравнительном сопоставлении или функциональной связи с характеристиками геологических тел (например, на гравиметровых картах среди остаточных положительных аномалий, превышающих тройную среднеквадратическую погрешность наблюдений поля, выделяются такие, которые по форме и размерам согласно целевой установке могут рассматриваться как перспективные на связь с рудными телами; или выделение аномального поля заряженной залежи, а также за его пределами контуров аномалий различного типа, которые можно связывать с относительно крупными геологическими образованиями различной протяженности и относительной электропроводности с признаками теоретических моде-

лей геологических тел).

*Предложение решений (3).* Фиксируется уровень решения поставленной задачи по определению типов аномалиеобразующих геологических тел (решена, не решена, требует уточнения), результат выражается средствами подсистем  $A(\bar{v})$ ,  $v(\bar{a})$  (например, рассмотреть те контуры гравиметровых аномалий, которые в условных границах согласуются с целевой установкой поставленной задачи поисков рудных тел, отвечающих минимально заданным их параметрам; или определить характерные точки аномальных полей заряженного тела и других разнотипных неоднородностей в околорудном пространстве для классификации объектов по относительной электропроводности и установления их границ).

*Определение модели (4).* Этой функциональной операцией, по сути синхронной с операцией 1, производится воплощение геологической модели в специализированную по изучаемым свойствам модель  $v(\bar{a})$ . При этом 1 исходит из общеметодологических установок, а 4 согласуется с конкретной ситуацией решения поставленной задачи, связывая предпосылки решения (анализ свойств) со средствами решения и возможностями описания геологической модели характеристиками ее свойств (например, для гравиметрии – установление резкой границы оруденений при определенной избыточной плотности рудных тел, максимально возможные их размеры по вертикали и горизонтали, глубина до верхней кромки, информативность априорной модели рудных тел по принципам аналогии; или для скважинной электроразведки – представление заряженного тела сфероидом или параллелепипедом с идеальной электропроводностью. Представление границы ореола околорудных изменений – контактом между объектами с различной электропроводностью, тектонических нарушений и даек – пластами с повышенной и пониженной электропроводностями соответственно и т. п.).

*Решение прямой задачи (5).* Эта функциональная операция связывает специализированные по свойствам геологические модели с соответствующим геополем. Предполагается связывать вероятностную геологическую модель с геополем, применяя способы качественного и количественного анализа и сравне-

ния изучаемых и теоретических аномальных полей, регламентируя их соответствие целевыми установками. Могут применяться ранее установленные теоретические модели или же формируемые в процессе интерпретации (способ подбора).

*Решение обратной задачи (6).* Этой функциональной операцией анализируемые аномалии связываются с образом предмета исследований  $A(\bar{a})$  (например, рассчитывается масса образа геологической модели рудных тел по данным гравиметрии или устанавливаются признаки в электрическом поле границ геологических тел с аномальными электрическими свойствами).

*Принятие решения (7).* Эта функциональная операция проводится в итеративном режиме с применением средств решения обратной задачи и может содержать в себе альтернативные решения. Принимаемые модели образов геологических тел должны согласовываться с их теоретическими моделями и предметом исследований. Если пространственные характеристики модели и образа предмета исследований совмещаются с некоторой заранее заданной точностью, то можно говорить о принятии объективного решения (например, аномальный по плотности объект отвечает требуемым целевым характеристикам рудного тела или, напротив, его параметры не позволяют признать его промышленно ценным рудным телом; аналогичное положение может возникнуть при поисках руды при электроразведке с определением структуры рудного поля).

Элементарному представлению процесса интерпретации геополей можно придать следующее символическое и графическое (рис. 1) изображение:

$$[v(\bar{v}) \ 1 \ A(\bar{v}) \ 2, \ 6 \ A(\bar{a}) \ 3 \ v(\bar{v})] \\ 4 [v(\bar{a}) \ 5 \ A(\bar{v}) \ 2, \ 6 \ A(\bar{a}) \ 7 \ v(\bar{a})].$$

Появление процедуры 6 после 7 отражает итерационный процесс интерпретации и в конечном итоге процедура 7 является завершающей.

*Пример интерпретации.* Покажем применение рассмотренного алгоритма на примере интерпретации электрического поля заряда, помещенного в пересечение скважиной I сульфидной залежи на поисково-разведоч-

ном участке (Приполярный Урал). Исходное наблюдаемое поле в виде плана изолиний потенциала приведено на рис. 2. Для планшета имелись измерения вертикальной составляющей магнитного поля  $\Delta Z$ . Целевыми задачами интерпретации являлись получение геометрических данных о пересеченной скважиной медноколчеданной залежи и выявление на исследуемой площади других геологических тел.

Наиболее информативна интерпретация по аномальному полю. Для его определения необходимо вначале вычислить нормальное поле погруженного точечного источника тока (заряда). Наиболее просто формализуется процедура, основанная на применении статистического способа для модели вмещающей двухслойной среды (наносы и коренные породы). По нескольким (в примере по шести) радиальным профилям с началом в эпицентре

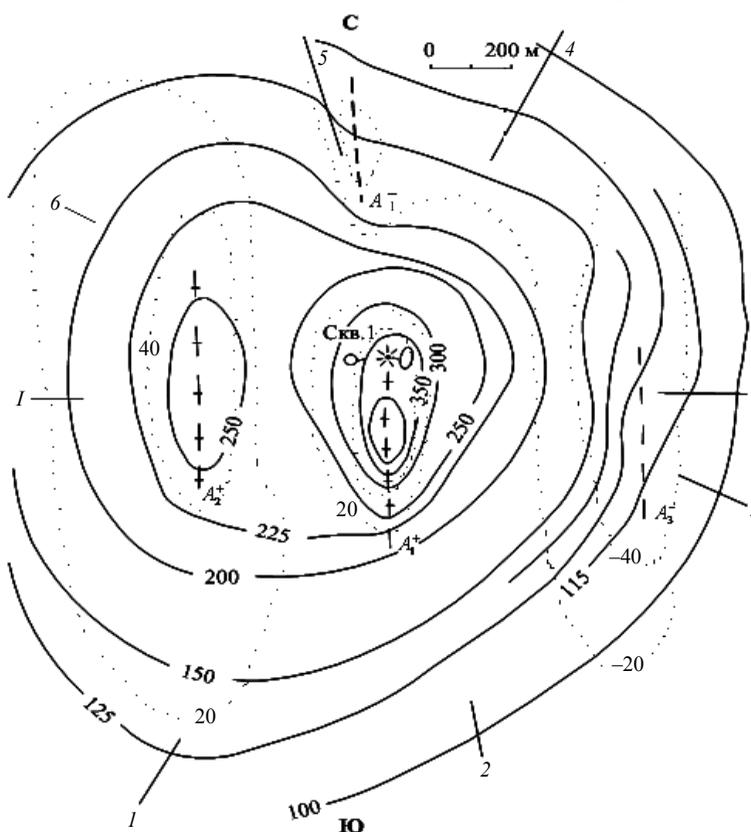


Рис. 2. План изолиний потенциала (сплошные линии) и его аномальной составляющей (пунктир), мВ, поля заряда, выполненного в пределах рудного оконтуривания скв. 1:  
 $A^+$ ,  $A^-$  – оси положительных (крестообразные линии) и отрицательных (штриховые линии) аномалий; 1–6 – радиальные профили; O – эпицентр заряда; 1–1 – линия геологического разреза

заряда O представляются кривые измеренного потенциала как зависимости от расстояния  $r$  до эпицентра и в упрощенном варианте находится их среднее значение. Осредняющая зависимость и рассматривается как функция нормального потенциала  $U_{cp} = U_0(r)$ . Пример определения нормального поля приведен на рис. 3, а. Процедура определения нормального, а затем аномального поля  $U_a$  может быть выполнена аналитически по простейшей программе. Измеренное, нормальное и аномальное электрическое поле (рис. 2) в со-

вокупности с измерениями магнитного поля рассматриваются как подсистема предмета исследований для решения целевых задач. Анализируются планы измеренного и аномального поля, а также графики этих характеристик по отдельным профилям.

Целенаправленный анализ полей заключался в определении контура аномалий и их типизации для индивидуальной интерпретации с учетом наложения возмущений от нескольких объектов. Наиболее надежно задача решается по аномальному электрическому

полю, хотя признаки влияния отдельных неоднородностей заметны и на плане изолиний измеренного потенциала (рис. 2). По изолиниям потенциала этих составляющих поля видно, что отчетливо проявляются 4 аномальных объекта ( $A_1 - A_4$ ). Оси связанных с ними аномалий имеют меридиональное простира-

ние и частично показаны на рис. 2. График аномального потенциала по центральному широтному профилю  $I-I$ , на котором аномалии имеют наибольшую интенсивность, приведен на рис. 3, б.

Локальная положительная аномалия  $A_1^+$  отражает влияние самого заряженного тела.

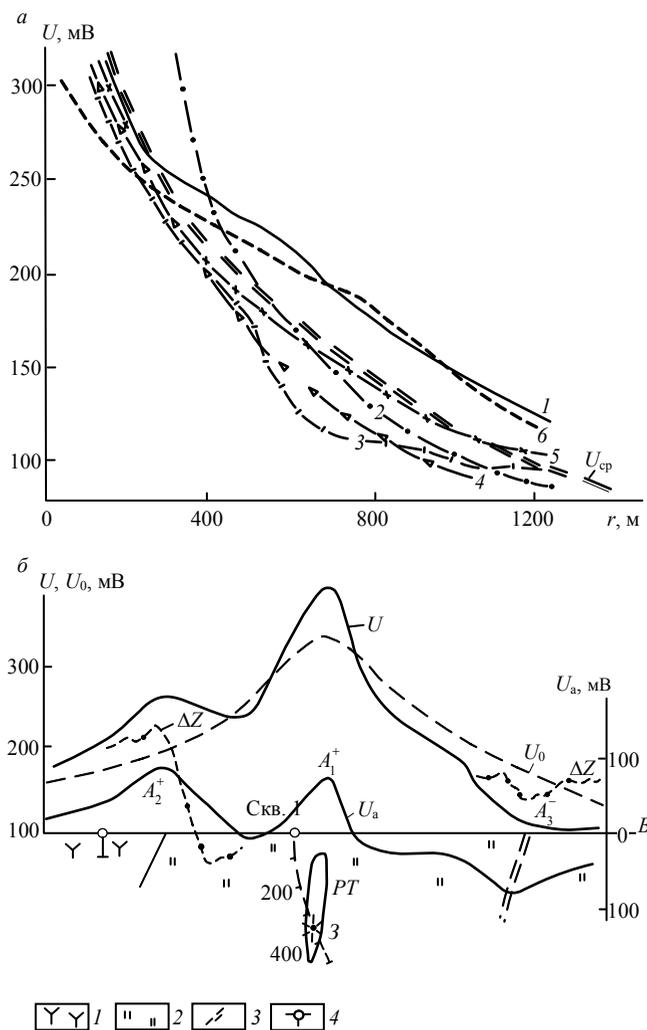


Рис. 3. Результаты обработки и интерпретации поля заряда в скважину 1 (исходные данные на рис. 2):

$a$  – графики потенциала по системе радиальных профилей и осредняющая их кривая  $U_{cp}$ ;  $b$  – графики измеренного  $U$ , нормального  $U_0$  и аномального  $U_a$  потенциала; фрагменты измерений магнитного поля  $\Delta Z$  и геологический разрез по профилю  $I-I$ ; 1 – субвулканические липарито-дациты; 2 – гидротермально измененные породы; 3 – разрывное нарушение; 4 – скважины;  $PT$  – рудное тело

Аномалии  $A_2^+$  и  $A_3^-$  относятся к протяженным и на аномальном поле заметны по всей длине планшета съемки. Оси соответствуют участкам наиболее интенсивного проявления аномалий. Локальная аномалия  $A_4^-$  находится на северном продолжении аномалии  $A_1^+$ .

Предложение решений относительно интерпретации отмеченных аномалий основано

на обращении к типовым аномалиям для моделей различных геометрически правильных тел с аномальными электрическими свойствами (заряженные в различные точки проводники разнообразной формы, контакты, пласти, незаряженные проводники и т. п.) [7]. Типовые аномалии изучены путем решения прямой задачи аналитическими способами

или путем физического моделирования.

Принятие решения относительно аномалии  $A_1^+$  сводится к получению информации о пространственном положении заряженного тела. По виду аномального поля с локальными экстремумами на линии меридиана тело имеет субвертикальное падение и меридиональное простирание со склонением на север (южный экстремум имеет значения выше, чем северный). Экстремумы соответствуют проекциям выклинок рудной залежи, длина ее около 600 м. Большая часть рудного вещества расположена выше заряда (об этом свидетельствует положительное аномальное поле над эпицентром заряда (см. рис. 3, б).

Аномалия  $A_2^+$  связывается с влиянием контакта (с наклоном на запад) среды более высокого удельного сопротивления, чем среда с заряженным телом. Превышение приблизительно в 6 раз (согласно теории оно равно  $(1 + K)/(1 - K)$ ), а над контактом  $K = U_a / U_0$ ). По всем признакам этот контакт является границей субмеридиональной зоны гидротермально измененных пород, встреченных скважиной 1, с субвулканическим массивом (данные картировочной скважины). Это решение подкрепляется аномалией магнитного поля, типичной для контакта. Над осветленными околорудными породами с признаками выщелачивания темноцветных минералов наблюдается отрицательная ветвь аномалии  $\Delta Z$ .

Аналогичным образом принимаются решения относительно аномалий  $A_3^-$  и  $A_4^-$ . Первая из них связывается с протяженным тектоническим нарушением пластообразной формы (подтверждается отрицательной аномалией  $\Delta Z$ ), а вторая – с началом зоны повышенной электро-

проводности, изолированной от заряженного тела и уходящей на север за пределы планшета съемки. Впоследствии в пределах  $A_4^-$  установлена повышенная сульфидизация пород.

Таким образом, в интерпретации геополей сложились методологические установки, в систематике которых применяются качественные и количественные способы с теоретическими основами, заложенными в методах сравнения и аналогии, в решениях уравнений математической физики, в статистических обобщениях и в вероятностных сопоставлениях структуры геополей и вещественных неоднородностей. Последние объекты отражаются в априорных и апостериорных концептуальных моделях при решении прямых и обратных задач с двувальтернативной и многоальтернативной постановками и решениями.

При описании моделей полей и вещественных неоднородностей по отдельным свойствам, комплексам и комбинациям свойств целесообразно использовать однотипные геометрические характеристики, определяющие пространственное положение и структуру геологических тел и соответствующих им контуров полей. Весь же процесс геологической интерпретации следует привести в системно-единообразный вид, отраженный алгоритмом интерпретации геополей, применение которого реализуется в организации процесса формализованного решения частных задач и структурировании изучаемой геологической системы. Ближайшей проблемой является разработка машинных способов определения по аномальным геополям границ геологических объектов, нарушающих условно однородную вмещающую среду.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов А. М. Система изучения геополей при поисках колчеданных месторождений на Южном Урале: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГИ, 1992. 42 с.
2. Виноградов А. М. О признаках упорядоченности геополей при изучении структуры геологических тел // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 10. С. 45–53.
3. Виноградов А. М. К методике оценки информативности геологических тел // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 5. С. 90–98.
4. Виноградов А. М., Сапожников В. М. О методологических установках интерпретации геополей // Изв. УГГУ. 2013. № 2 (30). С. 5–14.
5. Виноградов А. М. Геополья и колчеданы Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН. 2004. 185 с.
6. Сапожников В. М. Комплексование геофизических полей: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 76 с.
7. Электроразведка рудных полей методом заряда / М. В. Семенов [и др.]. Л.: Недра, 1984. 216 с.

Поступила в редакцию 4 декабря 2013 г.

**Виноградов Альберт Михайлович** – профессор кафедры геофизики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

**Сапожников Вадим Михайлович** – профессор кафедры геофизики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: elrswm@ursmu.ru

## РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОБЪЕДИНЕНИИ СМЕЖНЫХ СЪЕМОК

Курашов И. А., Бондарев В. И., Крылатков С. М.

В работе рассмотрены вопросы повышения качества сейсмических изображений при их построении на основе нескольких сейсмических съемок, выполненных с различными значениями параметров системы наблюдения. Предлагается способ повышения кратности суммирования и плотности изображения сейсмических трасс при такой обработке данных. Приведен пример применения такого способа для одной из площадей на территории Западной Сибири. Показана возможность регуляризации данных с повышением отношения сигнал/помеха, улучшением прослеживания целевых отражающих горизонтов и формированием единой координатной сети для сейсмических трасс, полученных в ходе разных съемок.

**Ключевые слова:** обработка данных; сейсмические изображения; отражающий горизонт; кратность суммирования; плотность трасс; отношение сигнал/помеха; интерполяция данных; объединение сейсмических съемок.

В последнее время при исследовании перспективных ловушек углеводородов в регионах, изучение которых сейсморазведочными работами выполняется довольно долго, часто возникает необходимость привлечения данных, полученных на той же или смежной территории ранее. При этом результаты сейсморазведочных работ, выполненных в разное время, могут значительно варьироваться из-за различий в используемых системах наблюдения (системы типа «крест», «кирпичная кладка» и др.) и значениях их параметров (кратность перекрытия, расстояние между линиями приема и возбуждения, интервалы между пунктами на них и пр.). Все это обуславливает объективную сложность слияния данных, полученных при использовании разных систем наблюдения. Необходимо приводить весь полученный набор сейсмических записей к единой координатной сети, выравнивать кратность суммирования и плотность изображения сейсмических трасс в области сочленения площадей, повышать отношение сигнал/помеха. Основным вариантом решения данной задачи в настоящее время является использование различных методов интерполяции сейсмических трасс. Новые синтетические трассы при этом получают на основе усреднения ряда параметров, таких как координаты точек возбуждения (ПВ) и приема сигнала (ПП), удаления источник-приемник, азимута такой пары и времени регистрации. Чаще всего выбирается совокупность пяти параметров, так, что остальные могут быть

вычислены на их основе. Например, время регистрации и координаты ПВ и ПП или координаты средней точки, а также азимут и удаление ПВ–ПП. Подобные способы регуляризации данных получили название *5D интерполяции* [1].

Вместе с тем очевидно, что интерполяция сейсмических трасс по своей сути является чисто математической операцией. Поэтому в ходе решения поставленной задачи представляется целесообразным рассматривать также процедуры, основанные на физических свойствах распространения сейсмических волн в геологической среде. В качестве таких процедур могут служить некоторые виды дифракционных преобразований, так как используемый в их основе подход делает правомочным отнесение наблюдаемой сейсмической трассы не только к средней точке между источником и приемником, но и к большой области равновероятных точек положения источников сигнала в ее окрестности. Ниже описываются теоретические основы и один из примеров применения такого подхода.

Предлагаемый в работе алгоритм обработки данных базируется на множественном пересчете наблюдаемых трасс каждой сейсмограммы общей точки возбуждения (ОТВ) на группы точек предварительно заданной сети расчетных бинов. Данный подход [2, 3] основан на том, что в случае изучения источников дифрагированных волн их положение по зарегистрированному сигналу не может быть определено однозначно. Тем не менее,

обычно наблюдаемую трассу относили к средней точке между источником и приемником, как к наиболее вероятному положению сейсмической неоднородности, а полученные в результате такого подхода смещения устраняли при помощи специальных миграционных процедур, поправок за угол наклона и пр. [4]. При этом на основе дифракционных преобразований [5] становится возможным уйти от этого исходного противоречия, переместив исходный сигнал на область вероятных положений его источника, которая представляет собой криволинейную поверхность. Такой процесс будет осуществляться последовательным многократным переносом сейсмических трасс на точки с заданными координатами, с одновременным вводом специальной кинематической поправки, определяемой геометрией (координата источника, приемника и текущей расчетной точки), временем регистрации и скоростной моделью среды. При постоянной скорости сейсмических волн в среде такая кинематическая поправка примет следующий вид:

$$\Delta t(x_D, y_D, t_0) = \sqrt{\frac{R_1^2}{V(t_0)^2} + \frac{1}{4}t_0^2} + \sqrt{\frac{R_2^2}{V(t_0)^2} + \frac{1}{4}t_0^2},$$

где  $R_1 = \sqrt{(x_D - x_{ПВ})^2 + (y_D - y_{ПВ})^2}$ ;  $R_2 = \sqrt{(x_{ПП} - x_D)^2 + (y_{ПП} - y_D)^2}$ ;  $x_{ПВ}, y_{ПВ}, x_{ПП}, y_{ПП}$ ;  $x_D, y_D$  – координаты на плоскости наблюдений соответственно пункта возбуждения, пункта приема и центра бина, в который трансформируется каждая наблюдаемая сейсмотрасса. Участок координатной сети, в центры бинов которого трансформируется одна и та же наблюдаемая трасса, получил в рамках описываемой технологии обработки данных название *большого бина* (ББ), а его характеристики – положение, размер и пр., по сути являются управляющими параметрами процедуры преобразования волнового поля и отражают физико-геологический смысл получаемого итогового изображения среды. В конечном счете, преобразование множества наблюдаемых трасс позволит для каждого из расчетных бинов создать значительную по объему совокупность новых сейсмических трасс, суммирование которых и позволит получить итоговое сейсмическое изображение геологического разреза. Результатом такой обработки

данных становится многократное увеличение плотности сейсмотрасс на единицу площади.

Одним из главных преимуществ предлагаемого способа построения изображений является возможность повышения кратности суммирования сейсмических трасс при формировании итоговых разрезов, а также густоты их построения. В данном аспекте можно провести аналогию с методом Multifocusing [6], где также появляется подобная возможность за счет использования при построении изображений наблюдаемых трасс в окрестности средней точки. Пересчет исходных трасс сейсмограмм ОТВ на область большого бина позволяет увеличивать кратность суммирования, что дает возможность получать изображения, несущие в себе новую информацию для геологической и геофизической интерпретации сейсмических материалов. В конечном счете, кратность суммирования сейсмических трасс для профильных работ может быть увеличена на порядок, а в случае площадных наблюдений – и на два порядка, по сравнению с кратностью перекрытия, определяемой технологией полевых работ. При этом важно отметить, что размер элементарной расчетной ячейки площади – бина – не будет оказывать влияния на значение получаемой кратности суммирования итогового изображения, а значит появляется возможность уменьшать его размер, для того чтобы получать более детальные по горизонтали сейсмические изображения геологической среды. С помощью такого подхода к обработке данных также могут быть решены многочисленные технические проблемы сейсмических съемок, связанные с их стыковкой, «пробелами» на карте кратности или низким качеством полевых материалов.

Вообще, для понимания принципа работы описываемого способа важно понимать, что используемый размер большого бина прямо пропорционально влияет на количество суммируемых сейсмических трасс, получаемых для каждой из точек изображения. Поэтому в дальнейшем сам параметр кратности суммирования будет рассматриваться не сам по себе, а через призму размера ББ. Так, при системе наблюдения с расстоянием между средними точками, по профилю равным 25 м, и ББ размером 250 м мы получаем увеличение кратности суммирования в 10 раз на каждой

из суммотрасс итогового изображения по сравнению с кратностью перекрытия. Необходимо понимать, что данные понятия кратности связаны между собой, но далеко не тождественны, так как фундаментально отличаются наличием или отсутствием полного набора независимых физических наблюдений в своей основе.

Опробование метода на синтетических данных показало, что даже использование относительно небольшого ББ размером 300 м позволяет, в дополнение к вышесказанному, почти полностью устранить эффект сейсмического сноса для отражающих границ с небольшими углами наклона (до 20–25°), т. е. частичного миграционного эффекта, который может быть получен с малыми базами пересчета (размерами ББ), достаточного для восстановления истинного положения объектов на сейсмическом разрезе. Естественно, что при наличии в разрезе крутонаклоненных отражающих границ для их правильного изображения на геологическом разрезе

необходимо включать в граф обработки один из вариантов стандартных процедур миграционных преобразований, способных адекватно работать при наличии больших углов наклона. Другой важный вывод, который был сделан после апробации способа на математических моделях, заключается в том, что при использовании типичной системы наблюдений и частоты сигнала в рамках метода не представляется возможным разделение объектов, расположенных на малых расстояниях друг от друга по горизонтали. Потому, даже обладая возможностью размещать точки изображения по произвольно густой сети, используемый ниже интервал построения итоговых трасс (10 м) является предельным значением бинирования сейсмического профиля для стандартных систем наблюдения, за исключением современных высокоплотных, высокочастотных сейсмических съемок [7], где возможность увеличения густоты сети расчетных точек может быть использована

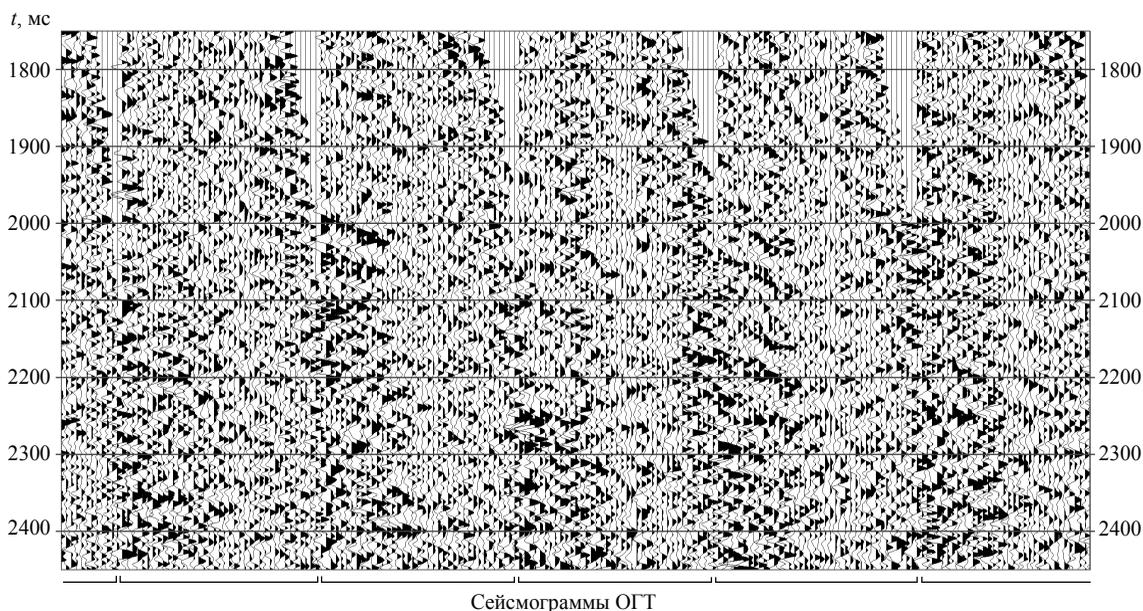


Рис. 1. Вид сейсмограмм ОГТ, полностью подготовленных для ввода кинематических поправок и суммирования

для меньших значений размера элементарной ячейки формируемого изображения.

Реализация полученных алгоритмов рассмотрена на примере построения объединенного сейсмического изображения на одной из перспективных площадей Западной Сибири. В данном случае возникла необходимость объединения двух сейсмических съемок,

выполненных в разные годы с кратностями перекрытия 40 и 24. Оба набора данных характеризуются довольно низким отношением сигнал/помеха. Цель обработки – повышение качества изображения нижнемеловых и верхнеюрских отложений для повышения эффективности геофизической интерпретации материалов. На рис. 1 показан характерный вид

сейсмограмм общей глубинной точки (ОГТ), полностью подготовленных для ввода кинематических поправок и суммирования. Видно, что годографы отраженных волн на записях плохо прослеживаются, в том числе и для целевых горизонтов. Такое низкое отношение сигнал/помеха обуславливает необходимость использовать дополнительные технические средства обработки данных, которые позволили бы повысить качество итогового сейсмического изображения, по сравнению с результатами традиционного суммирования симметричных выборок источник-приемник для каждой из средних точек.

Представленный набор сейсмограмм был обработан по описанной технологии с применением большого бина с диаметром от 50 до 500 м. Его центр был привязан к средней точке между источником и приемником. Такое положение наиболее близко к традиционной обработке и позволяет ориентироваться, главным образом, на зеркально-отраженные волны и субгоризонтальные отражающие объекты в геологической среде, их породившие. Несложно показать, что при сведении диаметра большого бина до половины расстояния между пунктами приема сейсмической съемки мы получим в итоге результат,

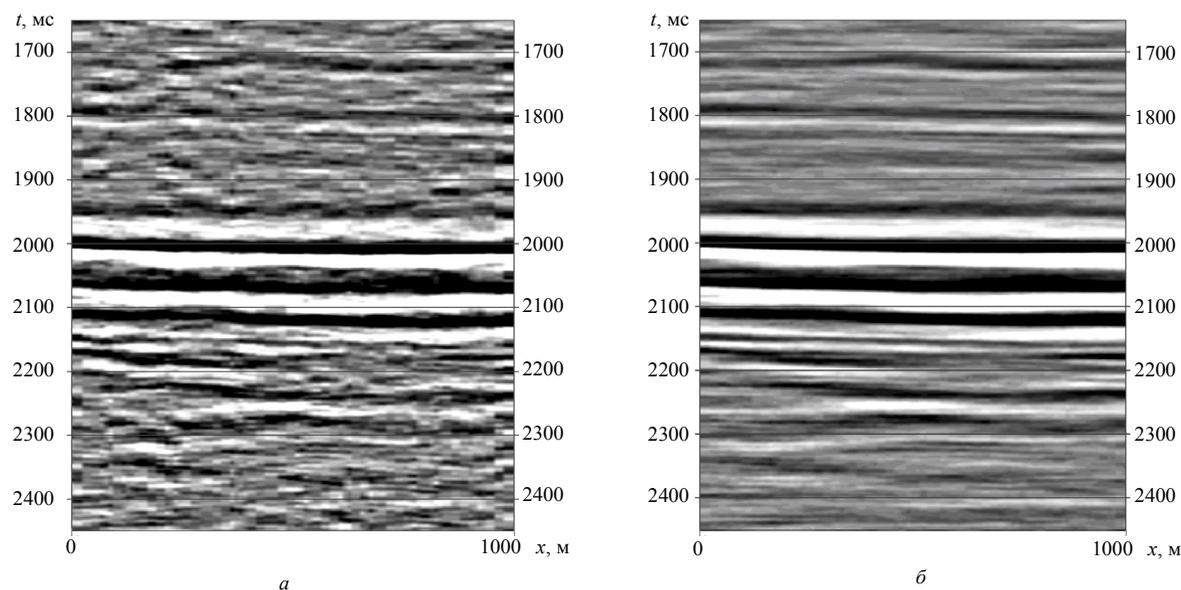


Рис. 2. Фрагмент временного разреза ОГТ в области соединения данных разных сейсмических съемок: *a* – полученный путем стандартной обработки; *б* – результат обработки по описанному способу с применением большого бина с центром в средней точке и диаметром 300 м

эквивалентный стандартной технологии обработки в методе ОГТ. Следует отметить, что другие типы волн, например, дифрагированные от крупных дизъюнктивных нарушений в геологической среде, также будут прослеживаться на записи, но при этом они будут в значительной степени маскироваться более интенсивными волнами от регулярных отражений. Дополнительно, в ходе процедуры построения итогового разреза, точки изображения геологической среды, расположенные изначально на трех линейных группах точек ОГТ, были трансформированы в одну равномерную линейную группу с шагом в 10 м. После преобразования исходных данных итоговая кратность суммирования трасс для

различных частей полученных разрезов различается уже не так значительно, как для разреза ОГТ. Так, например, средняя кратность суммирования составляет 200 для большого бина размером 300 м. Фрагмент полученного разреза приведен выше на рис. 2 в сравнении с изображением, полученным по традиционной технологии суммирования сейсмических трасс, где кратность суммирования варьируется от 24 до 40, то есть строго в пределах кратности перекрытия полевых наблюдений. Оба изображения получены по идентичному графу обработки и с одинаковой моделью распределения скоростей в среде, за исключением способа ввода кинематических поправок и суммирования трасс, которые во втором

случае были изменены в сторону получения изображений по технологии большого бина.

В целом, применительно к данной ситуации, использование технологии большого бина при обработке примерно соответствует использованию миграционных преобразований до суммирования – миграции Кирхгофа с ограниченной апертурой или миграции в области первой зоны Френеля [8]. Общим фактором является довольно сильный эффект пространственной фильтрации, что проявляется в некотором сглаживании итоговых изображений по латерали. Тот же результат может быть получен и в ходе интерполяции данных. Исследования показали, что для построения отражающих горизонтов в данном интервале времен оптимальный размер большого бина – 200-300 м. Такая область пересчета уже позволяет существенно повысить кратность суммирования трасс для каждой из точек изображения, а, следовательно, повысить отношение сигнал/помеха. Вместе с тем она не оказывает сильного негативного влияния на степень информативности итогового сейсмического разреза по горизонтали. В то же время, возможность произвольного расположения точек изображения среды на площади наблюдений, не привязанная к симметричным выборкам источник-приемник [9], позволяет сформировать сейсмический

разрез по специально заданной расчетной сети, то есть произвести бинирование с заданной плотностью, практически отсоединив данный параметр от значения параметров используемой в ходе полевых работ системы наблюдения.

В результате обработки материалов по предложенному способу была получена группа новых временных разрезов, использование которых, наряду с традиционными изображениями ОГТ, позволит повысить общую информативность сейсмических материалов. При использовании описанного способа удалось значительно снизить уровень шума на итоговых записях за счет существенного повышения кратности суммирования, повысить качество прослеживания основных отражающих границ, а также сформировать единую линию регулярно расположенных по профилю точек изображения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что предлагаемый способ анализа данных может служить еще одним полезным инструментом при обработке сейсмических материалов, полученных по методу многократных перекрытий, осложненных низким качеством исходных материалов и/или необходимостью формирования сейсмических изображений геологического разреза по неоднородной совокупности данных, приуроченных к разным полевым наблюдениям.

*Приведенные в статье исследования выполнены в рамках НИР «Исследование структуры сейсмических волновых полей и установление ее взаимосвязи со свойствами изучаемой геологической среды» (№ 01201156174), проводимых по заданию и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 5D interpolation to improve AVO and AVAz: a quantitative case history / J. Downton [et al.] // Canadian journal of exploration geophysics. 2012. Vol. 37, no. 1. pp. 8–17.
2. Бондарев В. И., Крылатков С. М., Курашов И. А. Анализ сейсмических волновых полей в задачах сейсморазведки // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 3. С. 146–153.
3. Бондарев В. И., Крылатков С. М., Курашов И. А. Технология обработки сейсмических данных на основе анализа дифракционной составляющей волнового поля // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. URL: [www.science-education.ru/101-5605](http://www.science-education.ru/101-5605) (дата обращения: 18.02.2014).
4. Козлов Е. А. Модели среды в разведочной сейсмологии. Тверь: Изд-во ГЕРС, 2006. 480 с.
5. Тимошин Ю. В. Основы дифракционного преобразования сейсмических записей. М.: Недра, 1972. 264 с.
6. Gelchinsky V. Multifocusing homeomorphic imaging. Part 1. Basic concepts and formulas / V. Gelchinsky, A. Berkovitch, S. Keydar // Journal of applied geophysics. 1999. Vol. 42, no. 3–4. pp. 229–242.
7. Череповский А. В. Сейсморазведка с одиночными приемниками и источниками: обзор современных технологий и проектирование съемок / А. В. Череповский. Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2012. 134 с.
8. Buske, S., Gutjahr S., Sick C. Fresnel volume migration of single-component seismic data // Geophysics. 2009. Vol. 74, no. 66. pp. WCA47–WCA55.
9. Landa E. Beyond conventional seismic imaging. EAGE Publications bv, 2007. 94 p.

Поступила в редакцию 18 февраля 2014 г.

**Курашов Иван Александрович** – инженер кафедры геофизики нефти и газа. 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: [ivan.kurashov@m.ursmu.ru](mailto:ivan.kurashov@m.ursmu.ru)

**Бондарев Владимир Иванович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геофизики нефти и газа. 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: [vladimir.bondarev@m.ursmu.ru](mailto:vladimir.bondarev@m.ursmu.ru)

**Крылатков Сергей Михайлович**, кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики нефти и газа. 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: [sergey.krylatkov@m.ursmu.ru](mailto:sergey.krylatkov@m.ursmu.ru)

УДК 623.72

## МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОНОФАЗ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В. Я. Потапов, В. В. Потапов, Л. А. Семериков

Изложены методики и уравнения для определения коэффициентов трения и восстановления асбестосодержащих, слюдосодержащих и углесодержащих продуктов. Представлены графические зависимости изменения коэффициентов от крупности исследуемого материала. Практической значимостью работы является определение коэффициента трения качения асбестугольсодержащих продуктов.

**Ключевые слова:** коэффициенты трения, восстановления, качения; математические и регрессионные уравнения; асбест; уголь; слюда и вмещающие породы.

В работе [1] приведены результаты исследований по определению рациональных режимных параметров аппаратов для обогащения асбеста. Однако не определены такие физические константы, как коэффициенты статического и кинетического трения монофаз, хотя они оказывают существенное влияние на эффективность процесса разделения. Приведенные коэффициенты трения асбеста и породы по стали требуют уточнения, так как они определялись без учета крупности кусков, их формы и типов руд.

Для определения коэффициентов статического и кинетического трения использована известная методика [2–6], заключающаяся в первом случае в плавном увеличении угла наклона плоскости с расположенными на ней изучаемыми частицами и фиксации угла наклона при начале движения частиц, а во втором – в установке наклонной плоскости под углом, превышающем угол трения покоя на 2–3°, и измерении времени прохождения частицей участка плоскости фиксированной длины.

Статический коэффициент трения  $f_{\text{ст}}$  есть тангенс угла наклона, при котором начинается движение частицы по плоскости.

Кинетический коэффициент трения  $f_{\text{ск}}$  рассчитывался по известной формуле:

$$f_{\text{ск}} = \operatorname{tg} \alpha - (2S/gt^2 \cos \alpha),$$

где  $\alpha$  – угол наклона плоскости, град;  $S$  – длина участка, м;  $g$  – ускорение свободного па-

дения, м/с<sup>2</sup>;  $t$  – время прохождения частицей участка  $S$ , с.

Выбор материалов покрытия для исследований определялся по следующим критериям: наибольшее различие в коэффициентах трения и относительно низкая стоимость. Результаты эксперимента приведены на рис. 1, 2.

Регрессионная зависимость кинетического коэффициента трения породных частиц кубической и неопределенной формы по стали (см. рис. 1) имеет вид:  $f_{\text{ск}} = 0,45 \exp(-0,05d)$  с корреляционным отношением 0,9, а частиц лещадной формы  $f_{\text{ск}} = 0,56 \exp(-0,05d)$  с корреляционным отношением 0,79.

Из рис. 1 видно, что с увеличением крупности частиц уменьшаются статический и кинетический коэффициенты трения, а коэффициенты трения у асбеста и породы по стали меньше, чем по резине.

Установлено, что кинетический коэффициент трения частиц одинаковой крупности, который определяет процесс разделения, на 15...35 % меньше статического коэффициента трения. Различие в кинетических коэффициентах трения распушенного волокна и породы на стальной поверхности составляет 0,35...0,4; на поверхности, покрытой резиной, – 0,4...0,42. В то же время разница в кинетических коэффициентах трения частиц нераспушенного асбеста и породных на стальной поверхности составляет 0,03...0,12; на поверхности, покрытой резиной, – 0,01...0,05.

Из этого следует, что распушенное волокно целесообразно выделять на поверхности, покрытой резиной, а отделение частиц нераспушенного асбеста от породных – на стальной поверхности.

С увеличением крупности разница в коэффициентах трения частиц монофаз снижается. Это можно объяснить тем, что рост крупности частиц снижает их однородность по составу и форме и, как следствие этого, – разницу в коэф-

фициентах трения.

Наибольшей величиной коэффициентов трения обладает распушенный асбест, далее следует нераспушенный асбест и породные частицы.

На рис. 2, 3 приведены результаты эксперимента по определению кинетического коэффициентов трения для частиц различной крупности для разного типа асбестосодержащих руд (мелкая сетка, крупная сетка,

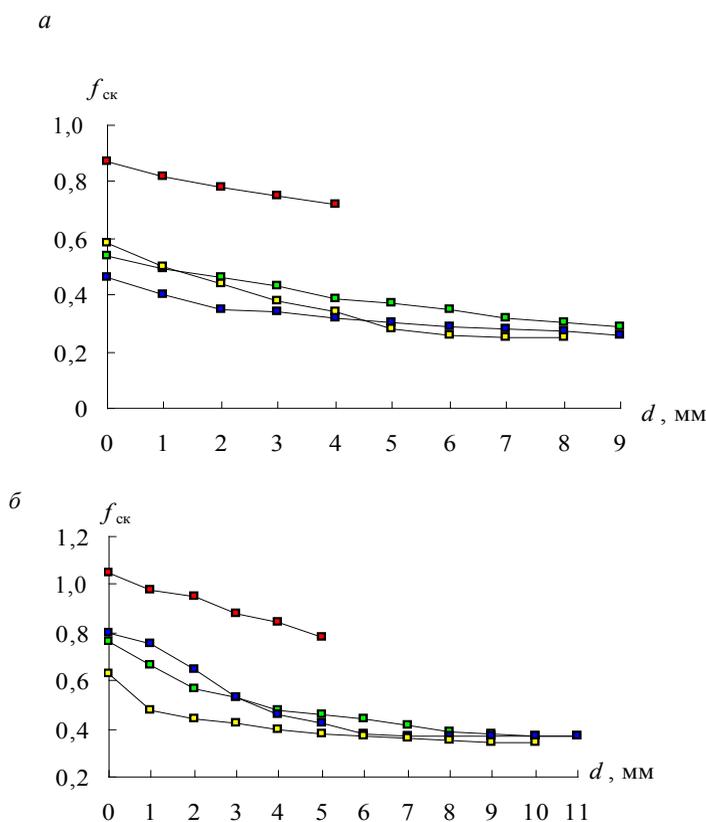


Рис. 1. Зависимость кинетического коэффициента трения  $f_{ск}$  от крупности частиц  $d$  по:  
*a* – стали; *б* – резине:  
 1 – распушенный асбест; 2 – нераспушенный асбест; 3 – породные частицы кубической или неопределенной формы; 4 – породные фракции лещадной или игольчатой формы

отороченный жилы) по стали и резине, а так же по поверхности, выполненной из асбестового волокна и сеток с различным диаметром. Данные типы руд представлены офитом, серпентинитом, перидотитом, асбестом.

Результаты эксперимента показали, что раздельная переработка этих типов асбестосодержащих руд в цехах обогащения не отразится на технологических показателях выделения бедных фракций с использованием различия в коэффициентах трения.

Аналогичные исследования были проведены для слюдосодержащих сланцев, состоящих из слюды, кварца и граната [4–5]. Характерной особенностью этой руды является незначительная разница в плотности слюды и кварца и резкое различие в форме зерен слюды, кварца и граната. В процессе подготовки руды к разделению слюда выделяется в виде частиц пластинчатой формы, кварц и гранат – в виде округлых зерен. Коэффициенты трения зерен кварца, граната

и слюды оценивались экспериментально на нескольких диапазонах крупности зерен на наклонной полке с различным покрытием. В

каждом опыте брались от 100 до 200 частиц. Оценивались средние значения углов наклона и коэффициентов трения. Количество парал-

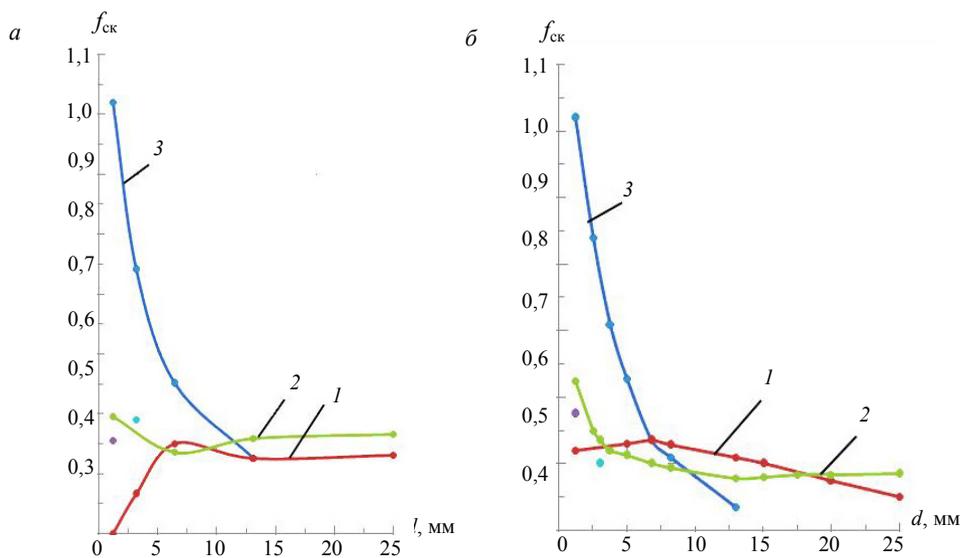


Рис. 2. Зависимость кинетического коэффициента трения от крупности частиц (мелкая сетка):

*a* – по стали:

1 – серпентинит; 2 – перидотит; 3 – асбест;

*б* – по резине:

1 – перидотит; 2 – серпентинит; 3 – асбест

лельных опытов – от 6 до 10 в каждом случае. В качестве покрытия исследовались сталь, линолеум, резина, дерево, стекло, алюминий.

Результаты определения коэффициентов кинетического трения и коэффициентов трения покоя для слюдосодержащих сланцев приве-

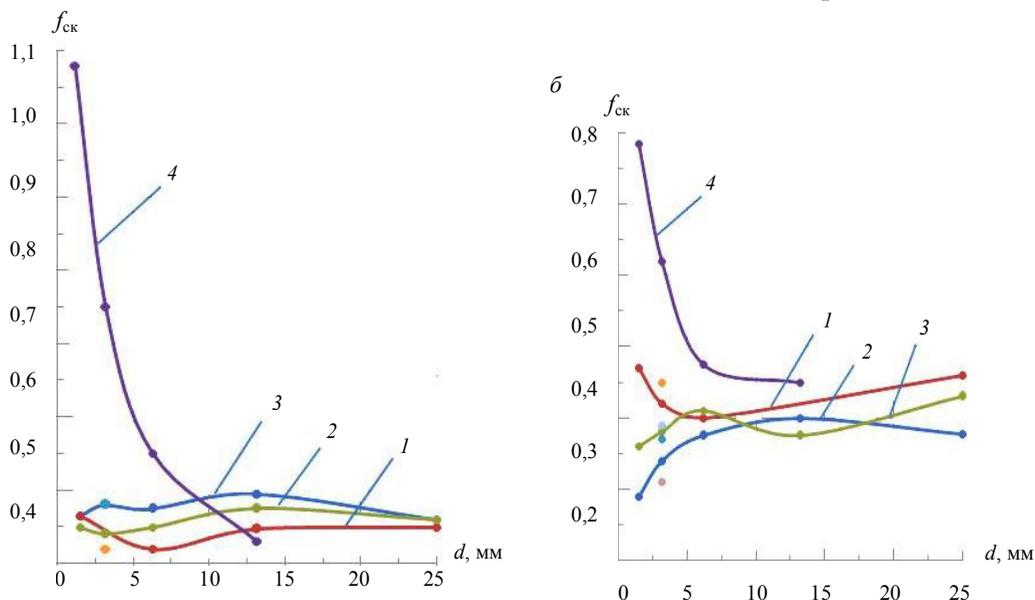


Рис. 3. Зависимость кинетического коэффициента трения от крупности частиц (крупная сетка, отороченные жилы):

*a* – по резине:

1 – офит; 2 – серпентинит; 3 – перидотит; 4 – асбест

*б* – по стали:

1 – офит; 2 – серпентинит; 3 – перидотит; 4 – асбест

дены на рис. 4–7.

На коэффициент трения существенное

влияние оказывают характер покрытия полки, а также крупность, плотность и форма

минеральных зерен. С уменьшением размера частиц коэффициент трения возрастает, особенно для слюды, в меньшей степени – для

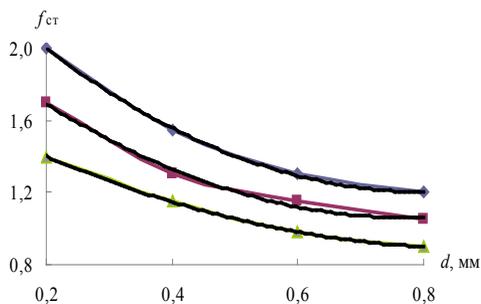


Рис. 4. Зависимость статического коэффициента трения от крупности частиц слюды:  
 — резина;  $y = 2,187x^2 - 3,512x + 2,612$ ,  $R^2 = 0,999$   
 — линолеум;  $y = 1,062x^2 - 1,897x + 1,737$ ,  $R^2 = 1$   
 — сталь;  $y = 1,875x^2 - 2,925x + 2,2$ ,  $R^2 = 0,991$

кварца и граната. Наибольшее различие в коэффициентах трения разделяемых компонентов достигается при резиновом покрытии полки.

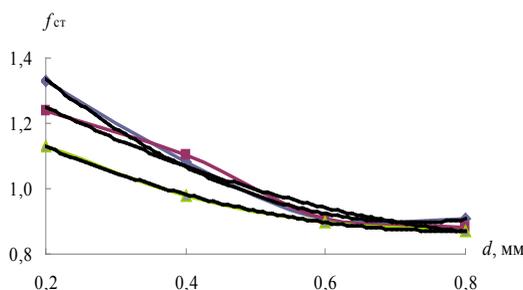


Рис. 5. Зависимость статического коэффициента трения от крупности частиц кварца:  
 — резина;  $y = 1,562x^2 - 2,277x + 1,727$ ,  $R^2 = 0,996$   
 — линолеум;  $y = 0,687x^2 - 1,322x + 1,487$ ,  $R^2 = 0,974$   
 — сталь;  $y = 0,75x^2 - 1,18x + 1,335$ ,  $R^2 = 0,999$

Результаты опытов по определению упругих свойств угленосных формаций приведены на рис. 8, 9.

В результате исследований установлено, что форма частиц не оказывает влияния на коэффициенты трения только для крупных классов. С уменьшением крупности частиц для лещадных форм коэффициент трения увеличивается, а для кубических – уменьшается. Характер такого проявления связан с тем, что кубовидные частицы мелких фракций приближаются к шаровой форме и легче скатываются с поверхности. Лещадные частицы имеют больший контакт с поверхностью, поэтому замедляют свое движение.

Для количественной оценки упругих свойств частиц горной породы в настоящее время пользуются методикой, основанной на исследованиях Н. К. Тимченко [6]. Согласно

этой методике, угол отражения  $\beta$  определяется экспериментально на установке, позволяющей изменять угол наклона плоскости, о которую происходит удар частицы. Автор методики полагает, что угол отражения  $\beta$  до-

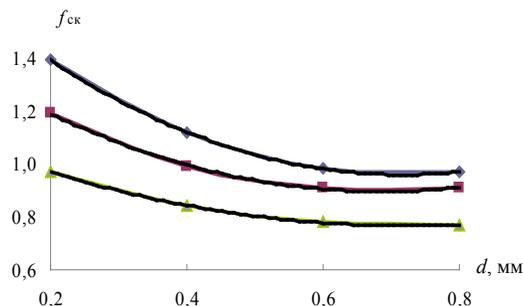


Рис. 6. Зависимость кинетического коэффициента трения от крупности частиц слюды:  
 — резина;  $y = 1,625x^2 - 2,325x + 1,79$ ,  $R^2 = 1$   
 — линолеум;  $y = 1,25x^2 - 1,71x + 1,48$ ,  $R^2 = 0,998$   
 — сталь;  $y = 0,75x^2 - 1,08x + 1,155$ ,  $R^2 = 0,999$

полняет угол падения  $\alpha$  до  $45^\circ$  для опыта, в котором отразившаяся частица падает на максимальном удалении по горизонтали от точки удара. В этом случае, утверждается в статье, свободный полет частицы начинается со скоростью  $v$ , направленной под углом  $45^\circ$  к горизонтали. Условия опыта таковы:

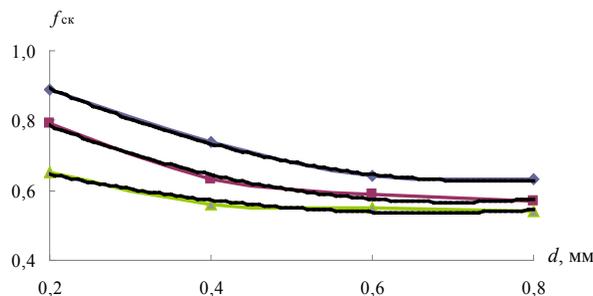


Рис. 7. Зависимость кинетического коэффициента трения от крупности частиц кварца:  
 — резина;  $y = 0,875x^2 - 1,315x + 1,12$ ,  $R^2 = 0,998$   
 — линолеум;  $y = 0,875x^2 - 1,225x + 0,995$ ,  $R^2 = 0,983$   
 — сталь;  $y = 0,5x^2 - 0,67x + 0,76$ ,  $R^2 = 0,958$

– с некоторой фиксированной высоты  $h_1$  без начальной скорости отпускают частицу (шарик);

– ударившись о наклонную плиту с углом наклона  $\alpha$ , шарик отражается от нее и свободно летит до падения на горизонтальную плоскость.

Рассмотренная методика требует некоторых уточнений в определении коэффициентов восстановления и мгновенного трения [2, 7, 8]. Прежде всего, максимальная дальность отскока частицы соответствует начальному значению угла  $45^\circ$  лишь в случае, когда начальная скорость частицы  $v_0$  постоянна для

всех углов наклона плиты. Действительно, при отсутствии сопротивления движению со стороны воздуха:

$$\begin{aligned} x &= v_0 t \cos \alpha_0, \\ y &= v_0 t \sin \alpha_0 - \frac{gt^2}{2}, \end{aligned}$$

где  $x, y$  – текущие координаты частицы;  $v_0, \alpha_0$  – начальная скорость и угол наклона скорости к горизонтали;  $t$  – текущее время.

В момент окончания полета частицы  $y = 0$  и, следовательно,

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}.$$

Поэтому дальность полета частицы, соответствующая ее абсциссе в данный момент времени,

$$l = v_0 \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g} \cos \alpha_0 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha_0. \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что дальность максимальна при  $v_0 = \text{const}$  для  $\alpha_0 = 45^\circ$ , однако если  $v_0 = \text{var}$ , что имеет место в реальных условиях для падения частиц с различными физическими характеристиками, то для поиска  $l_{\text{max}}$  следует знать закон изменения скорости  $v_0$  в зависимости от  $\alpha_0$ .

Для определения скорости  $v_0$  рассмотрим процесс удара частицы о наклонную плоскость с использованием законов механики. В соответствии с законом изменения импульса движения при ударе имеем

$$m\vec{v}_0 - m\vec{v}_n = \Sigma \vec{S}_{\text{уд}}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса частицы;  $\vec{v}_n$  – скорость падения частицы на плоскость;  $v_0$  – скорость отражения (она же является начальной скоростью на участке свободного полета);  $\Sigma \vec{S}_{\text{уд}}$  – вектор суммы ударных импульсов, приложенных к частице со стороны наклонной плоскости. Обозначив угол наклона плоскости  $\alpha_i$ , заметим, что при движении частица перед ударом по вертикали  $v_n = \sqrt{2gh}$ , а угол между вектором  $\vec{v}_n$  и нормалью к плоскости (угол падения) равен  $\alpha_i$ . Спроектируем уравнение (2) на направление плоскости  $\tau$  и нормаль к ней  $n$ :

$$\begin{aligned} \tau: m v_0 \sin \beta_i - m v_n \sin \alpha_i &= -S_T, \\ n: m v_0 \cos \beta_i + m v_n \cos \alpha_i &= -S_N, \end{aligned}$$

где  $\beta_i$  – угол отражения;  $S_N, S_T$  – нормальная и касательная составляющие ударного импульса. В соответствии с гипотезой Рауса имеем

$$S_T = \lambda S_N,$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения частицы о плоскость при ударе.

Для определения двух неизвестных величин  $v_0$  и  $\beta_i$  имеем уравнение

$$(v_n \sin \alpha_i - v_0 \sin \beta_i) = \lambda (v_0 \cos \beta_i + v_n \cos \alpha_i).$$

Вторым уравнением может служить определение коэффициента восстановления  $k$  при ударе в соответствии с гипотезой Ньютона:

$$k = \frac{v_0 \cos \beta_i}{v_n \cos \alpha_i}.$$

После преобразований получим

$$v_0 = \frac{k v_n \cos \alpha_i}{\cos \beta_i}. \quad (3)$$

Угол падения и угол наклона плоскости связаны соотношением

$$\text{tg } \alpha_i + \text{tg } \alpha_0 = \sqrt{\frac{h_i}{l_i}} \sqrt{\text{tg } \alpha_0}.$$

Угол отражения частицы находится из формулы

$$\text{tg } \beta_i = -\text{tg } (\alpha_i + \alpha_0). \quad (4)$$

После преобразования формулы (5) получим

$$\text{tg } \beta_i = \frac{1}{k} \text{tg } \alpha_i - \lambda \left( 1 + \frac{1}{k} \right). \quad (5)$$

Обозначим  $\sqrt{\text{tg } \alpha_0} = z$ , тогда

$$z^2 - 2k \sqrt{\frac{h_i}{l_i}} z + \text{tg } \alpha_i = 0. \quad (6)$$

Из уравнения (6) находим

$$z_{1,2} = +k \sqrt{\frac{h_i}{l_i}} \pm \sqrt{k^2 \frac{h_i}{l_i} - \text{tg } \alpha_i}.$$

После решения уравнения (6) можно получить уравнение для определения угла наклона траектории  $\alpha_0$ :

$$\text{tg } \alpha_0 = 2k^2 \frac{h_i}{l_i} + 2k \sqrt{\frac{h_i}{l_i}} \sqrt{k^2 \frac{h_i}{l_i} - \text{tg } \alpha_i} - \text{tg } \alpha_i. \quad (7)$$

Совокупность формул (1), (3), (5), (7) мо-

жет послужить основанием для разработки уточненной методики экспериментального определения исходных параметров для определения  $k$  и  $\lambda$ . Для ее применения необходимо осуществить ту же самую серию экспериментальных исследований, с тем лишь отличием, что в каждой серии опытов определяется не

максимальная дальность полета частиц, а своя дальность для каждого угла наклона.

Отметим, что согласно формулам (1) и (5), дальность полета может быть определена в виде

$$l_i = \frac{2h_i \cos^2 \alpha_i k^2}{\cos^2 \beta_i} \sin(2\alpha_i + 2\beta_i). \quad (8)$$

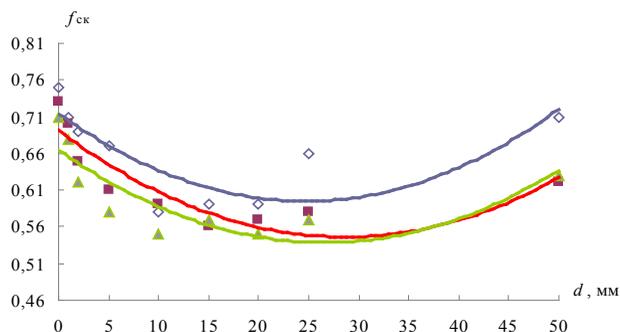


Рис. 8. Зависимость кинетического коэффициента трения угленосных пород

от крупности частиц по резине:

- ◇ – породы;  $y = 0,0002x^2 - 0,0097x + 0,7143$ ,  $R^2 = 0,6839$
- – сростки;  $y = 0,0002x^2 - 0,0101x + 0,6911$ ,  $R^2 = 0,8081$
- ▲ – уголь;  $y = 0,0002x^2 - 0,0095x + 0,6646$ ,  $R^2 = 0,7148$

Для одних и тех же условий опыта  $\lambda$  и  $k$  постоянны, поэтому из уравнения (5) следует, что для каждого фиксированного значения угла  $\alpha_i$ , угол отражения  $\beta_i$  не меняется. Отсюда следует, согласно уравнению (8), что отношение  $h_i/l_i = \text{const}$  при  $\alpha_i = \text{const}$ . Таким образом, в каждой серии опытов следует для первого  $\beta_i$  взять среднее значение отношения  $h_i/l_i$ , а для определения коэффициента восстановления  $k$  и коэффициента трения при ударе  $\lambda$  будет получена система уравнений (5), (8), количество уравнений в которой равно числу проведенных испытаний для различных углов наклона плоскости.

Для удобства вычислений уравнение (8) путем тригонометрических преобразований и с использованием уравнения (5) приведено к виду

$$k^2 \frac{4h_i}{l_i} \cos^4 \alpha_i (\text{tg } \alpha_i + \text{tg } \beta_i)(1 - \text{tg } \alpha_i \text{tg } \beta_i) = 1. \quad (9)$$

В результате такой записи уравнения коэффициенты  $\lambda$  и  $k$  определяются из переопределенной системы нелинейных алгебраических уравнений одинакового вида (если конечное число различных значений углов наклона плоскости не менее трех). Приближенное решение системы уравнений можно найти, минимизируя функционал, характеризующий

отклонение значений левой части уравнения (20) от 1 для различных значений коэффициентов  $\lambda$  и  $k$ . В качестве такого функционала часто используется квадратичная невязка. Для рассматриваемого уравнения в качестве этой невязки выбрана функция

$$F(\lambda, k) = \sum_{i=3}^n \left\{ \frac{4h_i}{l_i} (k + 1)(\text{tg } \alpha_i - \lambda) [k - \text{tg } \alpha_i (\text{tg } \alpha_i - k\lambda - \lambda)] - \cos^{-4} \alpha_i \right\}^2, \quad (10)$$

где  $n$  – число испытаний для различных углов наклона плоскости  $\alpha_i$ .

Таким образом, значения  $\lambda^*$ ,  $k^*$ , доставляющие минимум квадратичной невязки (10),

$$F(\lambda^*, k^*) = \min F(\lambda, k),$$

где  $\lambda^*$ ,  $k^*$  – экспериментальные коэффициенты мгновенного трения и восстановления при ударе соответственно.

Определение упругих свойств монофаз асбестосодержащих продуктов проводилось в ФГБОУ ВПО «УГГУ» и институте «НИИпроектасбест» (г. Асбест Свердловской области) по методике, описанной ранее. Все продукты были разделены на классы крупности с выделением различных агрегатных состояний ас-

беста и вмещающих пород с учетом их формы, а также разделения их на материалы: серпентинит, перидотит и офит. От каждого класса

движения частиц после соударения с наклонной плоскостью существенно влияет их форма. Поэтому при изучении упругих свойств

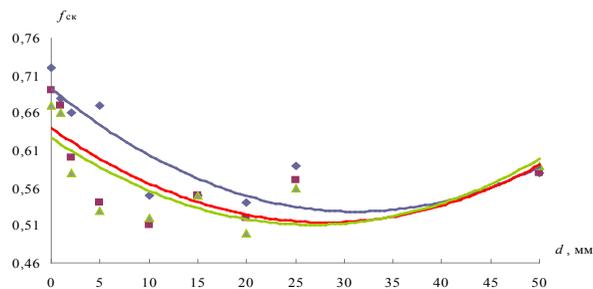


Рис. 9. Зависимость кинетического коэффициента трения угленосных пород от крупности частиц по стали:  
 ◊ – порода;  $y = 0,0002x^2 - 0,0105x + 0,6925$ ,  $R^2 = 0,7731$   
 ■ – сростки;  $y = 0,0002x^2 - 0,0089x + 0,6396$ ,  $R^2 = 0,54569$   
 ▲ – уголь;  $y = 0,0002x^2 - 0,0087x + 0,6267$ ,  $R^2 = 0,5646$

отбиралось не менее 30 частиц, по каждой частице проводилось не менее четырех замеров. Высота падения частиц изменялась в интер-

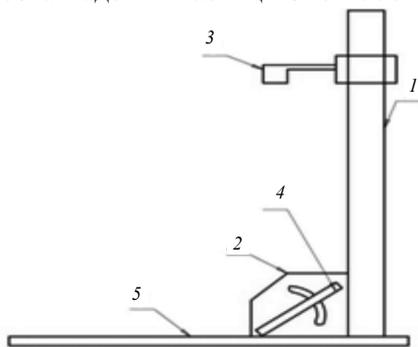


Рис. 10. Схема установки для изучения упругих свойств асбестосодержащих продуктов

вале от 350 до 500 мм, угол наклона стальной плиты, о которую ударялась падающая частица, увеличивался от 0 до 45°. На траекторию

шарообразные формы частиц не готовились, следовательно, процесс соударения при экспериментах адекватно моделирует процесс в промышленном аппарате. Схема установки для изучения упругих свойств горных пород дана на рис. 10. В штормке 2 на заданной высоте закрепляется кювета 1 для исследуемой частицы. В нижней части у основания 3 под кюветой расположена стальная плита 4, угол наклона которой может изменяться от 0 до 60°. Частицы, отражаясь при ударе о плиту, попадают на платформу 5, на которой производится замер дальности отражения частиц во всех исследуемых режимах. По условию опыта поверхность стальной плиты 4 может быть покрыта любыми материалами.

Результаты определения фрикционных и упругих характеристик горных пород на разных поверхностях приведены в таблице.

#### Результаты определения фрикционных характеристик углесодержащих формаций

Порода	Коэффициент							
	$f_{ст}$		$f_{ск}$		$k$		$\lambda$	
	Сталь	Резина	Сталь	Резина	Сталь	Резина	Сталь	Резина
Уголь бурый	0,56	0,73	0,37	0,49	0,54	0,58	0,18	0,15
Уголь каменный	0,52	0,68	0,34	0,46	0,53	0,56	0,16	0,17
Антрациты	0,49	0,64	0,32	0,43	0,52	0,54	0,15	0,18
Глины	0,74	1,10	0,62	0,88	0,12	0,09	0,36	0,48
Аргиллиты	0,61	0,79	0,42	0,53	0,35	0,47	0,25	0,22
Алевролиты	0,68	0,78	0,40	0,52	0,34	0,45	0,23	0,21
Песчаники	0,59	0,77	0,39	0,52	0,35	0,43	0,23	0,20
Известняки	0,58	0,76	0,38	0,51	0,53	0,56	0,18	0,16
Изверженные породы	0,57	0,75	0,38	0,50	0,52	0,58	0,16	0,15
Сланец	0,65	0,84	0,43	0,56	0,32	0,36	0,27	0,24

Анализ результатов позволил установить следующие основные закономерности:  
 – упругие свойства асбестового волокна

зависят от его агрегатного состояния: с увеличением расщепленности их упругость снижается, при удельной поверхности 3000...5000

см<sup>2</sup>/г волокно приобретает свойства абсолютно неупругого тела; основной причиной значительного рассеяния дальности отскока агрегатов волокон является их вытянутая форма, приводящая к косому удару; в этом случае центр тяжести частицы значительно смещен от линии удара; у породных частиц, имеющих округлую форму, разброс дальности отражения значительно меньше;

– упругие свойства вмещающей породы, которые можно оценивать величиной отскока  $l$  частицы от плиты, в незначительной степени зависят от крупности частиц; для интервала крупности  $d = 35 \dots 63$  мм зависимость аппроксимируется уравнением  $l = 144 + 83,2/d$  с корреляционным отношением 0,864 (рис. 11); повышение упругих свойств породных частиц с уменьшением их крупности объясняется увеличением однородности материала в зерне по плотности и прочности, т. е. стабилизацией формы частиц; коэффициент восстановления увеличивается в среднем с 0,28 до 0,3 у частиц крупностью  $-45+20$  мм до 0,37 у частиц  $-1,2+0,63$  мм, т. е. контрастность данного признака разделения более ярко выражена, чем *скорость витания асбестового волокна и породных частиц*, которая практически сближается в классах менее 1 мм;

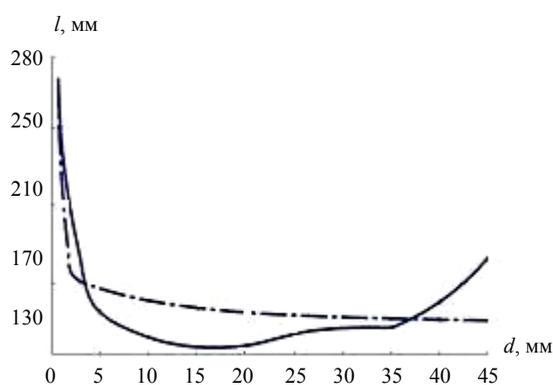


Рис. 11. Зависимость расстояния отражения породных частиц от крупности после взаимодействия с наклонной плоскостью: — экспериментальная кривая; - - - расчетная кривая

– как для породных частиц, так и для нераспушенного асбестового волокна эффект взаимодействия с поверхностью разделения зависит от высоты подачи продукта и угла наклона поверхности к горизонту (рис. 12). Зависимости расстояния отражения породных частиц от высоты подачи и угла наклона поверхности разделения имеют унимодальный характер с экстремумом в интервале

20...25°; уточнены физические характеристики частиц углесодержащих формаций, значения коэффициентов мгновенного трения, представляющие собой относительное снижение касательной составляющей скорости частиц после удара о плоскость; коэффициент трения при ударе для породных частиц равен:  $\lambda = 0,18 \dots 0,36$ , для угольных –  $\lambda = 0,15 \dots 0,8$ ; между коэффициентом мгновенного трения и углом падения частицы на плоскость существует зависимость вида  $\lambda = (1 - k) f_{\text{ск}} \text{ctg } \alpha_n$ ; определены величины коэффициентов трения скольжения, которые имеют линейную взаимосвязь с коэффициентами мгновенного тре-

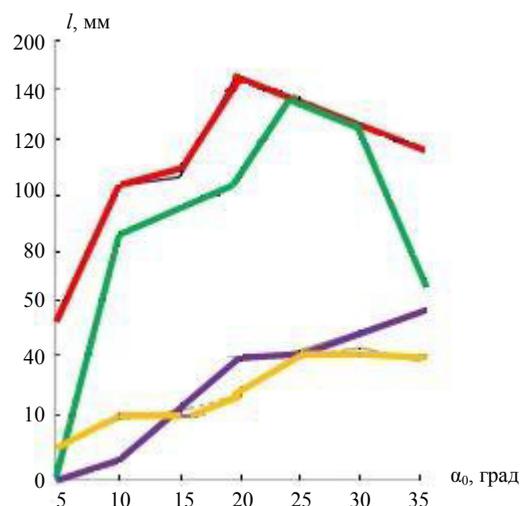


Рис. 12. Зависимость расстояния отражения породных частиц, волокна различного агрегатного состояния и вмещающей породы от угла наклона плоскости 500 мм:

— породные фракции; — нераспушенные агрегаты; — распушенные агрегаты; — распушенное волокно

ния  $f_{\text{ск}} = 1 - \lambda$ .

– результаты расчета коэффициентов  $k$  и  $\lambda$  по полученным уравнениям показали, что предложенная методика расчета хорошо согласуется с механикой удара частиц; относительно большим коэффициентам восстановления соответствуют небольшие значения коэффициента трения при ударе;

– по результатам обработки данных экспериментальных исследований разработаны статистические модели зависимостей коэффициента восстановления от коэффициента трения при ударе.

При ударе частицы асбеста о резиновое покрытие разделительной поверхности барабана зависимость коэффициента восстановления от коэффициента трения имеет вид

$$k = 0,69 - 1,57\lambda, \eta_p = 0,9,$$

а при ударе о стальную поверхность

$$k = 0,69 - 2,3\lambda, \eta_{ct} = 0,85,$$

Для угольных частиц уравнение выглядит следующим образом:

для резинового покрытия

$$k = 0,78 - 1,5\lambda, \eta_p = 0,95,$$

при ударе о стальную поверхность

$$k = 0,86 - 2,07\lambda, \eta_{ct} = 0,96.$$

Данные уравнения могут быть использованы в математической модели фрикционно-сепаратора для оптимизации процесса разделения этих руд.

Полученные сведения об упругих свойствах частиц горных пород свидетельствуют о высокой контрастности исследуемого признака и возможности его эффективного использования для разделения продуктов различной крупности: для асбеста, в первую очередь, выделение обедненной по свободному волокну породной фракции, а для слюд – выделение слюдяного концентрата.

В результате экспериментальных исследований установлено, что частицы кубовидной формы после удара начинают вращаться. Это объясняется тем, что удар частицы о наклонную плоскость не центральный.

Методика определения приведенного коэффициента трения перекачиваемой ча-

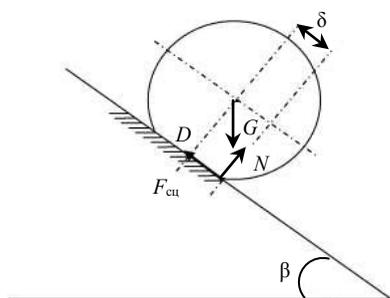


Рис. 13. Силы, действующие на частицу

стицы получена из условия ее опрокидывания вокруг границы площадки контакта [9, 10].

Перед проведением эксперимента определялись форма и размеры частицы минерала. После этого образцы исследуемых материалов помещались на наклонную плоскость. Определялись угол и время прохождения ча-

стицей участка со скольжением. Для перевода частицы в режим качения производилось увеличение угла подъема плоскости.

Коэффициент трения качения  $\delta_0$  определяется по углу наклона  $\beta_k$ , который составляет подвижная плоскость в момент начала качения (при отсутствии проскальзывания, рис. 13). Качение начинается в тот момент времени, когда линия действия силы тяжести  $G$  выйдет за пределы границы площадки контакта частицы с наклонной плоскостью. Предельное значение угла наклона плоскости, при котором линия действия силы  $G$  точно попадает на границу площадки контакта, соответствует величине  $\delta_0$ . Как известно, причиной возникновения трения качения является деформация катящегося объекта и поверхности, по которой происходит качение. Момент трения качения  $M_{тр}$  определяется как момент нормальной реакции  $N$  относительно центра  $D$  площадки контакта

$$M_{тр} = \delta_0 N,$$

где  $N$  – величина нормальной реакции,  $N = G \cos \beta_k$ .

Сила тяжести при этом создает относительно той же точки момент, по величине равный

$$M_d(G) = GR \sin \beta_k,$$

где  $R$  – радиус частицы.

Таким образом, в предельном случае (для момента начала качения)

$$GR \sin \beta_k = \delta_0 G \cos \beta_k,$$

и, следовательно,

$$\delta_0 = R \operatorname{tg} \beta_k.$$

При движении катящейся без скольжения частицы ускорение  $a_c$  ее центра можно определить в виде

$$a_c = \frac{5}{7} g \left( \sin \beta_k - \frac{\delta}{R} \cos \beta_k \right).$$

Считая качение частицы по наклонной плоскости равнопеременным, величину  $\delta$  при движении можно определить по длине  $L$  пройденного ею за время  $t$  пути:

$$\delta = R \left( \operatorname{tg} \beta_k - \frac{2,8L}{gt^2 \cos \beta_k} \right).$$

Результаты экспериментального определения коэффициента трения качения представлены на рис. 14, 15. Исследования показывают, что существует закономерная взаимосвязь между крупностью куска и приведенным коэффициентом трения качения: чем больше размер, тем выше коэффициент трения

качения. Данная закономерность прослеживается для различных поверхностей качения.

Установлено, что коэффициент трения качения связан с крупностью перемещающихся угольных кусков прямой пропорциональной зависимостью  $\delta \cong K_m d$ , где  $K_m$  – безразмерный коэффициент пропорциональности

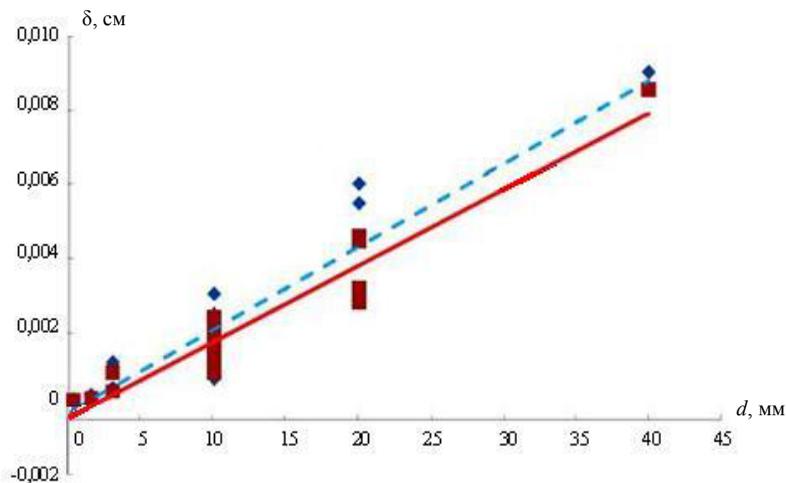


Рис. 14. Зависимость приведенного коэффициента трения качения от крупности для угольных формаций:

◆ – резина; ■ – сталь;  
 - - - линейная (резина);  $y = 0,0002231x - 0,0001426$ ,  $R^2 = 0,86$   
 — — — линейная (сталь);  $y = 0,0002055x - 0,0002959$ ,  $R^2 = 0,90$

( $K_m = 2,23 \cdot 10^{-4}$  с остаточной дисперсией  $D_{ост} = 6,3 \cdot 10^{-7}$ ) как для резиновой, так и для сталь-

ной поверхностей качения. Корреляционное отношение при этом составляет  $\eta = 0,93$ .

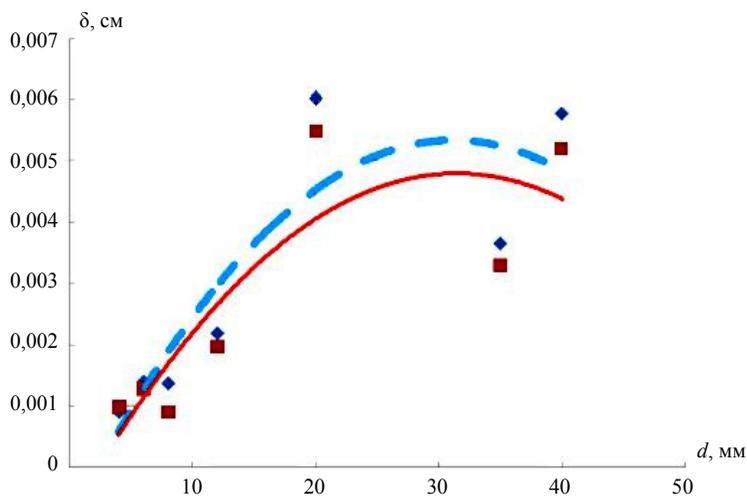


Рис. 15. Зависимость приведенного коэффициента трения качения от крупности для асбестосодержащих продуктов:

◆ – резина; ■ – сталь;  
 - - - квадратичная (резина);  $y = -0,0000065x^2 + 0,0004032x - 0,0009400$ ,  $R^2 = 0,76$   
 — — — квадратичная (сталь);  $y = -0,0000057x^2 + 0,0003577x - 0,0008221$ ,  $R^2 = 0,74$

Приведенная методика была апробирована также на асбестосодержащих рудах. Уравнения взаимосвязи указанных параметров для этих руд можно описать полиномом

второй степени.

Различие в кинетических коэффициентах трения ценного продукта и породы по стали и резине достаточны для их разделения. С

уменьшением крупности частицы становятся в коэффициентах трения становится незначительной. однородными по составу и форме, и разница

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедринский М. Б., Волегов А. В., Мюллер Э. К. Обогащение асбестовых руд. М.: Госгортехиздат, 1962. 234 с.
2. Методика определения упругих и фрикционных характеристик сыпучих материалов / В. Я. Потапов [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 1998. № 5/6. С. 103–108.
3. Цыпин Е. Ф., Пелевин А. Е., Потапов В. Я. Исследование физико-механических свойств руд хризотил-асбеста для разработки способов и устройств для предварительного обогащения в дробильно-сортировочном комплексе: отчет о НИР. Свердловск, 1987. 142 с. № ГР 018527675.
4. Келина И. М., Цыпин Е. Ф., Александрова Е. П. О коэффициентах трения минералов при обогащении слюдосодержащих сланцев на полочном воздушном сепараторе // Изв. вузов. Горный журнал. 1983. № 4. С. 126–129.
5. Александрова Е. П., Тихонов О. Н. Анализ закономерностей разделения минералов и выбор оптимальных режимов для полочного воздушного сепаратора // Цветные металлы. 1986. № 6. С. 12–17.
6. Тимченко Н. К. Основы механического разделения зерен щебня и гравия по упругости и трению // Строительные материалы. 1964. № 4. С. 17–19.
7. Фрикционные характеристики кусков – основа для моделирования сепараторов / В. Я. Потапов [и др.] // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2011. С. 55–59.
8. Теоретический анализ движения и удара частицы обогащаемого материала о наклонную плоскость / В. Я. Потапов [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2007. № 1. С. 110–113.
9. Потапов В. Я., Потапов В. В., Семериков Л. А. Методика и результаты исследования коэффициентов трения качения горных пород // Уральская горная школа – регионам: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2011. С. 361–362.
10. Ляпцев С. А., Потапов В. Я. Обоснование методов экспериментального определения коэффициентов трения качения для горных пород // Фундаментальные исследования. 2012. № 3. С. 102–105. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7981910](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981910)

Поступила в редакцию 12 февраля 2014 г.

**Потапов Валентин Яковлевич** – доктор технических наук, доцент кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: [gmf.gm@ursmu.ru](mailto:gmf.gm@ursmu.ru)

**Потапов Владимир Валентинович** – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: [gtf.gd@ursmu.ru](mailto:gtf.gd@ursmu.ru)

**Семериков Леонтий Андреевич** – аспирант кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАТОПЛЕНИЯ ШАХТЫ № 2 «НОВОГРОДОВСКАЯ» С УЧЕТОМ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ ТЕПЛОВОГО РЕСУРСА

Садовенко И. А., Инкин А. В., Рудаков Д. В., Хрипливец Ю. В.

На основе анализа горнотехнических условий разработки и геолого-гидрогеологических особенностей затопленной шахты № 2 «Новгородовская» в программном комплексе «MODLOW v. 4.5» создана численная модель, отражающая процессы геофильтрации на ее территории. По результатам решения обратной задачи доказана корректность разработанной модели, а также оценен емкостной ресурс шахты, заключенный в шахтных водах и остаточных запасах угля. Моделирование динамики подъема уровня воды в системе затапливаемых горных выработок позволило установить распределение уровня подземных вод в пределах шахтного поля до и после прекращения водоотлива.

*Ключевые слова:* шахта; затопление; подземные воды; остаточные запасы угля; тепловой ресурс.

Шахта № 2 «Новгородовская», расположенная в южной части Красноармейского углепромышленного района Донбасса (рис. 1), была сдана в эксплуатацию в 1951 году и за период работы отрабатывала пласты  $k_8$  и  $l_1$ . Площадь шахтного поля составила 18 км<sup>2</sup> при абсолютной отметке максимальной глубины введения очистных работ –370,3 м и устьев стволов + 205 м. Верхняя граница отработки угольных пластов имеет отметку + 120 м, выше которой до отметки местного базиса разгрузки подземных вод в долине р. Соленой (+ 155 м) горные породы в основном заполнены водой [1]. С юга к шахте № 2 «Новгородовская» примыкает закрытая шахта им. Коротченко, а с севера и востока – действующие шахты № 1-3 «Новгородовская» и «Россия».

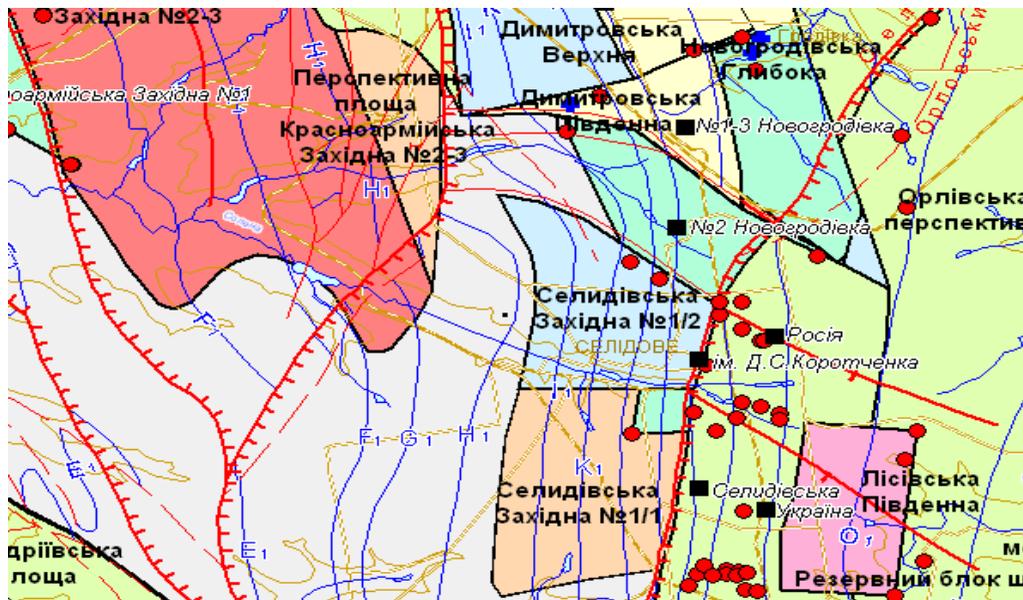
Приказом Министерства угольной промышленности Украины № 237 от 24.05.2001 г. шахта № 2 «Новгородовская» была закрыта с поддержанием уровня затопления водоотливным режимом. В непосредственной близости от шахты расположен город Новгородовка (с населением 15 тыс. человек), который после закрытия шахты стал ощущать острую нехватку тепловой энергии, благодаря чему промышленные и гражданские здания в холодное время года остались без отопления и горячего водоснабжения. Мировой научно-практический опыт (Германия, Франция, Англия) показывает

возможность рентабельного использования низкопотенциального тепла воды затопленных шахт для обогрева одно-двухэтажных зданий [2]. При этом подогрев шахтных вод до состояния приемлемого для теплоснабжения сооружений (60–70 °С) осуществляется с помощью тепловых насосов, требующих больших капитальных затрат на установку и обслуживание. Вместе с тем повышение температуры воды до необходимых показателей может быть достигнуто непосредственно на ликвидированной шахте путем ввода в эксплуатацию теплоэнергетического модуля, основанного на подземном сжигании оставшихся запасов угля для повышения температурного режима теплоносителей. Работа такого модуля сопряжена с периодическим отбором и закачкой воды из затопленных горных выработок и требует прогноза изменения гидродинамического режима на территории шахтного поля. Целью данной работы является анализ горно-геологических условий и создание гидрогеологической модели затопленной шахты № 2 «Новгородовская» для оценки и обоснования возможности разработки ее теплового ресурса с помощью теплоэнергетического модуля.

*Материал и результаты исследований.* В геолого-структурном отношении поле шахты № 2 «Новгородовская» расположено в пределах юго-западного крыла Кальмиус-Торецкой котловины и

приурочено к лежащему крылу крупного регионального тектонического нарушения – Селидовского надвига. В строении участка присутствуют отложения свит среднего карбона  $C_2^6$  и  $C_2^5$ , перекрытые

палеоген-неогеновыми песками и четвертичными суглинками (рис. 2). Свита  $C_2^5$  в нижней части содержит большое количество песчаников и незначительное количество углей [3]. В средней части



**Участки и площади:**



Рис. 1. Геолого-промышленная карта района расположения шахты № 2 «Новгородовская» (масштаб 1: 300000)

сосредоточены угольные пласты и прослои изменчивой мощности. Из пластов свиты, пригодных для промышленного освоения шахтой № 2 «Новгородовская», до отметки –370,3 м отрабатывался угольный пласт  $\kappa_8$ , при средних водопритоках в горные выработки 100–120 м<sup>3</sup>/час и частых прорывах воды из вышележащих песчаников и известняков. Такой характер поступления подземных вод обусловлен наличием в кровле пласта  $\kappa_8$  мощных водоносных горизонтов приуроченных к закарстованному известняку  $L_1$  и песчаникам  $L_1s$ ,  $l_1$  и  $l_1s$ . Со стороны почвы, в обводнении пласта участвовали песчаники

$\kappa_7^5$  и  $\kappa_8^H$ , удаленные от пласта на 5–10 м. Пласт  $\kappa_8$  (Аршинный) устойчивый, имеет простое строение и среднюю мощность 0,6–0,7 м. Угли пласта в основном гумусово-сапропелевые, являются клареновыми или близкими к ним. По характеру остудневания гелифицированных компонентов они относятся к третьему генетическому типу, отличающемуся высокой сернистостью. Балансовые запасы углей пласта  $\kappa_8$  на территории шахты № 2 «Новгородовская» в 1995 г. были оценены в количестве 988 тыс. т, а промышленные – 841 тыс. т. Таким образом, в результате потерь, вызванных горнотехническими

условиями разработки месторождения, в недрах оставлено более 140 тыс. т угля. Кроме того, по данным ОАО «Донбассгеология» в пределах шахтного поля в свите  $C_2^5$  содержится около 120 тыс. т забалансовых запасов углей, сосредоточенных в некондиционных и маломощных пластах  $k_7^5$  и  $k_8^H$ .

Свита  $C_2^6$  в границах поля шахты № 2 «Новгородовская» является наиболее угленасыщенной и содержит семь угольных пластов и пропластков, из которых промышленной разработке подвергался только пласт  $l_1$  «Шестичетвертовый» (рис. 2). Необходимо отметить, что водонасыщенный песчаник  $l_1 sl_3$ , залегающий непосредственно в пласте  $l_1$ , обуславливает значительный водоприток (200–250 м<sup>3</sup>/час) в горные выработки. Балансовые запасы угля оцениваются в 17355 тыс. т, а промышленные – в 12644 тыс. т, что соответствует потерям в размере 4711 тыс. т. Забалансовые запасы свиты  $C_2^6$ , в основном сосредоточенные в пластах  $l_4$  и  $l_5$ , оцениваются в 3215 тыс. т. Учет потерь и забалансовых запасов позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день в пределах затопленной шахты № 2 «Новгородовская» сосредоточено более 8 млн т углей, свойства и состав которых приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показывает, что влажность углей района шахты по пластовым пробам изменяется в широких пределах – от 1,1 до 10,2 %, составляя в среднем 3–5 %. Выход летучих соединений также весьма разнообразен, при среднем значении 39 % этот показатель варьирует от 33 до 46 %. Удельная теплота сгорания углей изменяется незначительно, и в среднем равняется 32 МДж/кг. Содержание серы колеблется от 2,5 до 3,5 % (3 группа по сернистости). Необходимо отметить, что по своим физико-химическим характеристикам все угли свит  $C_2^6$  и  $C_2^5$  пригодны для разработки способом подземного сжигания [4].

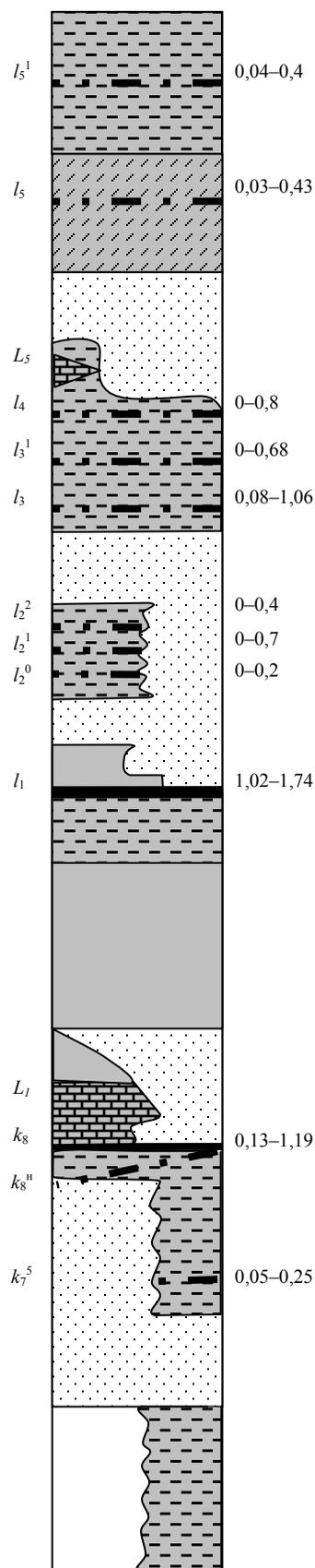


Рис. 2. Стратиграфическая колонка поля шахты № 2 «Новгородовская»

Рассматриваемая территория имеет сложное тектоническое строение, что обусловлено наличием мощных зон тектонического дробления пород, связанных

с Селидовским надвигом и его многочисленными апофизами. Надвиг характеризуется вертикальной амплитудой смещения 260–460 м и углом падения плоскости

Таблица 1

Свойства и марочный состав углей на территории поля шахты № 2 «Новгородовская»

Индекс пласта	$W^a$ , %	$V^a$ , %	$Q_6^r$ , МДж/кг	Генетический тип	Марка угля
$\kappa_8$	1,3–3,2	34–40	32,81–35,01	в	Г
$l_1$	5–10,2	40–44	31,12–32,51	б	Д
$\kappa_7^5$	1,5–2,5	38–46	33,10–33,53	в	Г
$l_4$	1,1–2,4	33–39	33,70–33,86	б	Г

сместителя 23–30°. Зона надвига отличается высокой анизотропией по проницаемости, а его зона дробления мощностью 9,6–81,9 м представлена перемятыми песчаными и глинистыми сланцами, образовавшимися в условиях сжимающих напряжений в направлении, перпендикулярном плоскости сместителя, может рассматриваться как слабопроницаемый раздельный слой. В лежачем крыле надвига в пределах шахты № 2 «Новгородовская» получили развитие Новгородовский сброс, являющийся северной границей шахтного поля, и Гродовский южный

сброс, вскрываемый выработками пласта  $l_1$  и южным коренным штреком по пласту  $\kappa_8$ . При приближении горных работ к отмеченным тектоническим нарушениям водоприток в очистные выработки в среднем увеличивался на 10–15 м<sup>3</sup>/час. При этом дебиты прорывов подземных вод, обусловленных влиянием сбросов, достигали 50–100 м<sup>3</sup>/час и носили кратковременный характер.

На рис. 3 во временном разрезе приведены выполненные и планируемые стадии использования ресурсов шахты № 2 «Новгородовская».

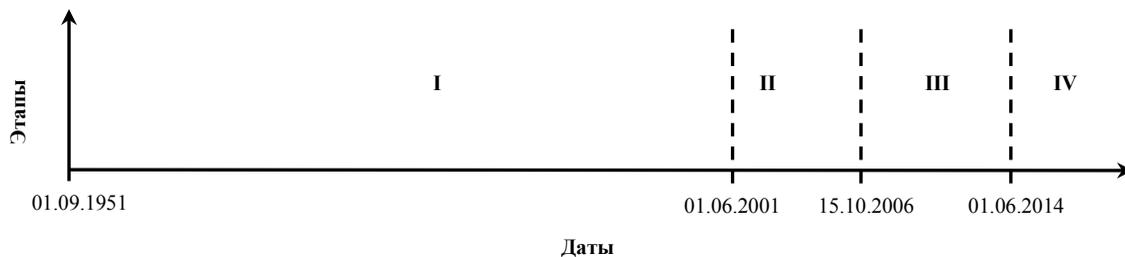


Рис. 3. Реализованные и планируемые этапы работы шахты

Первый этап соответствует периоду работы шахты и добычи угля, а второй — ее закрытию с действующим водоотливом и поддержанием уровня подземных вод на отметке –157 м в северном крыле шахты. Следующий этап отвечает завершению водоотливного режима и затоплению горных выработок до отметки +113,3 м (по состоянию на 15.04.2012 г.). На протяжении этого периода АО «Днепрогипрошахт» проводились наблюдения за темпом затопления шахты, которые позволили получить данные для решения обратной геофильтрационной задачи в

пределах шахтного поля. Ввод в эксплуатацию гидрогеотермального модуля с целью разработки остаточных тепловых ресурсов затопленной шахты для теплоснабжения г. Новгородовка предполагается на четвертом этапе.

В орографическом отношении поле шахты № 2 «Новгородовская» представляет собой слабоволнистое водораздельное плато, абсолютные отметки которого плавно уменьшаются от +213 м на юго-востоке до +190 м — на северо-западе. Его границами являются: на севере — Новгородовский сброс, на западе — выходы

пласта  $\kappa_8$  под палеоген-неогеновые отложения, на востоке – изогипса пласта  $\kappa_8$  –350 м. В пределах шахтного поля промышленными являются два угольных пласта, залегающие под гидравлически связанными водоносными горизонтами на расстоянии 25–30 м друг от друга, представленными известняком  $L_1$  мощностью до 5 м и песчаниками  $L_1s_1$  и  $l_1s_3$  со средней мощностью 15 и 20 м соответственно. Верхнее расположение пласта  $l_1$ , отрабатываемого до пласта  $\kappa_8$ , обусловило первоначальное поступление водопритоков в вышерасположенные горные выработки. Такой характер залегания угольных пластов формировал водопритоки в каждую из рассматриваемых угольных пачек, что и определяет следующий подход к геофильтрационной схематизации шахтного поля.

Модель отображает два промышленных пласта, разделяющий слой между ними, а также кровлю пласта  $l_1$  и подошву пласта  $\kappa_8$ . В результате модель шахты № 2 «Новгородовская» площадью 20 км<sup>2</sup> (4000 × 5000 м), созданная в лицензионном программном комплексе «MODLOW v. 4.5» (Schlumberger Water Services, Канада) содержит пять пластов с углами падения, соответствующими их горно-геологическим условиям. Мощности продуктивных толщ на модели принимались в соответствии с зависимостью проницаемости подработанного породного массива от кратности его подработки (в среднем 10–40 мощностей угольного пласта).

Для задания внешних границ моделируемой области использовались рекомендации, приведенные в работах [5, 6], согласно которым тектоническое нарушение (Новгородовский сброс на севере шахтного поля) является экраном на пути движения подземных вод. Это определяет необходимость задания на участке сброса непроницаемой в гидродинамическом отношении границы. На юго-западе и юго-востоке, где угольные пласты имеют непосредственную гидравлическую связь с обводненными палеоген-неогеновыми отложениями, необходимо задание граничного условия третьего рода, отражающего взаимосвязь величины расхода

потока подземных вод палеоген-неогенового горизонта в продуктивную толщу с разностью гидродинамических напоров в них. При этом сопротивление, обуславливающее взаимосвязь расходов и разности напоров на выходах угольных пластов, определяется по суммарной величине проницаемости пластов и палеоген-неогеновых отложений, пересчитанной в соответствии с размерами расчетных блоков (рис. 4).

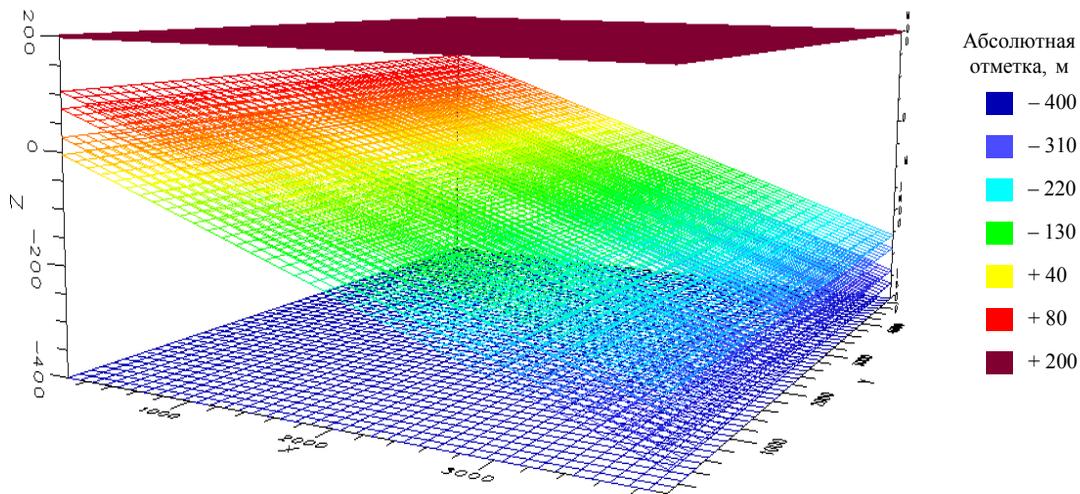
Внутренними границами в модели шахты № 2 «Новгородовская» являются очистные выработки, отображаемые граничными условиями первого рода с величиной гидродинамического напора, равной абсолютной отметке почвы угольных пластов. Положение этих границ на модели определялось путем построения плана горных выработок в программной среде AutoCAD и переноса контуров выемочных участков на моделируемые слои. При моделировании работы шахты после отключения водоотлива внутренние граничные условия не задавались.

Исходя из существующих теоретических представлений [7] о проницаемости отработанного породного массива, величина пористости и коэффициента фильтрации в пределах моделируемых горных выработок была задана увеличенной в среднем в 7–10 раз по сравнению с зонами вне ведения горных работ. Шаг дискретизации модели по пространству составил 100 × 100 м (всего 2000 блоков), что позволило достаточно точно учесть конфигурацию выработок в пределах отрабатываемых пластов в масштабе шахты, при этом шаг по времени не превышал 20 сут. Инфильтрация атмосферных осадков в верхнем слое модели задавалась величиной 25 % от их среднегодового количества в регионе (125 мм/год).

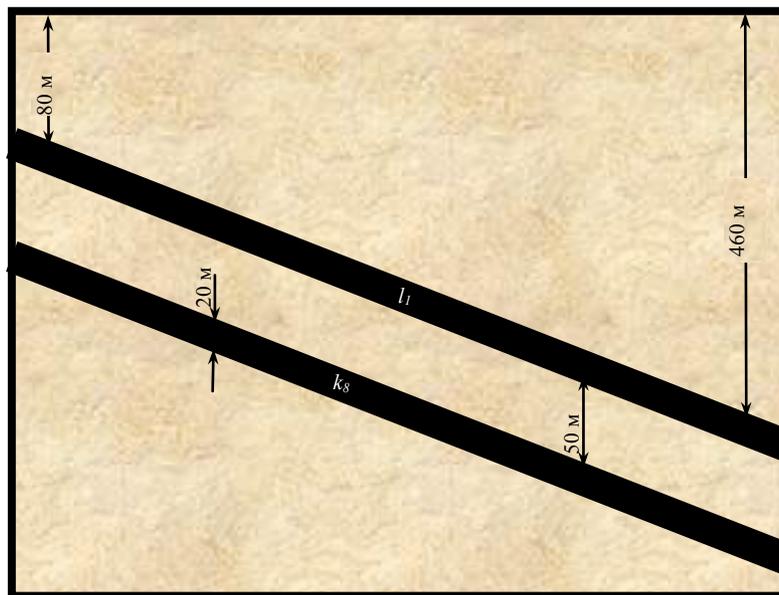
Для адекватного прогноза водопритоков в процессе затопления шахты на разрабатываемой модели было выполнено эвристическое моделирование, цель которого состояла в корректировке гидродинамической роли внешних границ водоносных пластов и их фильтрационных свойств. При этом значения гидродинамических параметров водоносных пластов были характерны гидрогеологическим условиям

шахты № 2 «Новгородовская». Основой для вариации этих параметров послужили результаты опытно-фильтрационных

работ и измерений шахтных водопритоков, полученные ПГП «Артемовская гидрогеологическая партия» [1] во время



а



б

Рис. 4. Трехмерное представление геометрии моделируемой области (а) и схематический разрез поля шахты № 2 «Новгородовская» (б)

первого этапа работы шахты.

Решение обратной (эпигнозной) задачи производилось в условиях нестационарного режима фильтрации, основным критерием правильности решения которой являлось сходство фактических и модельных величин затопления шахтного ствола (рис. 5). Результаты решения показывают, что на модели удалось практически полностью отразить динамику

подъема уровня воды в системе горных выработок на протяжении третьего этапа эксплуатации шахты. При этом абсолютная погрешность между фактическими и модельными данными уровней находится в пределах 3–11 м, а относительная погрешность не превышает 10 % (табл. 2). На рис. 6 показано модельное распределение уровня подземных вод на территории шахтного поля до и после прекращения

водоотлива (по состоянию на 15.04.2012 г., спустя 2000 сут), а также его промежуточные положения на протяжении периода затопления.

Таблица 2

**Погрешность определения динамики подъема уровня воды в системе горных выработок при затоплении шахты № 2 «Новгородовская» по результатам моделирования**

Время с начала затопления, сут.	Абсолютная отметка зеркала затопления, м		Абсолютная погрешность, м	Относительная погрешность, %
	фактическая	на модели		
300	-120,5	-110,45	10,05	8,34
900	-1,15	-1,05	0,1	8,69
1200	25,4	22,9	2,5	9,84
1500	95,1	92,12	2,98	3,13
1800	110,8	99,85	10,95	9,88
2000	109,72	113,3	3,58	3,16

Анализ распределения уровня подземных вод показывает, что до отключения водоотлива воронка депрессии повторяет контуры зон отработки. Наибольшие понижения приурочены к зонам, где объем выработанного пространства больше. По мере затопления отмеченные закономерности сглаживаются, при этом подъем уровня подземных вод про-

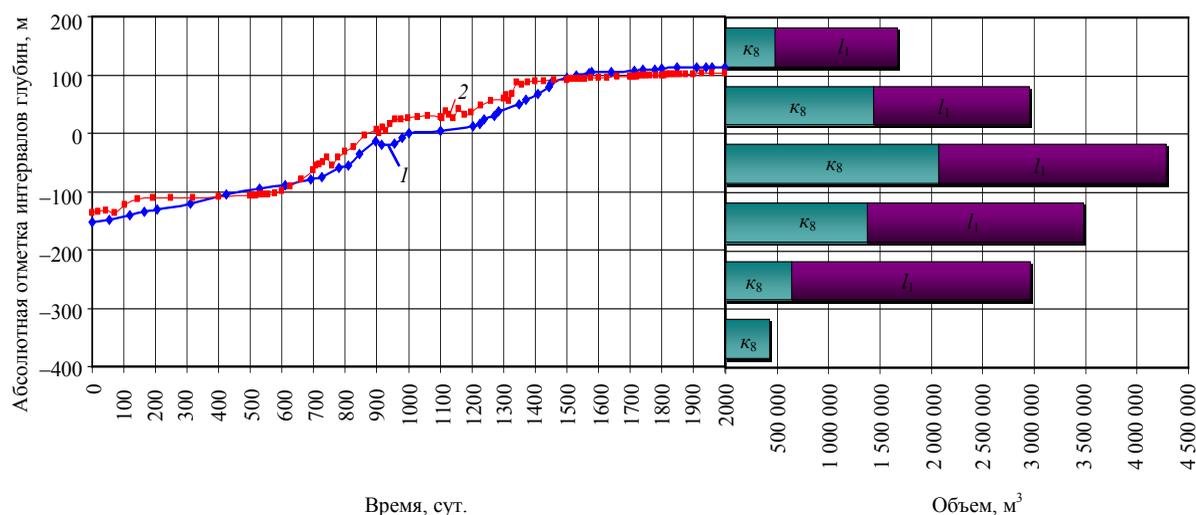


Рис. 5. Динамика затопления выработанного пространства по пластам  $\kappa_8$  и  $l_1$  шахты № 2 «Новгородовская»:  $l, 2$  – соответственно темп подъема уровня подземных вод по данным мониторинга и моделирования

исходит неравномерно, с замедлением в интервалах наибольшей концентрации горных выработок.

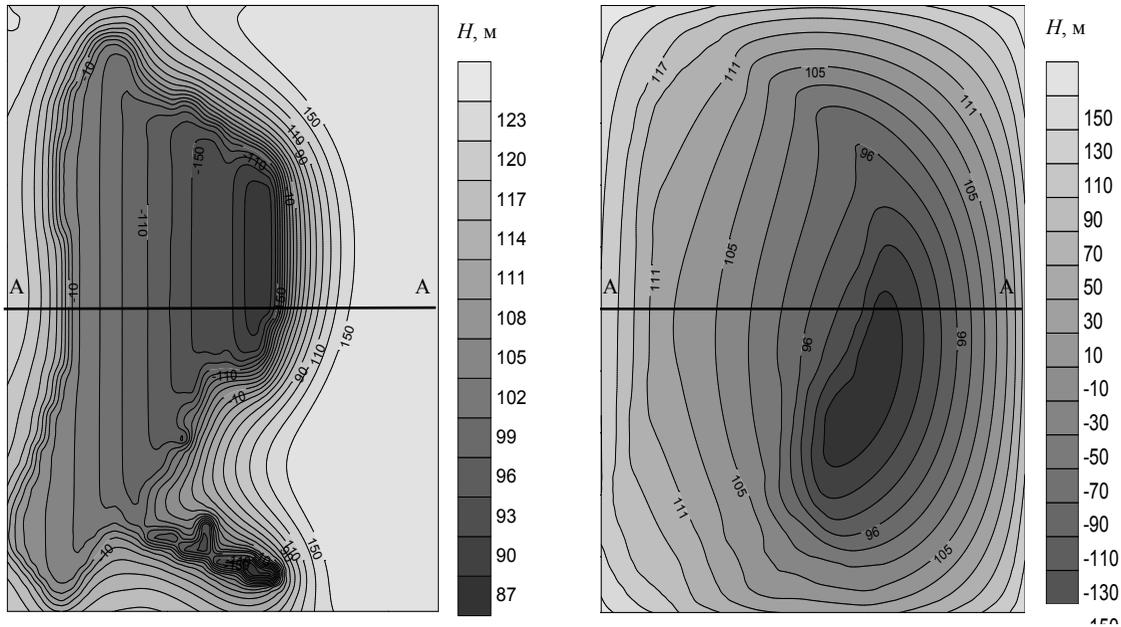
Разработанная геофильтрационная модель шахты № 2 «Новгородовская» адекватно отображает динамику затопления выработок с учетом специфики горно-геологических и гидрогеологических условий участка. С помощью предложенного подхода представляется возможным рассчитывать изменение уровня режима и температуры подземных вод в различных горизонтах шахты при использовании ее для создания гидротермального модуля.

Итак, учет проектных потерь, обусловленных горно-техническими условиями разработки, и забалансовых запасов углей свит  $C_2^6$  и  $C_2^5$ , позволил установить, что на сегодняшний день в пределах затопленной шахты № 2 «Новгородовская» находится более 8 млн т угля, сосредоточенного в некондиционных и маломощных пластах  $\kappa_7^5, \kappa_8^H, l_4, l_5$  и пригодного по своим физико-химическим характеристикам для разработки способом подземного сжигания.

Наличие в пределах шахтного поля двух промышленных пластов ( $\kappa_8$  и  $l_1$ ),

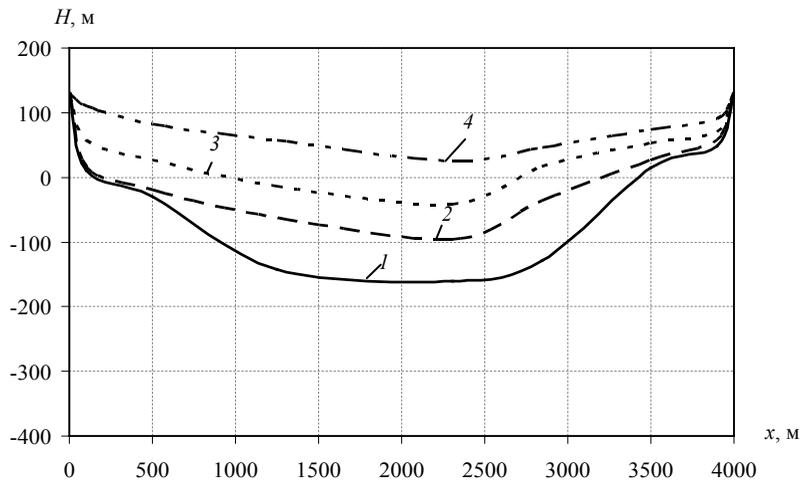
залегаящих под гидравлически связанными водоносными горизонтами, определило подход к геофильтрационной схематизации шахтного поля. Разработанная конечно-разностная модель геофильтрации подработанной территории охватыва-

ет площадь 20 км<sup>2</sup> и воспроизводит влияние отработанных горизонтов, а также разделяющего слоя между ними, кровли пласта  $l_1$  и подошвы пласта  $k_8$ . Результаты решения обратной задачи показали, что модель практически полностью ото-



*a*

*б*



*в*

Рис. 6. Уровень подземных вод ( $H$ , м) на шахтном поле до отключения водоотлива (*a*), спустя 2000 сут. после его прекращения (*б*) и в промежуточные моменты времени вдоль профиля  $A-A$  (*в*):  
1–4 – соответственно спустя 100, 700, 1000 и 1500 сут. после остановки водоотлива

бражает динамику подъема уровня воды в системе затопливаемых горных выработок. Абсолютная погрешность между фактическими и модельными данными

положения уровней находится в пределах 3–11 м, а относительная погрешность не превышает 10 %. На основе разработанной модели геофильтрации было установ-

лено распределение уровня подземных вод на территории шахтного поля до и после прекращения водоотлива, а также возможность выполнения прогноза изменения гидродинамического режима шахты при использовании ее вод с помощью теплоэнергетического модуля в качестве теплоносителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заключение о результатах работы «Прогноз изменения эколого-гидрогеологических условий в границах горных отводов шахты № 2 «Новгородовская», которая ликвидируется, ликвидированной шахты «Селидовская» и шахты им. Д. С. Коротченко, которая подлежит ликвидации, а также смежных с ними действующих шахт: отчет Артемовской гидрогеологической партии / Н. А. Краснопольский. Артемовск. 2006. 130 с.
2. Wieber G. A Source of Geothermal Energy – Examples from the Rhenish Massif / G. Wieber, S. Pohl // Mine Water: In: Technical University of Ostrava Faculty of Mining and Geology, In: Proceedings of the 10th IMWA Congress – 2008. in Karlovy Vary, Check Republic, 113–116 p.
3. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения юга Европейской части СССР / Лагутина В. В. [и др.]. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 1210 с.
4. Подземная газификация угольных пластов / Е. В. Крейнин [и др.]. М.: Недра, 1982. 151 с.
5. Садовенко И. А., Рудаков Д. В. Динамика фильтрационного массопереноса при ведении и свертывании горных работ. Днепропетровск: Национальный горный университет, 2010. 216 с.
6. Ермаков В. Н., Улицкий О. А., Спожакин А. И. Изменение гидродинамического режима шахт при затоплении // Уголь Украины. 1998. № 6. С. 11–13.
7. Садовенко И. А. Синтезирование численных моделей при решении задач управления геофильтрационным состоянием горного массива // Известия вузов. Геология и разведка. 1991. № 12. С. 19–22.

Поступила в редакцию 11 февраля 2014 г.

**Садовенко Иван Александрович** – доктор технических наук, профессор кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. 49600, Украина, г. Днепропетровск, пр. Карла Маркса, 19, Национальный горный университет.

**Инкин Александр Викторович** – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. 49600, Украина, г. Днепропетровск, пр. Карла Маркса, 19, Национальный горный университет. E-mail: inkin@ua.fm.

**Рудаков Дмитрий Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии. 49600, Украина, г. Днепропетровск, пр. Карла Маркса, 19, Национальный горный университет.

**Хрипливец Юлия Владимировна** – аспирант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. 49600, Украина, г. Днепропетровск, пр. Карла Маркса, 19, Национальный горный университет.

## УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Заднепровский Р. П.

Приведено уравнение, связывающее напряжения сдвига с нормальными напряжениями и позволяющее моделировать реальные и гипотетические физические состояния тел. Рассмотрена реологическая модель для анализа динамического изменения деформативности, приведены опытные данные анализа коэффициентов уравнения связи для горных пород и других минеральных тел.

**Ключевые слова:** напряжение сдвига; моделирование; горные породы; строительные материалы; уравнение связи.

Существуют аналогии процессов фрикционного скольжения и соотношения касательных и нормальных напряжений при сдвиге. Например, аналогия известных зависимостей удельных сил трения скольжения  $F$  от потенциала внешнего давления  $N$  (по Ш. Кулону) простейшему уравнению связи касательного  $\tau$  и нормального  $\sigma_c$  напряжений  $\tau = \sigma_c \operatorname{tg} \varphi + C$ , широко используемому в механике горных пород и дисперсных тел. Здесь угол внутреннего трения  $\varphi$  отражает деформативность при сжатии. Коэффициент  $C$ , называемой *коэффициентом сцепления*, не получил еще должного физического представления и связан с параметром прочности – *когезией*  $P_k$  (интегральный фактор ионно-молекулярного взаимодействия частиц тела, противодействующий разрушению тела под действием сил растяжения).

Автором [1] обоснована более строгая и общая зависимость удельной силы трения от внешнего и адгезионно-когезионного потенциала в виде:

$$F = F_0 + f_1 N + f_2 P_{A(K)} N / (N + P_{A(K)}). \quad (1)$$

Здесь  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты деформационного, адгезионного (для внешнего трения – при относительном скольжении разнородных тел) и когезионного (при внутреннем скольжении слоев однородного тела) слагаемых трения. Величина  $P_{A(K)}$  – *адгезионно-когезионный потенциал*, учитывающий возможность разрыва тел (при растяжении или сжатии), имеющих явно выраженные фазовые плоскости (например, слоистые тела с прослойками со значительной разностью фи-

зического состояния и физико-механических свойств соседних слоев), по фазовым или внутрифазовым поверхностям. Адгезионный потенциал  $P_A$  соответствует скольжению тела или его разрушению по фазовой плоскости. Когезионный потенциал  $P_K$  (как следствие ионно-молекулярной связи) аналогичен предельному напряжению растяжения. Соответствующая аналогия с учетом физического смысла коэффициентов и силовых потенциалов выражения (1) дает уравнение связи:

$$\tau = \tau_0 + f_1 \sigma_c + 2f_2 \sigma_c \sigma_p / (\sigma_c + \sigma_p). \quad (2)$$

Реальные физические состояния твердых тел являются промежуточными вариациями между несколькими идеализированными состояниями (абсолютно твердое или жидкое, пластичное, вязкое, порошковое). В отличие от абстрактных тел, рассматриваемых в теории упругости, реальные тела негомогенны, имеют существенную неоднородность появления внутренних напряжений при внешнем воздействии, а также полидисперсность и взаимодействие ультрадисперсных частиц. Здесь силовые (механические) потенциалы выражаются в паскалях, хотя могут быть переведены в размерность других энергетических потенциалов (что более привычно при рассмотрении когезионно-адгезионного взаимодействия).

Целями данной статьи являются обоснование более общего и достаточно простого уравнения связи между касательным сопротивлением сдвигу и нормальными напряжениями растяжению  $\sigma_p$  и сжатию  $\sigma_c$  с раскрытием более четкого физического смысла

слагаемых уравнения трения (1); предварительный анализ возможных физических состояний тел и оценка коэффициентов уравнения связи применительно к горным породам монолитного и дисперсного состояния и другим материалам на минеральной основе.

Для горных пород характерен большой разброс физических состояний от твердых упругих монолитов до дисперсных порошков с множеством промежуточных пластично-вязких вариаций (особенно для глинистых пород и строительных водосодержащих материалов). При этом для поликристаллических тел характерна многоуровневая структура, где разрушение происходит по микроплощадкам наименее низкого энергетического уровня, которые в значительной мере не совпадают для касательных и нормальных напряжений. Чрезвычайно важно наличие в естественных породах трещиноватости, блочности и разломов, которые можно считать способом существования горных массивов. При разрушении на первый план выходят структурные особенности тел с учетом физического состояния. Для горных пород применимы предложенные академиком Ю. Н. Роботовым понятия расщепленного разрушения и его скрытого периода до формирования трещиноватости.

Обозначим соотношение предельных напряжений растяжения и сжатия  $\sigma_p/\sigma_c = \alpha \leq 1$  и соотношение  $2/(1+\alpha) = \beta$ , где  $0 \leq \beta \leq 1$ . Величина сцепления  $C$  в формуле Кулона может быть выражена в виде  $C = \tau_0 + f_2\beta\sigma_p$ , где усматривается более четкий физический смысл этой величины. При  $\beta f_2 = \text{tg } \varphi_2$  получаем уравнение, удобное для графического анализа возможных физических состояний тел:

$$\tau = \tau_0 + \sigma_c \text{tg } \varphi_1 + \sigma_p \text{tg } \varphi_2. \quad (3)$$

Здесь коэффициенты  $\alpha$ ,  $\varphi_{1,2}$  и соответствующие значения тангенсов углов  $\text{tg } \varphi_1 = f_1$  и  $\text{tg } \varphi_2$  могут рассматриваться как упрощенные параметры физического состояния тел при данном режиме изменения напряжений (скорости и времени нагружения). Физический смысл величины  $\tau_0$  определяется наличием потенциальной энергии тел, не зависящей от внешних сил, вследствие реальной неоднородности физических свойств микрообъемов (фактическая площадь разрушения имеет

неровности, то есть не соответствует расчетной), их дискретности, различной ориентации вектора деформации, а также возможно-го действия внешних полей немеханической природы (электромагнитного или радиационного воздействия).

Уравнение (3) содержит пять изменяемых параметров, имеющих крайевые ограничения. Из уравнения (3) получаем:  $(\tau - \tau_0)/\sigma_c = f_1 + f_2\beta = f$ . Для равнопрочного тела (сопротивления растяжению и сжатию равны) при  $\tau/\sigma \leq 1$ , сумма  $f \leq 1$ . Эксперименты с различными минеральными образованиями (табл. 1) дают значения  $f_1 = 0,1-0,8$  (в том числе для скальных пород  $-0,5-0,8$ ).

Формально в области упругого деформирования коэффициент  $f = \gamma/\varepsilon(1+\mu)$ , где  $\gamma$ ,  $\mu$ ,  $\varepsilon$  – соответственно относительные деформации при нормальном и касательном напряжении и коэффициент Пуассона. При изменении реологических констант тел в простейшем случае  $f = (\tau - \tau_0)/(\sigma + tE\varepsilon^* + \eta\varepsilon^* + \varepsilon\eta^*)$ . Здесь  $\eta$  – приведенная вязкость.

Положительное значение  $f_1$  соответствует соотношению  $2(\tau - \tau_0)/\sigma_{p(c)} > 0$ . Для большинства минеральных материалов коэффициент  $\alpha = 0,05-0,18$  и  $\beta = 0,08-0,3$ .

Уравнение связи может учитывать возможность появления критических значений напряжений  $\sigma_{кр}$  и соответствующих деформаций, когда при их достижении (на фоне других возможных энергетических воздействий) заметным скачком изменяются значения коэффициентов  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $f$ . В более общем случае

$$\tau - \tau_0 = \sigma_c \text{tg } (\varphi_1 \pm \varphi_i) + \sigma_p \text{tg } (\varphi_2 \pm \varphi_i). \quad (4)$$

Результаты анализа литературных данных [3] и опытов автора по прочностным характеристикам горных пород, полученным стандартными методами на основе уравнения Кулона, с расчетом коэффициентов полученного выше уравнения их связи представлены в табл. 1.

Используя данные таблицы, с учетом вышеуказанных соотношений можно приближенно оценить величины  $\alpha$ ,  $\tau$ ,  $A = f_2\beta$ ,  $f_1$  и  $\tau_0 = C - A\sigma_p$ . Примеры расчетных характеристик: для гипса, уртрита, фосфорита, кремния, глины (при коэффициенте консистенции, близком к нулю), известняка, сланцев значения  $\tau_0$ , соответственно, равны 1,1; 5,4; 43; 9,8;

0,9; 3,9; 25 МПа, а соответствующие соотношения  $\tau_0 / \tau = B$  равны 0,08; 0,06; 0,38; 0,25; 0,33; 0,36; 0,28. Последовательные ряды (по возрастанию или убыванию) коэффициентов  $\alpha$ ,  $A$ ,  $f$  слабо согласуются между собой, что говорит об их индивидуальной значимости при анализе особенностей пород. Расчетные значения  $f_2 = 0,2-6,2$  и аномальные значения (более единицы) получены (по убыванию) для кремния, фосфорита, доломита, сланцев,

песчаника, уртрита, глинистого конгломерата, мергеля. Можно полагать, что этот коэффициент наиболее полно отражает влияние на прочность поликристаллических пород структурной неоднородности и наличия микротрещин и может служить одним из параметров оценки геодинамических процессов.

По уравнению связи (2) величина сцепления  $C = \sigma_c \sigma_p / (\sigma_c + \sigma_p)$ . Здесь в приближенном анализе последним слагаемым можно

Таблица 1

Прочностные свойства горных пород и значения параметров связи

Порода	$\sigma_p$ , Мпа	$\sigma_c$ , Мпа	C, Мпа	$\varphi_1$	$A10^2$
Апатит – 1	5	98	1,9	39	1
Гипс – 2	1,6	14,8	2,1	35	6
Пегматит – 3	9,5	118	2,5	42	1,5
Сланцы – 4	4,2	90,3	25,5	34	2,6
Мергель – 5	3,8	13,7	4,4	12	2,8
Известняк – 6	6,7	150	4,2	35	2,5
Доломит – 7	85	1310	410	35	3
Рисчоррит – 8	9,6	160	3	36	4
Луаврит – 9	19	220	3,8	35	5
Уртрит – 10	130	1800	210	38	1,2
Уртрит (2) – 11	15,2	110	5,2	27	13
Кремень – 12	3	40	10	37	3,5
Фосфорит – 13	7	100	44	34	3,5
Песчаник – 14	2,4	47	14	34	3
Глинистый – 15 (конгломерат)	2,5	41	12	33	4
Глина уплотненная ( $K = 0-0,2$ ) – 16	0,6-0,1	5-1	0,5-2	12-17	9

\*  $K$  – коэффициент консистенции.

пренебречь. Для равнопрочных тел (при сжатии или растяжении) критическое значение коэффициента  $f_2 = C / \sigma_{с(р)}$  и теоретически не превышает единицы. Фактически, как правило, соблюдается неравенство разрушающих напряжений по ряду: сжатие > сдвиг > растяжение. Рост величины  $f_2$  означает повышение роли когезионной составляющей прочности при возможной трещиноватости по направлению нормальных напряжений, и сохранение в этом случае существенных значений  $\tau - \tau_0$  может объясняться структурно-текстурными особенностями пород при их значительной гетерогенности.

Можно полагать, что в полидисперсных породах реализуется несколько энергетических уровней связей между частицами нано-, микро- и мезодиапазона. Разрыв когезионных связей, в первую очередь, происходит по наименее энергоемкому мезоуровню, а сопро-

тивление сдвига в значительной мере зависит и от более высокоэнергетических уровней с учетом структуры материала. В связи с этим величину  $\tau - \tau_0$  можно трактовать как своеобразный КПД фактической реализации когезионных сил.

Некоторые из многих возможных графиков реальных и гипотетических физических состояний тел, вытекающие из уравнений (3, 4), показаны на рис. 1. Теоретическое число физических состояний (и соответствующих частных уравнений) определяется известными из теории чисел формулами комбинаций и сочетаний шести варьируемых параметров уравнений (3) или (4). Между основными физическими состояниями: твердое (монокристалл или порошок), жидкость, пластичное тело, газ – возможно множество промежуточных реальных или гипотетических состояний. При этом структура каждого состояния име-



1-0-6: вариант при  $\tau - \tau_0 \rightarrow 0$ ; 1-0-7 – эластомерная структура при больших значениях угла  $\varphi_1$ ; линия 1-0-11 – ГТ (гипотетическое тело), при  $\sigma_c = 0$ ,  $\tau \geq 0$  – структурно-энергетическая перестройка, при  $\sigma_k = 0$  с ростом касательного сопротивления. Точка 0 характеризует идеальный газ.

Линия 17-12-0-6 (ГТ): при  $\tau \geq 0$  – переход из одного пластичного состояния в другое, когда  $\tau$  растет при сжатии (или жидкость в ограниченном интервале воздействия внешнего потенциала).

Линия 1-11-2-3: ГТ, склонное к самопроизвольному снижению  $\tau$  при возрастании сжатия в ограниченном интервале, 17-12-0-7(9) – варианты абсолютно пластичного тела, переходящего в абсолютную жидкость при  $\sigma_{c(p)} \rightarrow \infty$ ; 1-2-0-9-8 – то же (но пластичное тело с перестройкой структуры при  $\sigma \geq \sigma_{кр}$  и эквивалентное отрезку 0-9 при  $0 < \sigma < \sigma_{кр}$ ;  $\tau > 0$ ).

Линия 1-0-2-3. Модель этого состояния характеризуется следующими переходами: отрезок 1-0 – реологическая жидкость ( $\varphi_2 = 0$ , когезионное сцепление является функцией скорости силового воздействия); отрезок 2-3 – переход в деформируемое порошкообразное состояние на отрезке 0-2 (например, за счет резкого охлаждения в момент отсутствия когезионных связей, приводящего к образованию структуры соответствующего энергетического уровня). При этом временной интервал перестройки неизвестен.

Следует отметить, что величина  $\tau_0$  связана с неоднородностью структуры и текстуры материальных тел, в первую очередь, волокнистого строения с полярными и легкополяризуемыми частицами под действием суммарного внешнего потенциала (включая электромагнитное и тепловое воздействие).

По мнению автора, угол  $\varphi_2$  (см. уравнение (3)) косвенно отражает структурную неоднородность поликристаллических пород и наличие микротрещин. В связи с этим, выбор масштабного коэффициента для объективной сопоставимой оценки прочностных характеристик представляет значительную трудность.

Линейно-кусочные графики на рис. 1 являются, по существу, изображениями частных случаев уравнения связи при данных (статических) параметрах (неизменные ско-

рость и время). Для учета динамического воздействия (составления полного комплекса уравнений связи с учетом реологического изменения величин  $\tau$ ,  $\sigma$  необходимы зависимости  $\tau = f(V, t)$ ;  $\varepsilon = f(V, t)$ , совмещаемые с уравнениями (3)–(4).

Рассмотрим более общий случай, когда все величины могут изменяться во времени под действием суммарного силового потенциала. Тогда реологическое уравнение связи касательного напряжения с соответствующей деформацией запишется в виде:

$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}^* + \eta\dot{\gamma}^{**}$ , где  $G$ ,  $\gamma$  – модуль и относительная деформация при сдвиге,  $\eta$  – условная вязкость. Предельная величина  $\tau$  близка практически к величине  $c_1^2 \rho$ , где  $c_1$  – продольная скорость звука (волны деформации),  $\rho$  – плотность. Взяв производную  $\dot{\tau} = c_1^2 \dot{\rho}^*$ , после преобразований получим:

$$\dot{\gamma}^{**} + A\dot{\gamma}^* + B\gamma = C_0, \quad (5)$$

где  $A = (2\eta^* + G)/\eta$ ,  $B = (G^* + \eta^{**})/\eta$ .

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$\gamma = (\exp(-At/2)(C_1 \cos \sqrt{B - At/4} + C_2 \sin \sqrt{B - At/4}) - C_0/B), \quad (6)$$

модуль сдвига  $G_1 = E_1/2(1 + \mu)$ .

При критической величине  $t = 4B/A = 4(G^* + \eta^{**})/(G + \eta^*)$  относительная деформация  $\gamma = C_1 \exp(-2B) - C_0/B$ . При  $t = 0$ ,  $\gamma = C_1 \sqrt{B} + C_2 \sqrt{B} - C_0/B$ .

Максимальная угловая относительная деформация  $\gamma = c_1^2 \rho / (G + \eta^*)$ , динамические коэффициенты  $A = (E + \eta^*)/\eta$ ,  $B = (E^* + \eta^{**})/\eta$ ,  $C_0 = \sigma_M^*/\eta$ .

Учитывая существенное уменьшение коэффициента  $\varphi$  – затухания акустических деформационных волн [2] – при переходе к упругим деформациям и пренебрегая изменением плотности, получим: производная  $\dot{\sigma}^* \approx (c_2^*)^2 \rho (1 - \varphi^*)\dot{\eta}$  и величина  $C_0/B = D$ . Для простейших линейных зависимостей

$$E = E_0 + vt; \quad \varphi^* = \varphi_0 + at;$$

$$\eta^* = \eta_0 + mt; \quad c_2^* = c_0 + nt$$

получим:

$$\varepsilon = c_2 \rho \eta a \times \left[ 1 - (1 - \exp(Et/2\eta) \cos \sqrt{a/b - (E/\eta)^2 t}) \right] = \sigma_m / a\eta. \quad (7)$$

Коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $m$ ,  $n$  можно трактовать как тангенсы соответствующих углов, связанных с начальной и текущей (в процессе динамической деформации) величинами вектора структурной неоднородности. Из уравнений (6)–(7) можно выразить функцию  $\varphi(\tau/\sigma)$  или  $\sigma = \varphi(\tau, \varepsilon)$  и построить совмещенные пространственные графики физического состояния с учетом динамического воздействия суммарного силового потенциала.

Для поликристаллических материалов характерна анизотропия свойств на микро- и макроуровнях. При этом соотношение модулей упругости и коэффициента Пуассона по опытным данным [4]:

$$E_{\max} / E_{\min} = 1,18 - 3,35;$$

$$G_{\max} / G_{\min} = 1,07 - 2,48;$$

$$\mu_{\max} / \mu_{\min} = 0,1 - 0,6.$$

Такое изменение сказывается на значениях углов  $\varphi$  и коэффициентов  $f_{1(2)}$  и подтверждает вывод о повышении с ростом динамичности воздействия коэффициента  $f_1$  и снижении коэффициента  $f_2$ . Конкретные динамические зависимости изменения величин  $\eta$ ,  $E$ ,  $\mu$ ,  $G$  дадут возможность на любом этапе деформирования представить более конкретный график физического состояния тела.

Итак, предложенное уравнение, связывающее касательные и нормальные напряжения через коэффициенты связи, позволяет в наглядной графической интерпретации при-

ближенно прогнозировать принципиально возможные и гипотетические состояния тел, физическое моделирование которых затруднено. Анализ реологических уравнений общего вида дает возможность выявить изменение коэффициентов связи основного уравнения в динамическом процессе деформирования изотропно-неоднородных тел с учетом скорости деформации и изменения условных параметров вязкости, а также наличия критических точек перестройки структуры при анализе физических состояний и приближенных вариационных моделей тел, резко отличающихся от обычных реальных свойств.

Показанные линейные графики состояний, по существу, являются интерпретацией уравнений (3)–(4) для некоторого промежутка времени действия данного комплекса внешнего энергосилового воздействия с учетом возможностей внутренней релаксационной перестройки начальной структуры тела.

Также проведен анализ сопоставления опытных прочностных характеристик (по стандартным методикам) с соответствующими величинами уточненного уравнения связи прочностных параметров, включающих коэффициенты уравнения связи, и показана возможность изменения обобщенных параметров за счет изменения структуры и ее более высокой организации в рамках данного химико-минералогического состава (применительно к горным породам и строительным материалам).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заднепровский Р. П. Теория трения скольжения. Волгоград: Офсет, 2005. 52 с.
2. Михайлов И. Г., Соловьев В. А., Сырников Ю. П. Основы молекулярной акустики. М: Наука, 1964. С. 380–470.
3. Свойства пород горно-химического сырья / под ред. М. Е. Певзнера. М., 1971. 172 с.
4. Кукса Л. В. Механика структурно-неоднородных материалов на микро- и макроуровнях. Волгоград: ВолгГАСУ, 2002. С. 17–23.

**Заднепровский Рем Петрович** – доктор технических наук, профессор. 400074, Волгоград, ул. Лавочкина, 10–27, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. E-mail: zadnepr@yandex.ru

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЛЕНТ В ПРИВОДАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Реутов А. А.

Рассмотрены схемы приводов ленточных конвейеров с дополнительной лентой, прижимным роликом, несколькими приводными барабанами. Предложены классифицирующие признаки приводов с дополнительной лентой. Эффективность шести схем приводов ленточных конвейеров оценена с использованием двух критериев: коэффициента использования прочности конвейерной ленты и количества барабанов привода. Показано, что наибольшее увеличение силы тяги привода достигается применением прижимной ленты.

**Ключевые слова:** фрикционный привод; приводной барабан; ленточный конвейер; сила тяги; прижимная лента.

Сила тяги приводного барабана ленточного конвейера в большой степени зависит от фактического состояния контактирующих поверхностей конвейерной ленты (КЛ) и барабана (рис. 1). При плохом сцеплении КЛ с приводным барабаном создаваемая им сила тяги недостаточна для работы конвейера.

Для увеличения силы тяги фрикционного привода ленточных конвейеров предложен ряд конструкций приводов, включающих помимо приводных барабанов дополнительные ленты, предназначенные для усиления прижатия КЛ к поверхности приводных барабанов и/или передачи ей тягового усилия.

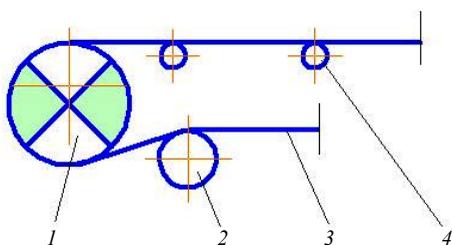


Рис. 1. Схема однобарабанного головного привода:

1 – головной приводной барабан; 2 – отклоняющий барабан; 3 – КЛ; 4 – поддерживающий ролик

Для классификации приводов ленточных конвейеров с дополнительными лентами выделим следующие классифицирующие признаки дополнительной ленты:

- прижимает/не прижимает КЛ к поверхности приводного барабана;
- передает/не передает КЛ тяговое усилие на поверхности взаимного контакта;
- контактирует с рабочей (загрязненной)/нерабочей (чистой) поверхностью КЛ.

Дополнительная лента обеспечивает требуемую силу тяги приводного барабана в сложных условиях эксплуатации ленточного

конвейера, когда невозможно обеспечить высокое значение коэффициента сцепления КЛ с приводным барабаном.

Так, в приводе ленточного конвейера 1Л100К для увеличения тяговой способности между лентой и приводным барабаном размещена дополнительная лента (рис. 2) [1].

В соответствии с предложенной классификацией дополнительная лента не прижимает КЛ к поверхности приводного барабана, но передает тяговое усилие нерабочей (чистой) поверхности КЛ. Применение дополнительной ленты позволяет передавать тяговое усилие КЛ не только на поверхности приводного барабана 5, но и на поверхности отклоняющего барабана 4.

В [2] приведена схема привода ленточного конвейера с размещением приводного барабана на холостой ветви КЛ (рис. 3). Дополнительная лента не передает КЛ тяговое усилие, но прижимает ее к поверхности приводного барабана, контактируя с рабочей (загрязненной) поверхностью КЛ.

Недостатками этой схемы являются недостаточное увеличение силы тяги из-за ограниченного веса и габаритов груза, увеличенные габариты привода в вертикальном направлении и невозможность его использования при горизонтальном (или близком к горизонтальному) расположении набегающей и сбегаящей ветвей КЛ.

Применение дополнительной ленты усложняет конструкцию привода ленточного конвейера, поскольку для ее монтажа и эксплуатации необходимы дополнительные отклоняющие барабаны, натяжное устройство, пространство для стыковки концов дополнительной ленты. Кроме того, необходимо

обеспечивать центральное движение дополнительной ленты без боковых смещений.

Для увеличения силы тяги фрикционного привода помимо дополнительных лент

известны другие конструктивные решения. Если дополнительная лента передает КЛ тяговое усилие без ее дополнительного прижатия к поверхности приводного барабана, то

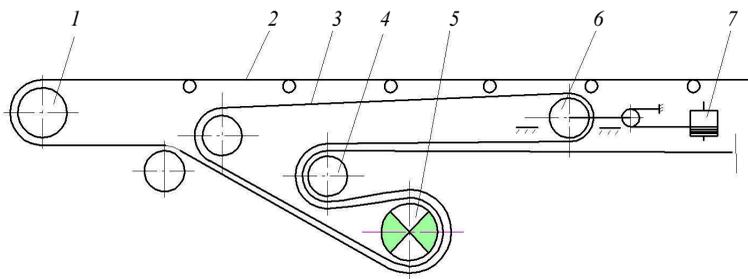


Рис. 2. Схема привода с дополнительной лентой:  
1 – головной барабан; 2 – КЛ; 3 – дополнительная лента; 4 – отклоняющий барабан; 5 – приводной барабан; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

альтернативным решением является увеличению угла охвата КЛ приводного барабана.

Если дополнительная лента прижимает КЛ к поверхности приводного барабана без передачи тягового усилия, то альтернативным решением является установка прижимных роликов (барабанов).

Общей альтернативой применению дополнительных лент является увеличение силы предварительного натяжения КЛ, т. е. навеска более прочной КЛ. При этом увеличение силы натяжения КЛ требует, возможно, применения более прочных барабанов, натяжного устройства. Поэтому увеличение силы натяжения КЛ (небольшое по сравнению с расчетным значением) можно рекомендовать, если это не требует изменения типоразмера КЛ, конструкции барабанов и натяжного устройства.

Установка нескольких приводных барабанов широко применяется в ленточных конвейерах горных предприятий. Так, ленточ-

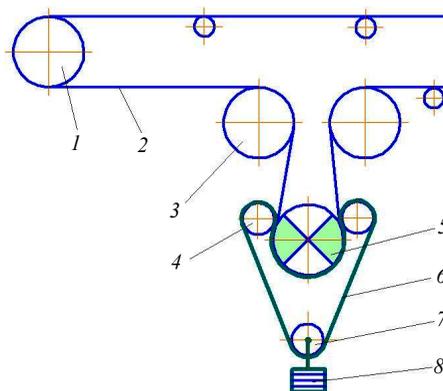


Рис. 3. Схема привода с дополнительной лентой:  
1 – головной барабан; 2 – КЛ; 3 – отклоняющий барабан; 4 – обводной барабан; 5 – приводной барабан; 6 – дополнительная лента; 7 – натяжной барабан; 8 – груз

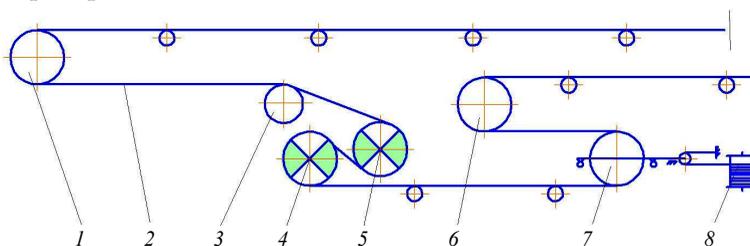


Рис. 4. Схема ленточного конвейера 1Л80:  
1 – головной барабан; 2 – КЛ; 3, 6 – отклоняющие барабаны; 4, 5 – приводные барабаны; 7 – натяжной барабан; 8 – натяжное устройство

ный конвейер 1Л80 изготавливался с двумя приводными барабанами, приводимыми во вращение одним редуктором, имеющим два выходных вала (рис. 4) [1].

Установки двух приводных барабанов с одним общим электродвигателем (ЭД) требуют установки крупногабаритного редуктора нестандартной конструкции.

Применение двух приводных барабанов, жестко соединенных одним редуктором, эквивалентно удвоению угла охвата КЛ одного приводного барабана. При этом второй по ходу движения КЛ приводной барабан передает ей значительно меньшую силу тяги, чем первый приводной барабан.

Выравнивание силы тяги приводных барабанов достигается установкой отдельных

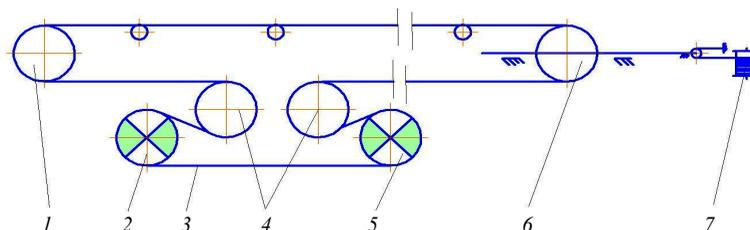


Рис. 5. Схема ленточного конвейера 1ЛУ120:  
1 – головной барабан; 2, 5 – приводные барабаны; 3 – КЛ; 4 – отклоняющие барабаны; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

блоков. Кроме того, КЛ 3 охватывает оба приводных барабана 2 и 5 чистой (нерабочей) стороной, каждый приводной блок смонтирован на отдельной сварной раме.

Увеличение угла охвата и дополнительное прижатие КЛ к приводному барабану предусмотрено в приводе конвейера 1ЛУ100 (рис. 6). Прижимной барабан 4 целесообразно устанавливать в конце дуги охвата КЛ 3 приводного барабана 5 [3]. Сила прижатия ограничена допустимыми значениями напряжений в обкладках и прокладках КЛ. Установка одного прижимного ролика или барабана дает незначительное увеличение силы тяги [3].

Суммарная мощность приводов современных ленточных конвейеров достигает нескольких мегаватт [4]. Для создания высокоэффективных ленточных конвейеров необходимо оценить эффективность применения дополнительной ленты в приводе ленточного конвейера по сравнению с альтернативными конструктивными решениями.

В качестве альтернативных конструктивных решений рассмотрим:  $\Pi_1$  – однобарабанный головной привод (рис. 1);  $\Pi_2$  – привод с одним приводным барабаном и дополнительной тяговой лентой (рис. 2);  $\Pi_3$  – привод с одним приводным барабаном и дополнительной прижимной лентой (рис. 3);  $\Pi_4$  – двухбарабанный привод с одним ЭД (рис. 4);  $\Pi_5$  – двухбарабанный привод с двумя ЭД (рис. 5);  $\Pi_6$  – однобарабанный привод с прижимным барабаном (рис. 6).

приводных блоков. Так, ленточный конвейер 1ЛУ120 имеет два приводных барабана, каждый из которых приводится во вращение своим ЭД через редуктор (рис. 5) [1].

Установка двух приводных барабанов с собственными ЭД приводит к удвоению числа узлов приводной станции. Положительной особенностью этой конструкции является уменьшения веса и габаритов приводных

В качестве критериев эффективности примем:

- коэффициент использования прочности КЛ,  $K_1 = W_{\Sigma} / [S]$ , где  $W_{\Sigma}$  – максимально возможная сила тяги привода, Н;  $[S]$  – максимально допустимое натяжение КЛ, Н;
- количество барабанов привода  $N_6$ .

Для вычисления значений  $K_1$  применим зависимости [3] для расчета  $W_{\Sigma}$ . Значения критериев  $K_1$  и  $N_6$ , рассчитанные при  $\mu = 0,3$ ;  $\alpha = 225^\circ$ ;  $\alpha_1 + \alpha_2 = 450^\circ$ ;  $\alpha_0 = 180^\circ$ ;  $N_{\text{пр}} = 0,075[S]$ ;  $S_{\text{доп}} = 0,4[S]$ , приведены в таблице.

#### Формулы для расчета и значения критериев

Конструкция привода	Формулы для расчета $K_1$ при $S_{\text{доп}} = [S]$	$K_1$	$N_6$
$\Pi_1$ (рис. 1)	$K_1 = 1 - \exp(-\mu\alpha)$	0,692	2
$\Pi_2$ (рис. 2)	$K_1 = 1 - \exp[-\mu_2(\alpha + \alpha_0)]$	0,880	5
$\Pi_3$ (рис. 3)	$K_1 = [1 - \exp(-\mu\alpha)](1 + S_{\text{доп}}/[S])$	0,970	6
$\Pi_4$ (рис. 4)	$K_1 = 1 - \exp[-\mu(\alpha_1 + \alpha_2)]$	0,905	5
$\Pi_5$ (рис. 5)	$K_1 = 1 - \exp[-\mu(\alpha_1 + \alpha_2)]$	0,905	4

$\mu$  – коэффициент сцепления КЛ с приводным барабаном;  $\alpha$  – угол охвата КЛ приводного барабана;  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы охвата КЛ 1-го и 2-го приводных барабанов;  $\alpha_0$  – угол охвата КЛ отклоняющего барабана;  $N_{\text{пр}}$  – сила прижатия прижимного барабана к приводному барабану;  $S_{\text{доп}}$  – сила натяжения набегающей ветви КЛ;  $S_{\text{доп}}$  – сила натяжения дополнительной ленты.

Из таблицы следует, что для принятых исходных данных эффективно используют прочность КЛ приводы конструкций  $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$  и  $\Pi_5$ . Меньшее значение  $K_1$  для конструкции  $\Pi_2$  по сравнению с  $\Pi_4, \Pi_5$  обусловлено тем, что в исходных данных  $\alpha + \alpha_0 < \alpha_1 + \alpha_2$ . При  $\alpha + \alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2$  значения  $K_1$  для конструкций  $\Pi_2, \Pi_4$  и  $\Pi_5$  равны.

Применение дополнительной ленты в конструкциях приводов  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  требует установки пяти и шести барабанов соответственно. Применение прижимной ленты более эф-

фективно, чем тяговой, так как оно в большей степени увеличивает силу тяги привода. К тому же прижимная лента меньше изнашивается, чем тяговая.

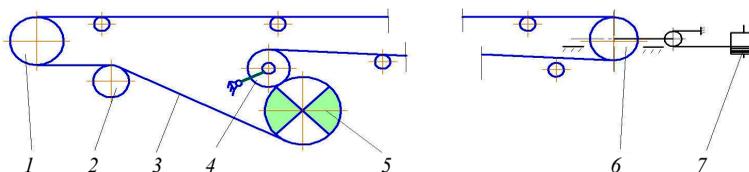


Рис. 6. Схема ленточного конвейера 1ЛУ100:  
1 – головной барабан; 2 – отклоняющий барабан; 3 – КЛ; 4 – прижимной барабан; 5 – приводной барабан; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

Таким образом, из рассмотренных средств увеличения силы тяги привода наиболее эффективными являются:

– ограниченное увеличение силы натяже-

ния КЛ (без изменения типоразмера КЛ);

– установка двух приводных барабанов с собственными ЭД;

– применение прижимной ленты.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / под общ. ред. Б. Ф. Братченко. М.: Недра, 1978. 423 с.
2. Евневич А. В. Транспортные машины и комплексы. М.: Недра, 1975. С. 89–90.
3. Реутов А. А. Моделирование приводов ленточных конвейеров. Брянск: Изд-во БГТУ, 2011. 152 с.
4. Давыдов С. Я. Новые решения по использованию лент общепромышленного назначения для перемещения насыпных материалов // Известия Уральского государственного горного университета. 2013. № 4. С. 59–71.

Поступила в редакцию 26 декабря 2013 г.

**Реутов Александр Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и оборудования. 241035, г. Брянск, бул. 50-летия Октября, 7, Брянский государственный технический университет. E-mail: umu@tu-bryansk.ru

УДК 574.4

## ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕДР И РЕАКЦИЯ РЕЦИПИЕНТОВ

Косолапов О. В.

Анализируются работы исследователей, посвященные проблеме техногенного воздействия на окружающую среду при добыче полезных ископаемых. В процессе анализа выполнена группировка всех работ на три блока: воздействия и их оценка; формирование последствий; экологическое нормирование как критерий, ограничивающий действие техногенных факторов. Сложность перехода на экологическое нормирование позволяет считать первостепенной проблему снижения антропогенной нагрузки на экосистемы, что делает особо интересными исследования в области экологически безопасных технологий.

*Ключевые слова:* воздействия; последствия; освоение недр; реципиенты; экологическое нормирование.

Первостепенным требованием экоустойчивого развития является обеспечение биосферосовместимости (согласование техногенной нагрузки с ассимиляционной способностью экосистем). В схематическом виде данное требование, обусловленное загрязнением, отражено на рис. 1. Важность исследований данной проблемы предопределяет их масштабность. В целом они могут быть подразделены на несколько блоков. Первый блок многочислен и объединяет в себе работы, посвященные формированию воздействий добывающих предприятий на окружающую среду, при этом воздействия рассматриваются с двух позиций: по источникам воздействия и/или по средам.

Виды воздействий увязываются с подземным и открытым способами разработки месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, первичной переработкой рудного сырья, а также разработкой нефтяных и нефтегазовых месторождений. Источники воздействия могут быть передвижные и стационарные, рассредоточенные по площади и сосредоточенные. По динамике воздействия во времени они подразделяются на периодические и постоянные; по временному масштабу – на кратковременные, средневременные и долговременные. Согласно пространственному масштабу, выделяются локальные, местные, региональные и глобальные воздей-

ствия.

Учету подлежат также интенсивность воздействия, степень воздействия, опасность воздействия (превышение норматива ПДК, фона, кларка), площадь нарушенных земель и др. В свою очередь, объекты восприятия воздействия могут классифицироваться:

- по компонентам природной среды (атмосфера, почва, поверхностные и подземные воды, животный и растительный мир, литосфера);
- по критериям восстановления среды: самовосстанавливающиеся и несамовосстанавливающиеся;
- по устойчивости: устойчивые, относительно устойчивые, слабоустойчивые, неустойчивые и крайне неустойчивые.

При описании характера воздействий они обычно идентифицируются с набором процессов, необходимых для изъятия и доставки на поверхность части материальной литосферы, содержащей полезные компоненты, которые предоставляют собой хозяйственную ценность. Согласно [1] выделяют:

- добываемый материал литосферы, который может использоваться без какой-либо переработки (песок, глина, строительный камень и т. д.);
- добываемый материал литосферы, который требует переработки на поверхности (руды цветных и черных металлов);

– извлечение полезного компонента, осуществляемое без выдачи на поверхность материала-носителя (нефть, газ и др.).

В каждой из рассматриваемых схем добыча полезного ископаемого предполагает придание свойств подвижности полезной составляющей литосферы либо путем изменения

ее физического состояния (перевод в другое агрегатное состояние, дезинтеграция), либо создания физических, химических условий для ее миграции.

Горная промышленность по результатам исследований оказывает воздействие на все компоненты природной среды, и хотя по

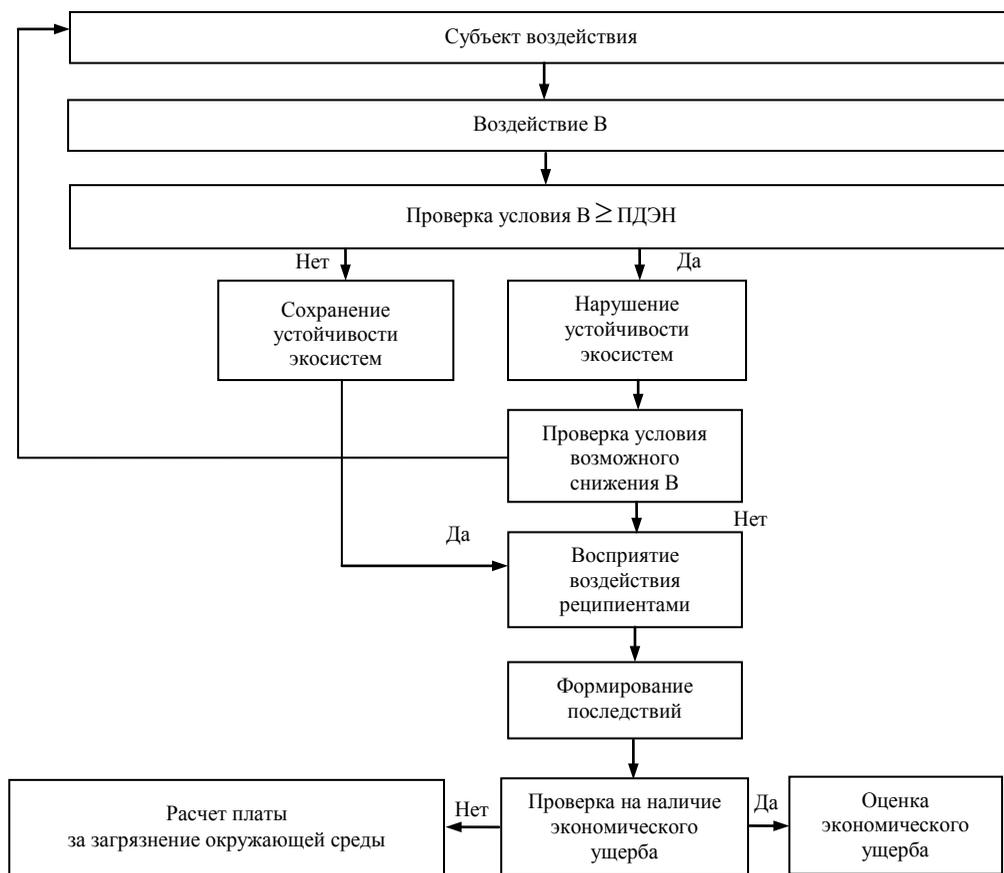


Рис. 1. Схема оценки биосферосовместимости техногенной нагрузки

интенсивности загрязнения природной среды и размерам нарушений площадей она не занимают лидирующих позиций, но для нее характерно перемещение огромного количества инертного вещества из литосферы в материковые и морские экосистемы, что приводит к существенному превышению темпов добычи полезного ископаемого и формирования отходов над темпами биопродуктивности материковых экосистем. Это в свою очередь обуславливает снижение ассимиляционных способностей биосферы [2].

К числу основных видов воздействия горных производств на окружающую среду обычно относят:

– загрязнение атмосферного воздуха пылегазовыми выбросами при буровзрывных и

транспортно-разгрузочных работах на карьерах, а также рудничной вентиляцией, пылением и самовозгоранием пород отвалов; для транспортных коммуникаций карьеров – пылегазовое загрязнение воздуха от движения автотранспорта и пылевого загрязнения от дефляции пород на транспортерах при конвейерных отвалах:

– отчуждение земель под промплощадку, под отвалы;

– нарушение ландшафта, деформация земной поверхности над выработанным пространством;

– воздействие на водный бассейн вследствие сброса загрязненных вод, стоков промплощадки; загрязнение продуктами выщелачивания отвальных пород;

- нарушение гидрологического режима при осушении месторождений и за счет водозабора;
- загрязнение почв продуктами выщелачивания и эрозии отвалов;
- загрязнение недр;
- нарушение геодинамического состояния массива горных пород;
- истощение минеральных, водных ресурсов.

Как показывает практика, в силу отличий природно-техногенного ресурсного цикла открытой и подземной геотехнологий по масштабам и времени, их воздействия на компоненты природной среды также неравнозначны. Воздействие подземной геотехнологии на окружающую среду по сравнению с открытой на порядок ниже, о чем свидетельствуют, в первую очередь, официальные данные. Во-первых, существенно меньше загрязнение атмосферного воздуха, так как объем одновременно взрываемых ВВ при скважной отбойке не превышает 100–150 т, в то время как при массивных взрывах в карьерах он составляет 200–1100 м. Масса взрываемых пород в карьерах достигает 2 млн т, а объем пылегазового облака 15–20 млн м<sup>3</sup>. Радиус загрязнения воздушного бассейна вокруг карьера может достигь 12–15 км. Во-вторых, подземный способ разработки отличается более низким уровнем воздействия на земельные ресурсы, чем открытый. Величина нарушенных земель при подземных работах составляет от 10–15 до 80–100 га, в то время как при открытых работах она исчисляется цифрами от 80–90 до 1700 га. Согласно [3], каждый миллион тонн добычи угля открытым способом сопровождается нарушениями 35–50 га земельных ресурсов. При равных исходных условиях при открытом способе разработки требуется приблизительно в 3,5 раз больше земельного отвала, чем при подземном [4]. Отвалы пустых пород, под размещение которых изымаются земельные площади на карьерах, в десятки раз превышают отвалы, формирующиеся на рудниках. Основной объект воздействия при подземной разработке – это недра.

Техногенные вторжения в литосферу приводят к изменению механических свойств материала литосферы (трещиноватость, напряженно-деформационное состояние и

т. д.), что сопровождается сдвижением горных пород, появлением в породном массиве нескольких зон, отличающихся характером и степенью деформирования пород. Чаще всего рассмотрению подлежит совокупное воздействие на тот или иной компонент природной среды, реже выделяются источники воздействия. Достаточно большой массив информации касается воздействия угольных шахт и разрезов на окружающую среду, месторождений строительного сырья и т. д. Наряду с обобщенными оценками воздействия имеют место исследования, конкретизирующие их для условий отдельных месторождений [5–7], районов или регионов [8–11] или специфических условий месторасположения месторождений (например, в криолитозоне [12], в условиях Севера [13, 14]). В ряде работ отображаются изменения среды под влиянием воздействий. Систематизация техногенных изменений недр выполнена в работах [1, 15, 16], нарушения гидросферы, гидрорежима отражены в работах [17, 18]. Наибольшее число исследований посвящено изменениям почв в связи с их загрязнением тяжелыми металлами – ТМ [11, 19, 20].

Второй блок исследований связан с изучением последствий, формирующихся у фитоценоза (растительность), наиболее чувствительного к воздействиям горнопромышленного комплекса, и населения. Естественно, что каждый вид растительности, в зависимости от степени его адаптации к ТМ, реагирует на загрязнение по-своему: заменяется состав ценозов, снижается бонитет и прирост, происходит усыхание и в конечном счете гибель растений. Как правило, самые существенные экологические изменения происходят на промплощадке, с удалением же от нее последствия для реципиентов постепенно уменьшаются.

Весьма полная картина трансформации экосистем дана в работе [21], где в качестве объекта воздействия выступает Среднеуральский медеплавильный завод. Теоретические основы трансформации природной среды под влиянием нефтедобывающих предприятий, в том числе закономерности изменения биоценоза представлены в работах [22, 23]. Выявлены особенности деградации лесных фито-

ценозов и травяных сообществ под влиянием антропогенной деятельности, связанной с освоением недр, последовательность техногенных смен в экосистемах (от фонового состояния до техногенной пустоши) по мере увеличения техногенных нагрузок.

Для последнего времени характерны также исследования, связанные с оценкой последствий антропогенных воздействий, формирующихся у населения, ибо по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), состояние здоровья населения в мире на 20–30 % зависит от степени решения проблем экологической безопасности. Существуют и другие оценки, в которых эта доля измеряется 40–50 % и 40–45 %. Наличие тесной взаимосвязи между уровнем загрязнения и изменением состояния здоровья населения подтверждают многочисленные исследования [24–27]. Работами исследователей [28] подтверждена зависимость частоты острой заболеваемости органов дыхания школьников от суммарного загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, диоксидом азота и фенолом, а в работе [29] по биопробам выявлена положительная корреляционная связь между видами нефропатологии у детей и содержанием цинка, кадмия и железа в окружающей среде. Примеры, подтверждающие наличие указанной взаимозависимости, можно проводить и далее, так как они весьма многочисленны и красноречиво свидетельствуют о росте заболеваемости и смертности населения под влиянием загрязнения окружающей среды, обусловленного антропогенной деятельностью в процессе освоения ресурсов недр.

Самый малочисленный блок представлен работами, объектом исследования в которых выступает экологическое нормирование. Действующая в настоящее время система нормативов качества окружающей среды ориентирована на ограничение воздействия вредных факторов на человеческий организм, защита же экосистем требует установления нормативов, ориентированных на защиту биоты. Экологические нормативы в этом случае рассматриваются как критерии, ограничивающие действие техногенных факторов и обеспечивающие тем самым сохранение биоты экосистем [21, 30]. Обзор концепций экологического нормирования, выполненный в работе [21],

свидетельствует об этапности этих исследований. Первый этап связан с предысторией данной проблемы, постановкой, которую осуществили С. С. Шварц и Н. С. Строгонов. Второй этап характеризует развитие теоретических исследований по двум направлениям: модификация гигиенического нормирования (В. Б. Ильин, И. Г. Важенин, Ю. А. Изриэль и др.) и обоснование принципиально иных подходов (В. Д. Федоров, Ю. Г. Пузаченко, Д. А. Криволицкий, О. Ф. Садыков, Т. Д. Александрова и др.). Третий этап представляет собой период экспериментальных работ по анализу зависимости *доза–отклик* на экосистемном уровне.

Практика показывает, что могут иметь место две ситуации. Первая, когда элементы экосистемы обладают механизмом устойчивости, которые включаются последовательно в условиях антропогенного воздействия на экосистему. В результате экосистема долго противодействует нагрузке, а в последующем очень резко переходит в новое состояние (импактное, почти с нулевой жизнеспособностью). Пороговая реакция экосистемы позволяет обосновать объективный критерий предельной нагрузки. Переход из одного состояния в другое происходит при этом очень быстро, очень резко (ступенчато). В то же время при низкой устойчивости экосистемы данный переход имеет плавный характер, т. е. элементы экосистемы почти сразу теряют устойчивость и плавно отслеживают увеличение нагрузки. Подобный характер реакции экосистемы вуалирует зону перехода систем и затрудняет решение задачи экологического нормирования. Использование пороговости реакции биоты экосистем для обоснования экологических нормативов на сегодня является общепризнанным.

Необходимость данного подхода очевидна, сложность же заключается в том, что каждая из экосистем в силу специфических биологических сообществ предполагает наличие своего собственного предела величины техногенного воздействия. Ограниченность знаний о биологических изменениях в экосистемах и их разнообразии делают решение рассматриваемой проблемы практически невыполнимой. К числу недостатков методического подхода, связанного с экологическим

нормированием, относятся также трудоемкость и длительность процесса, в силу чего экологические нормативы могут быть разработаны в тот момент, когда необходимость в защите экосистемы уже отпадает [1].

Таким образом, первостепенной проблемой становится снижение антропогенной на-

грузки на экосистемы и обеспечение качества окружающей среды, что делает особенно интересными работы, в которых обосновываются методические подходы к биологической регламентации техногенных воздействий [1, 31, 32] и поэтапному переходу к экологически безопасным технологиям.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубецкий К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и обществ. М.: Научтехлитиздат, 2003. 262 с.
2. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Минерально-сырьевой комплекс и естественная биота земли // Геохимия, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2002. № 6. С. 483–488.
3. Пашкевич М. А., Паршина М. В. Анализ экологической опасности объектов угольной промышленности // ГИАБ. 2007. № 11. С. 305–312.
4. Наумкин А. П., Мечиков О. С. Устранение негативных экологических последствий недропользования в границах земельных отводов горных и задействованных перерабатывающих предприятий // Маркшейдерский вестник 2009. № 2. С. 43–46.
5. Экологические аспекты открытой разработки Эльгинского каменно-угольного месторождения / О. Б. Бабенко [и др.] // Горный журнал. 2002. № 3. С. 71–74.
6. Лепихин А. П., Мирошниченко С. А. Техногенное воздействие Соликамско-Березовского промузла на поверхностные водные объекты // Горный журнал. 2008. № 10. С. 92–96.
7. Овчинникова Т. В., Уфлянд Г. С. Расширение северного медно-цинкового рудника без ущерба окружающей среде Северного Урала // Горный журнал. 2011. № 7. С. 31–34.
8. Вольперт Я. Л., Мартынова Г. А. Основные направления минимизации воздействия алмазодобывающей промышленности Якутии на окружающую среду // Горный журнал. 2011. № 1. С. 100–102.
9. Замана Л. В. Геологические последствия разработки рудных месторождений Забайкалья // Горный журнал 2011. № 3. С. 24–27.
10. Зверева В. П. Экологическая ситуация в Дальнегорском горнодобывающем районе Приморья // Горный журнал. 2006. № 4. С. 78–80.
11. Самарина В. П. Влияние горно-металлургического комплекса на состояние окружающей среды региона // Экология и промышленность России. 2007. № 7. С. 40–42.
12. Михайлов Ю. В., Коворова В. В., Морозов В. Н. Горнопромышленная экология. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 336 с.
13. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Косолапов О. В. Экономическая оценка экологических последствий освоения минеральных ресурсов // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 7. С. 13–16.
14. Пешков С. С., Насолец Н. Б. Проблема сохранения окружающей природной среды в условиях Севера при проектировании и строительстве новых объектов горнопромышленного комплекса // Горный журнал. 2002. № 7. С. 79–82.
15. Славиковский О. В., Славиковская Ю. О., Валиев Н. Г. Освоение минеральных ресурсов и проблемы восстановления недр. Технологии восстановления ландшафта местности и техногенных пустот недр. Екатеринбург: УГГУ, 2012. 208 с.
16. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В. Систематизация экологических последствий техногенного изменения недр в процессе их освоения // Геоэкология, инженерная геоэкология, гидрогеология, геокриология 2008. № 4. С. 291–300.
17. Аузина Л. И. Опыт оценки устойчивости подземной гидросферы с использованием комплексного показателя // Эколого-геологические проблемы урбанизированных территорий: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 3–9.
18. Четверик М. С., Бубнова Е. А., Стаценко Н. М. Нарушение геологической среды при горных разработках и пути ее восстановления // Маркшейдерия и недропользование. 2008. № 4. С. 58–60.
19. Горшенина Е. Л. Взаимосвязь тяжелых металлов с химическим составом почв Оренбургской области // Эколого-геологические проблемы урбанизированных территорий: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 101–104.
20. Легостаева Я. Б., Мартынова Г. А. Анализ микроэлементного состава грунтов и почвогрунтов селитебных территорий Западной Якутии // Горный журнал. 2011. № 10. С. 86–89.
21. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафанов М. Г. Экологическое нормирование наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ, «Наука», 1994. 282 с.
22. Бузмаков С. А., Костарев С. М. Трансформация геосистем в районах нефтедобычи // Изв. вузов. Нефть и газ. 2004. № 5. С. 124–131.
23. Бузмаков С. А. Технология трансформации экосистем // Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. науч. тр. Пермь: Перм. ун-т, 2006. С. 26–51.
24. Быстрых В. В. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения окружающей среды промышленного города и показателей здоровья новорожденных: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Оренбург, 1995. 23 с.
25. Гуревич В. Б. Системный подход к управлению экологически обусловленным риском для здоровья населения на примере предприятий алюминиевой промышленности: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2008. 19 с.
26. Куриленко Е. А. Методика оценки негативного влияния промышленных выбросов на состояние здоровья населения (на примере г. Усть-Каменогорска): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Алма-Ата, 2008.
27. Эколого-экономический анализ, программное обеспечение и снижение эколого-экономического ущерба / В. Г. Лисиенко [и др.]. Екатеринбург: УГГУ – УПИ, 2005. 310 с.
28. Вепринцев В. В., Плотко Э. Г., Насыбуллина Г. М. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий горной металлургии на здоровье школьников методом распознавания образов // Эколо-

гическая безопасность промышленных регионов: материалы Первого Урал. Междунар. эколог. конгресса. Екатеринбург: МАНЭБ, 2007. Т. II. С. 61–65.

29. Загрязнение окружающей среды и заболеваемость населения Севера России / В. А. Черешнев [и др.] // Геология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2008. № 2. С. 99–108.

30. Израэль Ю. А., Семенов С. Н., Купина И. М. Экологическое нормирование: методология и практика // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1992. С. 122–125.

31. Галченко Ю. П., Хишиктуев С. В. О методических подходах к проблеме биологического нормирования площадей техногенного разрушения естественной биоты при строительстве горнодобывающих предприятий // Экологические системы и приборы. 2001. № 4. С. 16–21.

32. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Принцип построения экологически безопасных технологий // Горный вестник. 1999. № 4/5. С. 21–28.

Поступила в редакцию 16 января 2014 г.

**Косолапов Олег Вениаминович** – кандидат экономических наук, начальник Управления по недропользованию по Оренбургской области. 460000, г. Оренбург, пер. Парковый, 6.  
E-mail: nedra1958@mail.ru

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОУРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Сорокина А. Ф., Мочалова Л. А.

В статье обосновывается необходимость оценки качества сельской местности; описывается методология оценки качества территории с указанием особенностей для сельской местности; приводятся рекомендации по повышению эффективности управления качеством сельской местности и обеспечения её сбалансированного развития.

**Ключевые слова:** сельская местность; качество территории; оценка качества сельской местности; типы административно-территориальных единиц; методы управления.

Сельская местность (СМ) России в XX в. претерпела ряд крупных преобразований, коренным образом менявших ее экономическое и социальное состояние. Последние преобразования, явившиеся результатом постсоветских реформ 1990-х гг., привели к тому, что СМ в последние два десятилетия переживает драматичный период. Сельское хозяйство, выступая экономической основой СМ, в условиях рыночных экономических отношений лишилось в начале 1990-х гг. государственных дотаций и оказалось в глубочайшем кризисе.

Проблема неблагополучного социально-экономического состояния СМ актуальна для таких высокоурбанизированных территорий, как Свердловская область. Для того, чтобы стабилизировать ситуацию и в дальнейшем ее существенно улучшить, необходимо повышать качество СМ. В конце 2005 г. в России был принят известный национальный проект «Развитие агропромышленного комплекса». В 2007 г. в Свердловской области была разработана и принята комплексная программа социально-экономического развития села «Уральская деревня», приоритетным направлением реализации которой является обеспечение населения области качественными, здоровыми, безопасными и полезными продуктами питания.

Анализу социально-экономических последствий аграрных реформ и особенностей развития СМ в данный период посвящено немало работ ученых разных на-

учных направлений [1–7]. Тем не менее, необходимы принципиально новые научные подходы к изучению СМ, в первую очередь связанные с выявлением пространственной дифференциации качества СМ регионов. Успешная и правильная оценка качества СМ может способствовать ускоренной реализации региональной политики с наименьшими экономическими, социальными и экологическими потерями для общества и экономики сельских населенных пунктов.

В связи со всем выше сказанным необходимо формирование научно-методических основ оценки и управления качеством СМ.

Исходным в проведенном авторами исследовании является понятийно-категориальный аппарат. Анализ категорий «территория», «качество», «качество жизни» и «маркетинг территорий» позволил сформулировать своё определение понятия «качество территории»: это совокупность характеристик компонентов территории, которые демонстрируют её способность выполнять присущие ей функции и обеспечивать устойчивость (сбалансированность) развития. Данное определение учитывает сложность характера территории, множественность выполняемых ею функций и важность движения на пути к обеспечению устойчивости развития.

Используемый термин «качество СМ» базируется на характеристике «качества территории» и «СМ». СМ с точки зрения

экономико-географического подхода (в авторской трактовке) – это территория с мало измененной природной средой и преобладанием сельского хозяйства среди других видов экономической деятельности.

Разработанная авторами методология оценки качества территории строится на системном, территориальном и типологическом подходах, подразумевающих оценку качества всех ее компонентов (географическая среда, население, производственная (экономическая) сфера), формирование различных типов по качеству и подготовку базы для управления качеством территории, которое ориентировано на обеспечение ее устойчивости (рис. 1).

Сочетание всех компонентов территории определяет основные социально-экономические характеристики её качества. Таким образом, формируется особый тип

качества территории со свойственными ему признаками географической среды, населения и производственной (экономической) сферы, которые выполняют функции, которые обеспечивают устойчивость развития территории через управление ею.

Типологизация территорий различного ранга позволяет выделить особые типы с учетом требований для эффективной организации управления. При этом объектом управления становится отдельный тип территории по качеству, а субъектом – система органов государственной власти районного, областного и федерального уровней [8]. Именно благодаря такому подходу, могут быть достигнуты наиболее значимые с позиций социально-экономической географии результаты управления, а именно, обеспечение устойчивости в развитии территории.



Рис. 1. Методология оценки качества территории

Методология оценки качества СМ основывается на методологии оценки качества территории и учитывает следующие моменты. Географическая среда, как структурный компонент (в большей степени природная составляющая), по сравнению с городом играет в СМ большую роль. От неё зависит другой структурный компонент – производственная (экономическая) сфера, где основной материальной отраслью является сельское хозяйство. Такой структурный компонент СМ, как население, также имеет свои особенности: низкая численность, нарушенная

возрастная структура (преобладание лиц старше трудоспособного возраста), более низкий уровень образованности и материального благополучия.

Комплексным фактором, оказывающим влияние на качество СМ, является влияние на качество СМ, является уровень урбанизированности территории, который взаимосвязан с типом территорий по качеству и должен учитываться при оценке и управлении качеством СМ.

Авторами обосновывается временная и пространственная взаимосвязь урбанизации и качества СМ и в рамках отдельного региона (области) выделяется 4 типа

административно-территориальных единиц (АТЕ): пригородный, традиционно сельский, полупериферийный и периферийный (рис. 2).

Все АТЕ *пригородного типа* СМ располагаются вокруг регионального (областного) центра. Здесь отмечается повышенная плотность населения, высокая автомобилизация и высокая плотность дорог. Расположение в зоне двухчасовой доступности территориального центра дают

возможность сельским жителям районов этого типа использовать городскую социальную инфраструктуру и работать в городе. Сельское население пригородов отличается относительно благоприятной демографической структурой, повышенной социальной и профессиональной мобильностью. Возможность трудоустройства в городах ввиду их доступности снижает уровень безработицы среди сельского населения.

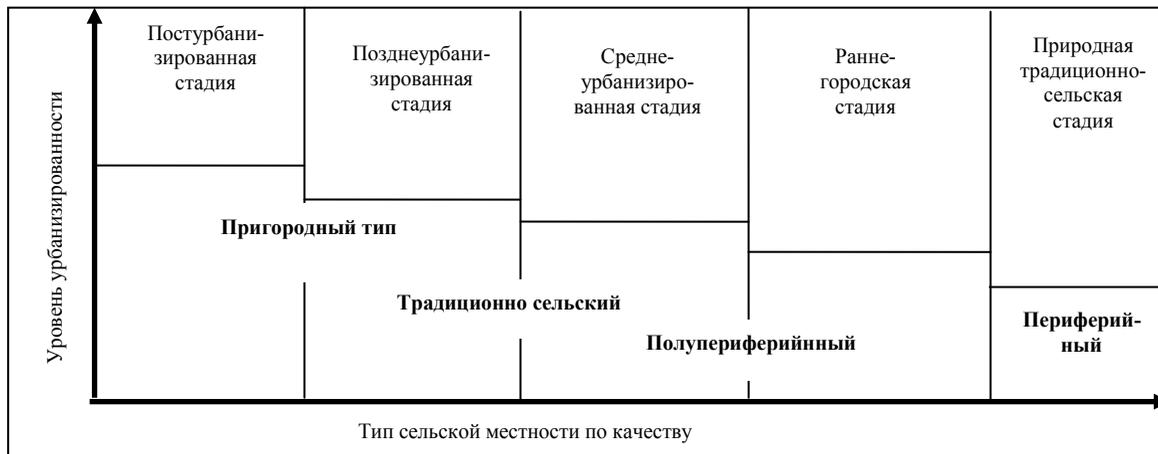


Рис. 2. Взаимосвязь уровня урбанизированности и качества СМ на разных исторических стадиях

*Традиционно сельский тип СМ* включает АТЕ, для которых характерно следующее: плотность сельского населения примерно в 1,5 раза выше средней по региону (области), численно здесь преобладают средние и мелкие поселения, сеть городских поселений разрежена. В целом же этот тип АТЕ имеет показатели качества СМ на уровне средних по региону (области).

*Полупериферийный тип СМ* включает АТЕ с качеством СМ ниже среднего при средней и ниже средней урбанизированности. Среднеурбанизированные АТЕ – это, как правило, города с подчиненными им территориями, с малочисленным сельским населением, которое проживает в небольших «умирающих» населенных пунктах. Качественные характеристики СМ районов ниже среднего обусловлены тем, что значительная часть населенных пунктов удалена на большое расстояние от регионального (областного) центра. К

тому же здесь слабо развита сеть автодорог с твердым покрытием. Все это ухудшает качество жизни сельского населения.

*Периферийный тип СМ* включает АТЕ с низким уровнем урбанизированности и низким качеством СМ. Этот малочисленный тип АТЕ расположен вне зоны непосредственного влияния городов. Сеть сельских поселений характеризуется разреженностью и мелкосельностью. Транспортная сеть практически неразвита: большое количество населенных пунктов не имеет круглогодичного транспортного сообщения по автомобильным дорогам; в зимнее время проезд осуществляется по зимникам, в летнее – по рекам и/или железной дороге.

Для повышения эффективности управления качеством СМ и обеспечения тем самым её сбалансированного развития авторами предлагаются следующие рекомендации: применение territori-

ально-дифференцированного подхода к управлению качеством СМ; повышение инвестиционной привлекательности СМ в АТЕ; сокращение социально-экономического разрыва между районами периферийного и пригородного типов СМ.

Первая рекомендация связана с тем, что разрабатываемые и применяемые в настоящее время федеральные и региональные программы по улучшению социально-экономического состояния соответствующих территориальных объектов не учитывают территориально-дифференцированный подход и поэтому не способствуют достижению поставленных целей и задач. Причиной неэффективного государственного управления является не только игнорирование географического положения объекта управления, но и его природно-естественных особенностей. Хотя, как известно, именно природные условия определяют особенности формирования населения и экономики любого территориального объекта.

Применение территориально-дифференцированного подхода, способствующего выделению особенностей того или иного типа СМ, в том числе преимуществ и недостатков, может помочь в формировании четких направлений повышения уровня инвестиционной привлекательности АТЕ. Под инвестиционной привлекательностью АТЕ понимается совокупность преимуществ, возможностей и отличительных особенностей АТЕ, связанных с развитием ее территории. Повышение уровня инвестиционной привлекательности АТЕ позволит обеспечить результативность вложения денежных средств федерального, регионального и муниципального бюджетов в развитие СМ.

Реализация выше изложенных рекомендаций позволит выполнить третью – сократить социально-экономический разрыв между районами периферийного и пригородного типов СМ. Ее выполнение может обеспечить устойчивое социаль-

но-экономическое развитие АТЕ, относящихся к периферийному и полупериферийному типам.

Для повышения качества СМ различных типов АТЕ необходимо применение административных, экономических и социальных методов управления, которые позволяют в полном объеме выполнять функции управления. Главной формой административных методов управления качеством СМ является совершенствование законодательной базы. Количество и качество административных мер определяется в соответствии с каждым выделенным типом качества СМ. Наиболее существенное вмешательство со стороны власти необходимо в полупериферийном и периферийном типах СМ, наименьшее – в пригородном.

Набор экономических методов должен определяться в соответствии с конкретно сложившейся ситуацией в каждом типе СМ по ее качеству и по всем компонентам, главным образом в производственной (экономической) сфере. Основными мерами, которые способны улучшить положение АТЕ, по мнению авторов, являются: увеличение государственных заказов по производству определённых видов товаров и организация их рынка сбыта. Данные меры могут привести к росту производства, увеличению количества рабочих мест и др. Также необходимо отметить важность формирования среднего и малого бизнеса. Для этого необходимо применение налоговых льгот и льготного кредитования.

Социальные методы управления качеством СМ касаются в основном совершенствования населения, как компонента СМ и социальной инфраструктуры в составе географической среды. Основной социальной мерой во всех районах является привлечение в СМ молодежи, путем, например, предоставления молодым специалистам, приехавшим в СМ, жилья, места работы, материальных компенсаций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диденко О. В. Географические проблемы современной социально-экономической трансформации СМ (на примере Воронежской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2007. 26 с.
2. Крючков В. Г. Комплексные исследования территориальной организации сельской местности // Социально-

экономические и экологические проблемы развития сельской местности: материалы междунар. науч. конф., 2–5 октября. Саранск, 2000. Ч. 1. С. 5–17.

3. Логинова Н. Н., Пресняков В. Н., Сотова Л. В. Сельская местность: социально-географические аспекты развития. Саранск: Тип, 2005. 186 с.

4. Махоткина А. И. Трансформация научных школ, подходов и методов к исследованию СМ в экономической и социальной географии // Региональные исследования. 2006. № 4 (10). С. 33–47.

5. Моськин Р. В. Территориальная организация сельской местности Центральной России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2006. 158 с.

6. Нефедова Т. Г. Сельская Россия на перепутье: географические очерки. М.: Новое издательство, 2003. 408 с.

7. Пациорковский В. В. Сельская местность России в 1991–2001 гг. // Народонаселение. 2003. № 3. С. 111–122.

8. Панасюк М. В. Управление экономико-географическими объектами. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1989. 140 с.

Поступила в редакцию 27 января 2014 г.

**Сорокина Анастасия Федоровна** – аспирантка кафедры экономической географии и методики обучения географии. 620017, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26, Уральский государственный педагогический университет.

**Мочалова Людмила Анатольевна** – заведующая кафедрой экономической теории и предпринимательства, доктор экономических наук, доцент. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: IEF.ETP@ursmu.ru

## ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ БИЗНЕСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Стровский В. Е., Симонян А. Х.

В статье рассматриваются подходы к оценке стоимости компании, базирующиеся на двух группах принципов: основанные на понятии факторов производства, которые генерируют доход, и основанные на поведении рынка, а также методы расчета оценки стоимости в рамках каждого из доходов.

**Ключевые слова:** бизнес; оценка; подходы; методы расчета; выбор.

Одним из способов контроля менеджмента компании собственником бизнеса, при условии, что компания, за которой осуществляются контроль, не котируется на фондовой бирже, является постоянная оценка бизнеса, отражающая эффективность управления компанией высшим руководством. Оценка стоимости играет также важную роль при покупке или продаже актива или другого предмета, представляющего ценность, которую можно оценить и сформировать в последующую цену покупки или продажи данного товара.

Выделяют две группы принципов, служащих основой оценки бизнеса:

– основанные на понятии факторов производства, которые генерируют доход предприятия;

– основанные на поведении рынка.

В российской и зарубежной практике, а также в соответствии со стандартами оценки

выделяют три подхода к определению стоимости бизнеса (рис. 1): *затратный*, *сравнительный* и *доходный*, базирующиеся на первой группе принципов. Стоит отметить, что в последнее время наряду с традиционными подходами в отечественной теории и практике начинает активно применяться новый подход – *опционный* [2].

Применение того или иного подхода определяется оценщиком исходя из цели оценки, технических или финансовых особенностей объекта оценки и прочих факторов. В идеальном варианте результаты, полученные при использовании различных подходов, должны совпадать, но чаще всего они различаются кардинально, что объясняется, во-первых, отсутствием рыночных механизмов в среде, где функционирует компания, во-вторых, неэффективностью использования менеджментом компании имеющихся ресурсов.

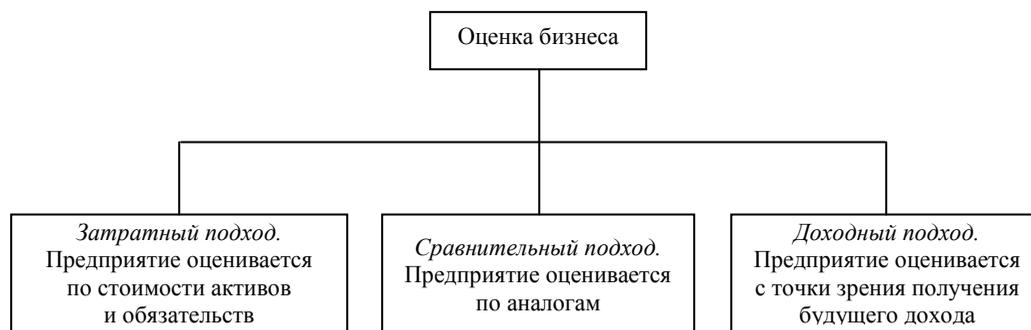


Рис. 1. Подходы к оценке бизнеса

Каждый подход является индивидуальным и «соответствует общепринятым в международной практике условиям» [3]. При оценке с позиции *затратного подхода* (оцениваются суммарные затраты, необходимые для замещения бизнеса) обычно рассматри-

вают стоимость имеющихся на балансе компании активов. *Сравнительный подход* оценивает бизнес по объектам-аналогам. Особенностью сравнительного подхода к оценке бизнеса является ориентация итоговой величины стоимости, с одной стороны – на

рыночные цены купли-продажи акций, принадлежащих сходным компаниям, с другой – на фактически достигнутые компаниями финансовые результаты [4]. Данный подход особенно эффективен при имеющейся информации об аналогичных и альтернативных видах бизнеса. *Доходный подход* рассматривает и оценивает бизнес с точки зрения ожидания будущих доходов и оценивает способность компании генерировать этот доход. При использовании данного подхода учитываются такие важные факторы, как продолжительность получения ожидаемого дохода, степень риска и др.

Для оценки бизнеса наиболее приемлем доходный подход [6], но в определенных случаях затратный или сравнительный подходы являются более точными и эффективными. Зачастую результаты, полученные при использовании одного из подходов, проверяются с помощью других подходов.

Каждый из рассматриваемых подходов предполагает использование нескольких методов расчета стоимости. Так, при *затратном подходе* могут использоваться два метода:

– *метод стоимости чистых активов*: стоимость компании определяется разностью стоимости активов и обязательств, которая выступает своего рода ценой ее «гипотетической продажи» на рынке [7];

– *метод ликвидационной стоимости*: стоимость компании определяется разностью стоимости активов предприятия и обязательств с учетом затрат на ликвидацию компании.

Оценку стоимости бизнеса затратным подходом применяют в основном в следующих случаях:

- оценка всей компании;
- оценка «молодых» компаний, когда нет информации о прибылях или затруднено обоснование прогнозных величин будущих прибылей (денежных потоков) и отсутствует информация по компаниям-аналогам;
- ликвидация компании (метод ликвидационной стоимости).

Смысл *сравнительного подхода* заключается в выборе аналогичных или конкурирующих фирм для сравнения с оцениваемым бизнесом. При оценке бизнеса сравнительным подходом используются три метода:

– *метод рынка капитала*: оценку бизнеса

проводят исходя из анализа рыночных цен акций аналогичных компаний;

– *метод сделок*: оценку бизнеса проводят с учетом цен на приобретение контрольных пакетов акций предприятий-аналогов;

– *метод отраслевых коэффициентов*: стоимость бизнеса оценивается ориентировочно, исходя из статистики купли-продажи аналогичных компаний.

При *доходном подходе* используется два метода расчета.

*Метод капитализации доходов*. Стоимость бизнеса определяется по формуле:

$$S = D/C_k,$$

где  $S$  – стоимость бизнеса,  $D$  – доход за год,  $C_k$  – ставка капитализации.

Информация о доходе может быть взята из отчетности компании, но большинство экспертов рекомендуют при оценке данным методом использовать показатели дохода до вычета подоходного налога. Потенциальный покупатель бизнеса при исчислении доходов приобретаемой компании ориентируется на тот их уровень, который, по всей вероятности, будет в максимальной степени приближен к доходам компании в течение первого года после ее приобретения [5]. Ставка капитализации определяется путем учета ставки процента, регионального, отраслевого, странового риска и др., а также пожеланий заказчика оценки по рентабельности бизнеса.

*Метод дисконтирования денежных потоков*. Для использования данного метода необходимо прогнозирование будущих доходов компании и дисконтирование в соответствии с требуемой инвестором ставкой дисконта. Одним из главных параметров при использовании данного метода является ставка дисконта, которая может вычисляться следующими методами:

- приравнивание ставки дисконта ставке рефинансирования Центрального банка;
- нахождение ставки дисконта путем объединения вышеназванных способов с надбавкой за различного рода риски.

Наиболее привлекательным методом определения ставки дисконта является третий, который позволяет учитывать безрисковую ставку дохода, пожелания инвесторов и до-

полнительные риски. Метод дисконтирования денежных потоков выбирается в основном в том случае, когда доходы предприятия во временном промежутке различны и коле-

блются в большом интервале.

Недостатки и преимущества подходов к оценке бизнеса, базирующиеся на первой группе принципов, отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Основные преимущества и недостатки подходов к оценке бизнеса**

Подход	Преимущества	Недостатки
Затратный подход	Простота в расчетах Использование точной информации о состоянии активов компании Не требуется прогнозирование данных Подтверждение расчетных данных официальными документами, находящимися в свободном доступе	Отсутствует информация о конечном финансовом результате компании, не учитывается синергетический эффект Стоимость компании, полученную затратным подходом, необходимо постоянно пересчитывать, так как информация из внешней среды постоянно обновляется, и оценка становится неактуальной Оценка активов компании может не соответствовать реальной рыночной стоимости
Сравнительный подход	Результаты оценки приближены к реальным, если информация получена от компаний-аналогов Использование математического моделирования и методов статистики	Требует вложений крупных денежных средств Не эффективен при отсутствии информации о купле-продаже компаний-аналогов Трудоемкий процесс получения информации по компаниям-аналогам Не учитывается информация о прогнозной прибыли
Доходный подход	Простота в расчетах Учитывает прогнозный доход компании Позволяет более реально оценивать стоимость компании, гибко рассчитывая ставку дисконта Учитывает конкретный и ограниченный период времени	Большая вероятность неточности прогнозов Отсутствует объективность в выборе ставки капитализации и ставки дисконта Оценка требует много времени и носит прогнозный характер

Вторая группа принципов служит основой подхода определения стоимости бизнеса путем ежедневного мониторинга ее капитализации, т. е. произведения акций компании на рыночную стоимость акции, что характеризует реальную стоимость компании на рынке. В настоящее время ряд компаний уже котиру-

ется на российской и зарубежной фондовой бирже, а многие компании задумываются над выходом на биржу, что делает актуальным вопрос управления капитализацией компании.

Сравнение подходов к оценке стоимости компании, базирующихся на разных принципах оценки, выполнено в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнение подходов к оценке стоимости**

Принцип оценки стоимости	Преимущества	Недостатки
Подходы, основанные на понятии факторов производства	Простота в расчетах Подтверждение расчетных данных официальными документами, находящимися в свободном доступе В большинстве случаев учитывают прогнозный доход предприятия	Отличие реальной стоимости от оценочной Субъективность оценки Возможны грубейшие нарушения в оценке (например, оценка обанкротившихся компаний рейтинговыми агентствами)
Подходы, основанные на поведении рынка	Простота в получении информации Отражает реальную стоимость компании на заданную дату Реализуется основной принцип рыночной экономики – закон спроса и предложения	Возможен спекулятивный характер движения цен

Из сопоставления следует, что применение подходов, основанных на понятии факторов производства, при оценке сто-

имости зачастую приводит к неправильному пониманию высшим руководством местонахождения компании на рынке и,

соответственно, неверному формированию стратегических перспектив развития. Наиболее целесообразной для использования является капитализация компании, отражающая реальную рыночную стоимость последней.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валдайцев С. В. Оценка бизнеса. М.: ТК Велби, 2008.
2. Козырь Ю. В. Применение теории опционов в практике оценки // Рынок ценных бумаг. 1999. № 11; 2000. № 12; 2000. № 14.
3. Рутгайзер М. В. Оценка стоимости бизнеса. М.: Маросейка, 2007.
4. Симонова Н. Е., Симонов Р. Ю. Оценка бизнеса: теория и практика. Ростов н/Д: Феникс, 2007.
5. Томас Л. Уэст, Джеффри Д. Джонс. Пособие по оценке бизнеса. М.: ЗАО «Квинко-консалтинг», 2003.
6. Щербаков В. А., Щербакова Н. А. Оценка стоимости предприятия (бизнеса). М.: Омега-Л, 2006.
7. Эванс Фрэнк Ч., Бишоп Дэвид М. Оценка компаний при слияниях и поглощениях: создание стоимости в частных компаниях. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.

Поступила в редакцию 12 февраля 2014 г.

**Стровский Владимир Евгеньевич** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

**Симонян Артур Хачикович** – ведущий экономист. 620027, г. Екатеринбург, ул. Свердлова, 7, ООО «Газпром – Трансгаз – Екатеринбург». E-mail: asxo5@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ ОСВОЕНИЯ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ АРКТИКИ НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Ветрова Е. Н., Гладышева И. В.

В статье обосновывается методический подход к стратегическому позиционированию региона на материалах Архангельской области. Авторы уточняют понятия стратегического позиционирования и стратегического потенциала региона. Рассматривает особенности формирования и исследования стратегического потенциала для осуществления успешного стратегического позиционирования. В статье представлена апробация авторской методики на примере Архангельской области в условиях освоения шельфа Арктики. Сформулирована позиция авторов в отношении стратегического развития Архангельской области.

**Ключевые слова:** стратегический потенциал; стратегическое позиционирование; элементы стратегического потенциала; шельф Арктики; ресурсы; развитие региона.

Стратегическое позиционирование региона является основой формирования стратегии регионального развития и заключается в определении текущей и целевой позиции региона, разность между которыми определяет направления его социально-экономического развития.

Процесс стратегического позиционирования региона можно разделить на следующие основные этапы:

1) определение текущей позиции региона на основе влияния факторов внутренней и внешней среды;

2) принятие решения относительно целевой позиции региона с учетом приоритетных факторов;

3) определение стратегического вектора, обеспечивающего достижение целевой позиции региона.

Что касается первого этапа, то к внешним факторам относятся изменения условий развития, трансформации сложившейся геополитической и геоэкономической системы, перспективы развития мировой экономики и экономики Российской Федерации, ожидаемые объемы добычи и экспорта нефти, нефтепродуктов и газа и т. п., в т. ч. и перспективы развития отдельных территорий, в частности, Арктики. К внутренним факторам следует отнести степень развития потенциала региона, в данном случае стратегического.

Реализация второго и третьего этапов

зависит от особенностей федеральной и региональной политики, активности органов регионального и местного управления, а также эффективности обеспечения реализации стратегии, в качестве которой в свою очередь выступает стратегический потенциал региона. Таким образом, процесс позиционирования замыкается (рис. 1).

Следовательно, стратегическое позиционирование является одновременно реакцией и средством адаптации к условиям среды для создания будущего региона в контексте влияния этих условий, а стратегический потенциал является фактором стратегического позиционирования и условием обеспечения достижения целей позиционирования.

Под стратегическим потенциалом региона будем понимать потенциал хозяйственной системы, состоящей из подсистем (участников) и взаимоотношений между ними, при этом его содержание следует уточнить.

В нашем представлении стратегический потенциал региона представляет собой сложную систему, которую следует рассматривать с позиции структурного, административного, функционального, содержательного и продуктового подходов.

С позиции структурного подхода, стратегический потенциал представляет собой систему, состоящую из ядра и оболочек, в рамках которых реализуется влияние факторов внешней среды, представленных различными

подсистемами: оболочка первого вида в пределах региона и оболочка второго вида - вне пределов региона (рис. 2).

Ядром стратегического потенциала является ресурсно-компетентный потен-

циал хозяйствующих субъектов, входящих в комплекс, рассматриваемый нами как совокупность ресурсного и компетентностного потенциалов, и способы их активизации для достижения устойчивых конкурентных преи-

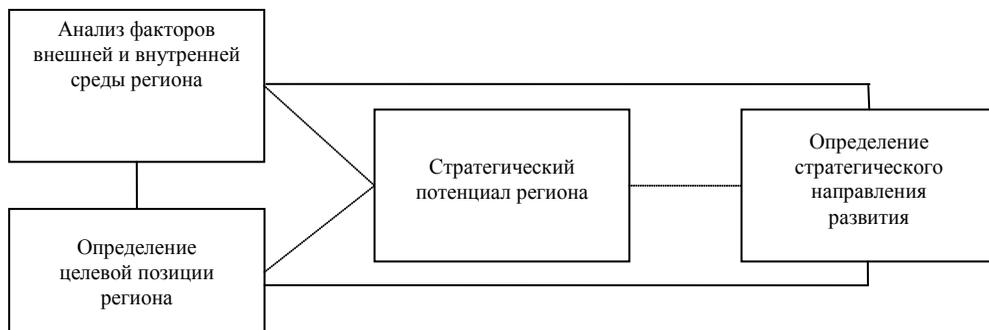


Рис. 1. Процесс стратегического позиционирования

муществ на мезо- и макро- уровнях.

Ресурсный потенциал – совокупность кадровых, материальных и нематериальных, информационных и финансовых ресурсов, необходимых для достижения целей.

Компетентностный потенциал – потенциал группы ресурсов в осуществлении функциональной деятельности (инновационной, инвестиционной, организационной, произ-

водственной и др.), необходимый для формирования устойчивых конкурентных преимуществ.

Оболочку первого вида – факторы внешней среды, влияющие на состояние и развитие стратегического потенциала хозяйствующих субъектов внутри региона, предлагается рассматривать как, структуру региона, инфраструктуру его функционирования и систе-



Рис. 2. Структурное представление стратегического потенциала региона

му взаимоотношений между субъектами.

В качестве оболочки второго вида предлагается рассматривать следующие факторы влияния внешней среды: фактор ресурсного обеспечения функционирования и развития

региона; фактор изменения спроса и предложения, влияние факторов макроокружения, в том числе и экономическая политика.

Кроме того, стратегический потенциал региона можно рассматривать с позиции:

– административного: совокупность потенциалов административных районов и округов, расположенных на территории региона;

– содержательного подхода, как совокупность локальных потенциалов хозяйствующих субъектов, функционирующих на его территории;

– функционального подхода, как совокупность локальных функциональных потен-

циалов: геополитического, экономического, инновационного, финансового, инвестиционного, рыночного и др.;

– продуктового подхода, как совокупность локальных потенциалов видов деятельности, осуществляемых на территории занимаемой регионом.

Состав элементов стратегического потенциала, с точки зрения перечисленных подходов, для региона отражен в табл. 1.

Таблица 1

Состав элементов стратегического потенциала региона

Подход	Состав	Примечание
Структурный	Ядро Факторы первого круга	Потенциалы отдельных субъектов Потенциал взаимодействия субъектов внутри региона
	Факторы второго круга	Потенциал взаимодействия региона с внешней средой
Административный	Совокупность административных районов и округов	Различное значение и вклад в общий потенциал
Содержательный	Промышленный комплекс Транспортный комплекс Научно-образовательный комплекс Предприятия сферы услуг Торговля Социальная сфера и др.	Набор субъектов может быть различным
Функциональный	Геополитический Экономический Инновационный Инвестиционный Финансовый Рыночный	Каждый вид потенциала оценивается по конкретной группе показателей
Продуктовый	Потенциалы отдельных видов деятельности региона	Имеют различные значения и вклад в общий потенциал

Для оценки уровня стратегического потенциала региона предлагается разработать систему показателей на основе его структурного представления (рис. 2) с учетом его состава, в том числе и по административным районам и округам, что дает возможность оценить локальный потенциал каждого субъекта по отдельным его составляющим. Критериями включения показателей в систему оценок являются: использование показателя в системах мониторинга Министерства экономического и регионального развития, в госпрограммах и ФЦП, в т.ч. РЦП, программах инновационного развития и др.; актуальность показателя в развитии региона.

Состав показателей и может быть различ-

ным от целей исследования.

Например, предлагается оценивать потенциал региона следующим образом:

1. Рассчитываются локальные потенциалы субъектов по частным показателям как отношение частного показателя по отдельному субъекту к показателю по региону, в целом:

$$LP_{ij} = P_{ij} / P_{jsc}, \quad (1)$$

где  $LP_{ij}$  – оценка локального потенциала субъекта ( $i$ ) по частному показателю ( $j$ ),  $P_{ij}$  – частный показатель ( $j$  отдельного субъекта региона ( $i$ ),  $P_{jsc}$  – значение частного показателя ( $j$ ) по региону.

Критерием оценки потенциала субъекта выступают уровень полученного локально-

го потенциала:  $LP_i \geq 1$  – субъект по частному признаку имеет высокий потенциал;  $LP_{ij} < 1$  – субъект по частному признаку имеет недостаточный потенциал.

2. Определяется локальный стратегического потенциал субъекта по всей совокупности показателей на основе мультипликативной модели:

$$LP_j = \prod_{i=1}^n LP_{ij}, \quad (2)$$

где  $LP_j$  – локальный стратегический потенциал субъекта региона по группе показателей.

3. Общая оценка потенциала региона определяется по совокупности локальных потенциалов ее субъектов на основе мультипликативной модели следующим образом:

$$P_{rc} = \prod_{j=1}^m \prod_{i=1}^n LP_{ij}, \quad (3)$$

где  $P_{rc}$  – потенциал региона по субъектам и по группе показателей потенциала.

Критерии оценки при этом остаются такими же, как для оценки локальных потенциалов.

Мультипликативный показатель оценки стратегического потенциала может являться одним из критериев оценки, как эффективности всего региона, так и субъектов, входящих в его состав, и принятия решения по преодолению возникающих проблем. Алгоритм оценки представлен на рис. 3.

Предлагаемая модель оценки стратегического потенциала региона позволяет осуществлять контроль эффективности субъектов региона, выявлять узкие места (слабые звенья), точки роста и принимать решения для достижения требуемого уровня эффективности, что является обязательным при стратегическом позиционировании.

Рассмотрим особенности реализации перечисленных этапов процесса регионального стратегического позиционирования примени-

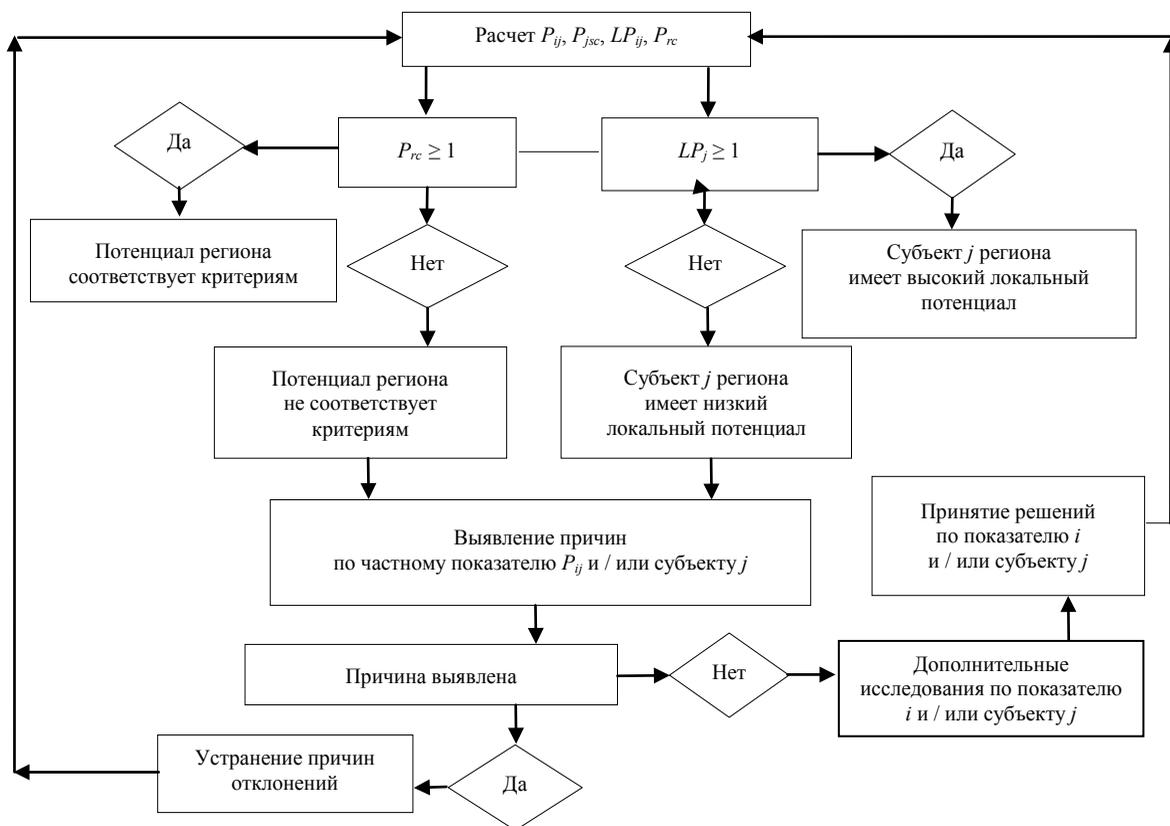


Рис. 3. Алгоритм оценки потенциала региона

тельно к Архангельской области и перспективам ее развития в контексте освоения запасов углеводородов в Арктической зоне.

Что касается факторов внешней среды, то известно, что Российская экономика, несмо-

тря на ряд мер экономической и промышленной политики, направленных на снижение зависимости бюджета от экспорта ресурсов, остается ресурсозависимой. Согласно прогнозу развития энергетики России и мира

[1, 2] на долгосрочную перспективу сохранится доминирование ископаемых видов топлива и преимущественно углеводородный характер мировой энергетики. Доля нефти и газа в мировом потреблении первичной энергии останется практически неизменной (53,6 % в 2010 г. и 51,4 % к 2040 г.). Несмотря на выраженную интеграцию рынков углеводородов, усиливается тенденция к их регионализации с выходом на заметно отличающиеся уровни цен. В результате, сами топливные рынки изменятся несущественно, однако заметно перераспределится соотношение сил ведущих участников этих рынков. Так, в прогнозный период ожидается ослабление влияния международных компаний, которые на региональных рынках развитых стран постепенно вытесняются небольшими независимыми компаниями с эффективной инновационной составляющей, позволяющей им контролировать затраты по всей цепочке и разрабатывать месторождения нетрадиционной и трудноизвлекаемой нефти. На международных рынках

начинают эффективно проявлять себя национальные нефтяные компании, занимающие все большую долю на собственных внутренних рынках, такие, как Saudi Aramco, Iranian NOC, Petrobras, Роснефть.

Следует отметить, что Россия по прогнозам будет более чувствительна к негативным изменениям рыночной конъюнктуры, поскольку высокие затраты и действующая налоговая система ограничивают конкурентоспособность российских энергоресурсов на глобальных рынках. Российский ТЭК может столкнуться с жесткими ограничениями по внешнему спросу на энергоресурсы по приемлемым ценам, что обернется дополнительными рисками для энергетики и экономики России.

В этой связи, значительным фактором, определяющим перспективы развития экономики России, становится освоение шельфов Арктики, запасы углеводородов которой, по некоторым оценкам, в будущем составят основу мировой добычи, а сегодня это 30 % добываемых углеводородов в мире (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика ресурсной базы арктических акваторий России [3]

Показатель	Значение
Начальные суммарные извлекаемые ресурсы (НСР) углеводородов (УВ)	Около 800 млрд т н. э.
В т.ч. в зоне спорной юрисдикции России и Норвегии	6,5 млрд т
Извлекаемые запасы нефти	Более 400 млн т
Запасы газа	Более 8 трлн м <sup>3</sup>
Разведанность НСР УВ	6,3 %
Месторождения УВ	25
Локальные объекты (выявленные и подготовленные)	524
Эффективность глубокого бурения	27 тыс. н. э. / пог. м

Для освоения Арктической зоны разработан ряд документов. Так, с 2008 г. действуют «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» [4].

Для реализации стратегии разработана и находится в процессе обсуждения государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года», соисполнителем которой предполагается более 20 министерств и ведомств. В задачи государственной программы входит: реализация масштабных инвестиционных проектов; покрытие российского сектора Арктики глобальными системами транспортной, энергетической и информационно-ком-

муникационной инфраструктуры, системами обеспечения комплексной безопасности жизнедеятельности, экологической безопасности и мониторинга; создание и развитие локальных систем жизнеобеспечения; создание нормативной, организационной и научно-технической базы для развития Арктической зоны Российской Федерации и совершенствования системы государственного управления.

В состав государственной программы вошли четыре подпрограммы: «Развитие приоритетных секторов экономики Арктической зоны Российской Федерации» (создание условий для интенсивного роста добывающих производств и секторов экономики с высокой долей добавленной стоимости); «Развитие опорной арктической инфра-

структуры»; «Развитие локальной арктической инфраструктуры жизнеобеспечения»; «Обеспечение реализации государственной программы» (создание системы управления реализацией государственной политики в сфере социально-экономического развития Арктической зоны РФ). Общий объем финансовых ресурсов для реализации программы в оптимальном варианте на 2014–2020 годы составляет 1,793 трлн. рублей. Бюджетные ассигнования федерального бюджета с учетом прогнозной ориентировочной потребности (дополнительного ресурсного обеспечения) в 2014-2020 годах составят 623,3 млрд. рублей.

Госпрограммой определяются и границы Арктической зоны Российской Федерации. В нее входят все муниципальные образования Мурманской области, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, а также муниципальные образования Архангельской области (Онежский, Приморский, Мезенский муниципальные районы, городские округа Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, о. Новая Земля), Красноярского края (Таймырский (Долгано-Ненецкий) муниципальный район, городской округ Норильск, Туруханский муниципальный район) и Республики Саха (Якутия) (Аллаиховский, Анбарский, Булунский, Нижнеколымский, Усть-Янский районы).

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года, новая модель пространственного развития России строится на принципах полицентричности (многополярности) территориальных центров роста, уменьшения масштабов регионального неравенства (межрегиональной и внутрирегиональной дифференциации в уровне и качестве жизни), формирования новых региональных и межрегиональных зон опережающего развития, создания новых городских агломераций и территориально-производственных кластеров – конкурентоспособных комплексов взаимосвязанных высокотехнологичных производств на определенной территории, ориентированных на глубокую переработку сырья и производство энергии, обеспечивающих освоение ранее необжитых районов.

Важное значение для развития Аркти-

ческой зоны будет иметь эффект формирования городских агломераций, связанный с формированием транспортных комплексов, логистических центров, информационных узлов, узлов образовательной и инновационной инфраструктуры. В прогнозный период в Арктической зоне оформятся Мурманская (Кольская), Норильская, Архангельская, Чаун-Билибинская, Анадырская, Салехардская, Ноябрьская, Новоуренгойско-Надымская городские агломерации.

С точки зрения вызовов инновационной модернизации, которые стоят перед арктическими территориями в прогнозный период, можно выделить две группы регионов – старопромышленные (Мурманская, Архангельская области, Норильский промышленный район) и относительно недавнего хозяйственного освоения (Чукотский, Ямало-Ненецкий автономные округа, арктические районы Республики Саха (Якутия), совсем молодой в хозяйственном отношении Ненецкий автономный округ). Пространственная экономика первых в максимальной степени использует агломерационный эффект, позитивные экономические экстерналии, связанные с формированием здесь производственных кластеров. Пространственная экономика вторых опирается на сетевой эффект обширных новых зон опережающего развития [5].

В глобальном проекте развития Арктики, Архангельской области отводится особое место. В Арктическом макрорегионе она обладает рядом уникальных преимуществ, лежащих в основе ее стратегического потенциала.

1. Пять процентов Арктической зоны России находится на территории Архангельской области, 28,2% от общей численности Арктической зоны (2,3 млн чел.) проживает на территории Архангельской области.

2. Исторический и современный опыт освоения арктических территорий. Предприятия области имеют опыт участия в проектах освоения, добычи, транспортировки углеводородов. В области есть полярная авиация, гидробаза, нефтеналивной терминал, суда ледового класса, мелкосидящие ледоколы, а также специализированный флот для доставки грузов на необорудованный берег, научные суда. Верфи города Северодвинска готовы строить добывающие

платформы и флот обеспечения. Предприятия города Северодвинска (Производственное объединение «Севмаш», Центр судоремонта «Звездочка») с начала 90-х годов осуществляют строительство оффшорных сооружений. Морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная» осенью 2011 года установлена на место добычи, а самоподъёмная плавучая буровая установка «Арктическая» успешно прошла ходовые испытания. Реальный пример интереса к региону со стороны нефтегазовых подрядчиков – компания «Межрегионтрубопроводстрой», которая в 2010 году запустила в г. Архангельске производство по нанесению утяжеляющего бетонного покрытия на трубы большого диаметра для поставок на газопровод «Бованенково-Ухта».

3. Территориальное положение области может позволить после определённых решений обеспечить наиболее удобную и экономически обоснованную логистическую поддержку проектов, реализуемых в Арктике. Так, транспортный комплекс области представлен морским, речным, воздушным и железнодорожным транспортом. Сегодня Архангельский морской порт – это многопрофильный порт круглогодичной навигации. Инфраструктура порта позволяет перерабатывать до 4,5 млн. тонн груза ежегодно. Наличие свободных мощностей Северной железной дороги – это стратегический резерв, который позволяет за короткий промежуток времени значительно увеличить объёмы грузоперевозок на северных направлениях. В Архангельске функционирует международный аэропорт, а также базируется авиакомпания «Нордавиа – региональные авиалинии», которая входит в число десяти крупнейших авиаперевозчиков России. ОАО «РЖД» заявило о намерениях создать в Архангельске сетевой терминально-логистический центр с функцией “сухого порта”. В плане перспектив транспортного сектора можно выделить проект строительства железнодорожной магистрали «Белкомур», которая пройдёт по территориям четырёх регионов и обеспечит кратчайший выход грузов из промышленно развитых районов Урала и Сибири в Мировой океан. С проектом «Белкомур» синхронизирован проект строительства но-

вого глубоководного района «Северный» Архангельского морского порта. Проектом предусмотрено строительство современного порта, обеспечивающего приём судов дедвейтом до 75 тысяч тонн, для обработки грузов порядка 28 млн тонн в год, в т. ч. и нефтеналивной терминал с объёмом обработки до 5 млн. тонн в год. Министерство регионального развития Российской Федерации включило проект порта в концепцию долгосрочного социально – экономического развития Российской Федерации с формулировкой: «для обеспечения, в том числе, функционирования Северного морского пути, а также включения в оборот значительных природных и минерально-сырьевых ресурсов северных регионов России».

4. Значительный промышленно-технологический потенциал для реализации программ освоения арктических ресурсов. Наиболее значимый вклад в экономику области вносит судостроительный кластер, в первую очередь, представленный крупнейшими в России верфями города Северодвинска. Помимо выполнения государственного оборонного заказа предприятия строят суда, понтоны и другие плавучие сооружения гражданского назначения, проектируют и изготавливают конструкции и оборудование для добычи, транспортировки и переработки нефти и газа, жилые и вспомогательные модули различного назначения. В перспективе развитию судостроительного кластера будет способствовать подписанное на Петербургском экономическом форуме соглашение с ООО ГК «Морские комплексные системы», что обеспечит внедрение инновационных решений по созданию технопарка в области, кооперацию судостроительной отрасли региона с предприятиями других отраслей.

5. Развитость строительной индустрии в Архангельской области. Действуют комбинаты строительных конструкций и материалов, выпускающие весь спектр стальных и железобетонных конструкций для промышленного и гражданского строительства. Высокий потенциал у проектных институтов. Строительные компании региона могут возводить объекты разной степени сложности: от многоэтажных жилых домов до сложных внеклассных мостов и специальных гидротехнических соору-

жений. На территории области функционирует «Савинский цементный завод», продукция которого пользуется спросом как внутри региона, так и за его пределами.

6. Наличие квалифицированных кадров в области и система их подготовки. В Архангельске располагаются научные и образовательные центры, в том числе и по вопросам Арктики (Северный Арктический федеральный университет и научный центр Уральского отделения РАН (УрО РАН). Северный (Арктический) федеральный университет является мощной базой комплексной подготовки высококвалифицированных специалистов международного уровня для работы в Арктике. Важным преимуществом является и то, что САФУ обладает сильной научно-исследовательской базой, что позволяет проводить как фундаментальные, так и прикладные исследования. Эти исследования должны быть направлены в первую очередь на обеспечение инновационного развития арктических и приарктических территорий России.

7. Инвестиционная привлекательность региона. В области создана необходимая нормативно-правовая основа, регламентирующая все аспекты взаимодействия инвесторов с органами власти. Инвесторам предоставляются налоговые льготы в части налогов, зачисляемых в областной бюджет. Действует долгосрочная целевая программа «Повышение инвестиционной привлекательности Архангельской области», в рамках которой создан региональный инвестиционный фонд. Объем инвестиций в основной капитал по итогам 2012 года составил 112 млрд руб., что превышает аналогичный показатель 2011 года на 23,9 %.

8. Потенциал внешнеэкономической деятельности. Традиционно страны Арктического региона входят в список ведущих внешнеэкономических партнеров Архангельской области. Так, в 2012 году объем внешнеторгового оборота с арктическими странами составил 163,22 млн дол. США. Для развития внешнеэкономической деятельности по инициативе руководства Архангельской области была создана некоммерческая организация «Архангельская региональная ассоциация по внешнеэкономической деятельности» (AREA) с целью формирования

привлекательного инвестиционного имиджа Архангельской области за рубежом и продвижения на международный рынок товаров и услуг организаций Архангельской области. У Ассоциации установлены партнерские отношения с отраслевыми и торговыми ассоциациями Норвегии, Швеции, Финляндии и США. Исходя из географических приоритетов Концепции развития внешнеэкономической деятельности Архангельской области до 2015 года, Норвегия, Швеция, Финляндия, США относятся к основным торговым и инвестиционным партнерам. Среди перспективных направлений развития делового партнерства с арктическими странами можно выделить деревообработку, сферу транспортных перевозок, туризм, повышение энергетической эффективности. Кроме этого, активно проводится развитие межрегиональной и международной кооперации региона в инновационной и научно-технической областях через выстраивание отношений Северного (Арктического) федерального университета с зарубежными партнерами.

На основании перечисленного, стратегический потенциал Архангельской области, лежащий в основе ее стратегического позиционирования для участия в освоении шельфа Арктики, представлен в табл. 3.

Оценка потенциала региона по предложенному авторами методическому подходу достаточно трудоемкая и объемная, поэтому в данной работе представлены фрагменты оценки потенциала Архангельской области в разрезе субъектов, входящих в состав Арктической зоны по локальным функциональным потенциалам (табл. 4).

Представленный фрагмент иллюстрирует достаточно высокий стратегический потенциал Арктической зоны Архангельской области по всем функциональным составляющим, но вместе с тем, наличие проблем, а соответственно, направлений развития стратегического потенциала его субъектов, в частности, городского округа «Новая Земля» и Приморского муниципального округа.

При этом, следует учесть, что Арктический вектор поможет региону достичь следующие стратегические цели:

1) традиционные виды деятельности региональной экономики получают дополнитель-

ный импульс;

2) будут созданы новые виды деятельности, которые станут точками роста районов и округов;

3) повысится уровень занятости и доходы населения;

4) увеличится доходная часть бюджета по всем источникам;

5) усилится социальная направленность

бюджета и улучшится качество жизни.

Комплексные исследования стратегического потенциала в разрезе других составляющих и их анализ и целей стратегического развития, позволили стратегическое позиционирование Архангельской области в контексте ее участия в освоении запасов углеводородов Арктики, следующим образом:

Таблица 3

**Составляющие стратегического потенциала Архангельской области  
для участия в освоении Арктики в содержательном аспекте**

Подход к потенциалу	Составляющие	Содержание	Направления развития
Административный	Административные районы и округа	В состав Арктической зоны войдут Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, городской округ «Новая Земля», а также три приморских муниципальных района (Онежский, Приморский, Мезенский) Архангельской области	Развитие, в первую очередь, промышленного, транспортно-логистического и научно-образовательного потенциалов районов и округов
Структурный	Потенциалы отдельных субъектов Потенциал взаимодействия субъектов внутри региона Потенциал взаимодействия с внешней средой	Наиболее развитые промышленные территории: Архангельск, Северодвинск и Новодвинск  Активное взаимодействие субъектов с субъектами Северо-Запада, центрального региона  Область играет важную роль на Северо-Западе России, активность во внешнеэкономической деятельности	Строительство предприятий нефте- и газо- перерабатывающих предприятий  Формирование эффективных цепочек ценностей: разработка, освоение, добыча и переработка углеводородов шельфа Арктики  Повышение имиджа области, привлечение в область крупных компаний, развитие международного сотрудничества
Содержательный	Промышленный комплекс	Обрабатывающие виды деятельности: машиностроительные и судостроительные предприятия Архангельска и Северодвинска	Производство морской техники и производства продукции технического назначения для добычи нефти и газа  Освоение и добыча углеводородов на шельфе Арктики
		Добывающие виды деятельности: Североонежский бокситоносный район (18% российских запасов), Зимнебережный алмазоносный район (20% российских запасов), Павловское меторождение Pb-Zn серебросодержащих руд, Компания «БЕЛФРАХТ»	
	Транспортно-логистический комплекс	Производство и распределение газа, электроэнергетики и воды: ОАО «Архангельскоблгаз», Архангельская ТЭЦ, Северодвинская ТЭЦ-2, Северодвинская ТЭЦ-1, ТЭЦ ОАО "Котласский ЦБК" и ТЭЦ ОАО "Архангельский ЦБК", Инженерный центр «ЭНЕРГОСЕРВИС»	Переход на снабжение предприятий ТЭК ресурсами, полученными из углеводородов из запасов шельфа Арктики
Научно-образовательный комплекс	Северное морское и речное пароходство, Морской порт, представительства «Северного морского пути», аэропорты, Судоходная компания «АРКТИКРЕЙД»	Развитие транспортной и логистической инфраструктуры, сервисных предприятий	
		САФУ, УРО РАН, Архангельский морской институт им. Капитана Воронина	Развитие проектной и научно-исследовательской деятельности по проблемам развития Арктики для развития имиджа и привлечения финансовых ресурсов

Функциональный	Геополитический	Существенный опыт освоения Арктической зоны, существенная зона арктических территорий, взаимодействие с арктическими государствами	Использование и развитие опыта и традиций
	Экономический	Зависимость экономики области от федерального финансирования	Использование углеводородов шельфа для развития экономики области
	Инновационный	Наличие научно-исследовательских и инновационных предприятий	Развитие кооперационных связей и использование опыта инновационной и научно-исследовательской деятельности Норвегии
	Инвестиционный	Наличие программ и проектов, в которых участвует Архангельская область	Расширение участия области в программах и проектах
	Финансовый	Стратегия развития Арктики и принимаемая госпрограмма Социально-экономического развития Арктической зоны предусматривают значительный объем финансирования	Повышение инвестиционной привлекательности
Рыночный	Развитость предпринимательской деятельности, предприятия области обеспечивают ее значительным набором товаров и услуг	В соответствии с мировыми тенденциями развитие предпринимательства для решения отдельных проблем при освоении запасов углеводородов	

– Архангельская область – глобальная конкурентная область, существенным образом включенная в мирохозяйственные связи, предполагающие ее участие в мировой экономике путем усиления ее включения на глобальных рынках сырья (углеводородов), тех-

Таблица 4

## Оценка стратегического потенциала Арктической зоны Архангельской области

Субъекты	Локальный потенциал ( $LP_j$ ) по частным функциональным показателям						$LP_j$
	Геополитический	Экономический	Инновационный	Инвестиционный	Финансовый	Рыночный	
Архангельск	1,78	1,31	1,69	1,58	1,43	1,23	10,95
Северодвинск	1,25	1,15	1,26	1,78	1,45	0,78	3,65
Новодвинск	0,98	0,74	0,87	0,95	0,65	1,02	0,40
Городской округ «Новая Земля»	0,64	0,89	0,63	0,78	1,08	0,87	0,26
Онежский муниципальный район	1,11	1,05	0,98	0,96	1,06	1,23	1,43
Приморский муниципальный район	1,05	1,09	0,96	0,87	0,99	0,98	0,93
Мезенский муниципальный район	1,06	0,97	0,95	0,98	1,02	1,11	1,08
<i>Стратегический потенциал региона</i>	<i>1,72</i>	<i>1,10</i>	<i>1,04</i>	<i>1,71</i>	<i>1,56</i>	<i>1,14</i>	<i>6,00</i>

нологий его освоения, добычи, переработки, использования и транспортировки, рабочей силы, энергии и т. п.; глобальный промышленный центр по переработке углеводородов; качество жизни населения находится на европейском уровне; международный транспортно – логистический центр, обеспечивающий связь по Северному Морскому пути; международный центр науки, образования и наукоемкого производства для целей освоения Арктического шельфа;

– Архангельская область – научно-производственный лидер стратегического развития Арктики в пределах Северо-Западного федерального округа, выступающая в качестве составляющей его экономического пространства, генерирующая крупные инновационные проекты, направленные на освоение и эффективное использование минерально-сырьевых ресурсов, добываемых в Арктике, в национальных интересах; в структурной перестройке и развития экономики российского

Северо-Запада на основе углубленной переработки первичного сырья (углеводородов);

– Архангельская область – ядро складывающейся агломерации, что выступает значимой предпосылкой формирования благоприятной среды жизнедеятельности для населения и бизнеса; участник проектов освоения шельфа Арктики, наряду с другими участниками, вносит свой вклад в развитие экономики Северо-Запада и национальной экономики; развитая для освоения шельфа Арктики инфраструктура территорий, созданная эффективная система регулирования развитием агломерации, адекватная

возрастающим вызовам внешней среды.

Следует отметить, что вариант стратегического позиционирования Архангельской области как глобальной конкурентной области, включенной в мирохозяйственные связи, является высоко амбициозным, что соответствует политике проводимой РФ, а, следовательно, может рассматриваться как приоритетный. Для того, чтобы обеспечить реализацию такого стратегического позиционирования области в условиях глобальной экономики, предстоит решить ряд проблем принципиального характера.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. Институт энергетических исследований РАН. Аналитический центр при Правительстве РФ. URL: <http://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>
3. Фадеев А. М. Актуальные проблемы освоения морских запасов углеводородов в Арктике. URL: <http://pro-arctic.ru/10/04/2013/resources/2667>
4. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (от 18.09.2008, Пр-1969) // Российская газета, 27.03.2009.
5. Пилиасов А. Н. Контуры Стратегии развития Арктической зоны России // Арктика. Экология и экономика №1, 2011. URL: [http://www.ibrae.ac.ru/images/stories/ibrae/arktika\\_magazine/38-47-pilyasov.pdf](http://www.ibrae.ac.ru/images/stories/ibrae/arktika_magazine/38-47-pilyasov.pdf)

Поступила в редакцию 11 февраля 2014 г.

**Ветрова Елена Николаевна** – кандидат экономических наук, доцент. 191023, ул. Садовая, 21, Санкт-Петербургский государственный экономический университет. E-mail: [vetrovaelenik@rambler.ru](mailto:vetrovaelenik@rambler.ru)

**Гладышева Ирина Валерьевна** – кандидат экономических наук, министр экономического развития и конкурентной политики. 163004, г. Архангельск, пр. Троицкий, 49, Правительство Архангельской области.

## ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАКУПОК РЕМОНТНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Боева Л. М., Основина О. Н.

Рассматривается задача оптимизации процесса оперативного планирования закупок материалов и запасных частей для ремонта оборудования ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» (ЛГОК). Спрос на ремонтные ресурсы в условиях горно-металлургического предприятия содержит элементы случайности ввиду частого возникновения экстренных (аварийных) заявок, оперативной корректировки производственных планов, изменения состава оборудования вследствие модернизации и реконструкции производства. Авторами предлагается использование разных стратегий управления запасами для разных по значимости и характеру расходования используемых ремонтных ресурсов. Внедрение предложенных моделей управления запасами горно-металлургического оборудования ЛГОК позволит ликвидировать излишние запасы ремонтных ресурсов, сократить неоправданные перерасходы на их закупку, обеспечит ритмичность и качество ремонтных работ.

**Ключевые слова:** горно-металлургическое оборудование; планирование ремонтов; ремонтные ресурсы; план закупок ремонтно-эксплуатационных материалов и оборудования; стратегии управления запасами; страховые запасы; «точка заказа»; объем заказа.

Реализация технологических процессов горно-металлургического производства приводит к непрерывному ухудшению технического состояния оборудования. Постоянное воздействие технологических нагрузок и изменение внутренних свойств элементов оборудования (механизмов, узлов, деталей) оказывает непосредственное влияние на их износ, физическое старение и прочность, что приводит к нарушению работоспособного состояния оборудования, и как следствие, к его отказу, а значит, остановке процесса производства, ухудшая его технологические и технико-экономические показатели [1].

Поддержание оборудования в работоспособном состоянии, исключение и предупреждение его аварийных остановок обеспечивается ремонтной службой горно-металлургических предприятий. К основным задачам, решаемым ремонтной службой, относятся планирование, подготовка и проведение ремонтных воздействий. Задача планирования ремонтов является наиболее сложной и ответственной с точки зрения влияния на эффективность производства. Он включает календарное планирование сроков проведения ремонтов; планирование объемов финансовых и трудовых ресурсов; объемов и номенклатуры ремонтно-эксплуатационных материалов, запасных частей и сменного оборудования; устранения «узких мест» оборудования и его

модернизации и др.

При планировании ремонтов на основе закономерностей износа отдельных частей производственного оборудования с учетом его эксплуатации в различных условиях и режимах, ремонтосложности, периодичности проведения ремонтов, в первую очередь, устанавливается структура ремонтного цикла и объемы ремонтных работ. Затем определяется потребность в материальных ресурсах на ремонт и техническое обслуживание в соответствии с плановыми нормами расхода [2].

Длительность и качество ремонтных работ в значительной степени зависят от качества подготовки к ремонтам, своевременного и бесперебойного обеспечения ремонтов материальными ресурсами. В период подготовки составляются заявки, размещаются заказы на ремонтно-эксплуатационные материалы, механизмы, оборудование.

ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» является крупнейшим в России предприятием по добыче и обогащению железной руды и производству высококачественного сырья для черной металлургии. Для поддержания парка оборудования комбината в работоспособном состоянии организовано дочернее предприятие ООО «ЛебГОК-РМЗ», специализирующееся на изготовлении запасных частей, узлов и ремонтах оборудования горнорудных, металлургических и ма-

шиностроительных предприятий.

Функцию организации снабжения требуемыми ресурсами для проведения ремонтов выполняет Управление по материально-техническому обеспечению во взаимодействии с цехом автоматизации и информационных технологий. В настоящее время на ЛГОК функционирует программа «Планирование затрат на проведение ППР», в которой формируется перспективный план закупки запчастей, сменного оборудования и материалов; ведется анализ обеспечения ремонтов специальным оборудованием и инструментами, осуществляется расчет плановых затрат на ремонт по видам ремонтов по всем подразделениям на год, квартал, месяц.

Годовая потребность в ресурсах на ремонт и техническое обслуживание оборудования формируется в программе «Планирование ремонтов», исходя из объема работ, предусмотренных годовым планом-графиком ремонта оборудования. При оперативном планировании потребности в ремонтных ресурсах учитываются запасы материалов, запчастей и инструментов на складах структурных подразделений предприятия; плановые сроки поставки (с учетом сроков согласования, выбора поставщика, непосредственно самой поставки); аварийные заявки; корректировки ежемесячных заявок. В процессе планирования закупок требуемых для ремонтов материалов и запчастей определяются их номенклатура и количество (объем); сроки поставки на склады и в ремонтные цеха.

Дальнейшее совершенствование процесса формирования плана закупок ремонтно-эксплуатационных материалов и оборудования для ремонтов возможно в направлении оптимизации сроков и размера партий их поставки с учетом запасов ресурсов для ремонта на складах цехов и ремонтных служб предприятия на основе известных моделей и методов управления запасами.

Задача управления запасами для ремонтных нужд предприятия заключается в установлении рационального уровня запасов материалов, запчастей, инструментов и т.д., минимизирующего потери из-за неудовлетворенного спроса (что ведет к срыву или снижению качества ремонтных работ) и затраты на хранение и обслуживание ремонтных ресур-

сов на складе.

Основная особенность, определяющая конкретные методы планирования и контроля запасов, – характер спроса на эти запасы. В условиях ЛГОК спрос на ремонтные ресурсы является независимым, т.к. содержит элементы случайности ввиду возникновения экстренных (аварийных) заявок, оперативной корректировки производственных планов, что ведет к изменению интенсивности потребления ресурсов; изменения состава оборудования вследствие модернизации и реконструкции производства. Данное обстоятельство диктует необходимость использования разных стратегий управления запасами, которые позволят оптимизировать планирование закупок на ремонты на ЛГОК:

1. Управление запасами с фиксированным размером заказа. Заказ на поставку партии делается при уменьшении размера запаса до заранее установленного критического уровня. Интервалы времени между поставками зависят от интенсивности расхода.

2. Управление запасами с фиксированной периодичностью заказа. Объем партии принимается равным разности между фиксированным максимальным уровнем, до которого производится пополнение запаса, и фактическим его размером в момент заказа [3].

Предлагается в условиях ЛГОК использовать обе стратегии дифференцированно для разных по значимости и характеру расходований используемых ремонтных ресурсов.

Стратегия с фиксированным размером заказа предусматривает более жесткий контроль состояния запасов и может быть применена для дорогостоящих материалов и инструментов, ответственного оборудования и запчастей с высоким уровнем ущерба при их отсутствии, а также для ресурсов с непредсказуемым характером спроса.

Стратегия управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами применима, когда поставщик запасов диктует периодичность и сроки поставки; когда использование запасов очень неравномерно во времени, подвержено существенным колебаниям и не поддается планированию и прогнозированию. Она рекомендуется к применению для малостоящих материалов, быстроизнашивающихся деталей и узлов, ре-

ресурсов с низкими затратами на хранение, ресурсов с незначительными издержками при исчерпании их запаса.

Для моделей управления запасами существует понятие нормы запаса – установленного запаса, при котором обеспечивается бесперебойное проведение ремонтных работ. Она складывается из норм текущего и страхового запасов [4].

Страховые запасы создаются с целью снижения риска прерывания ремонтных работ в случае непредвиденных обстоятельств (возможными перебоями в поставке ресурсов, сезонным характером поставки, необходимостью ожидания поставки, неравномерностью потребления ресурсов и т. д.) [5–7]. Задача оптимизации страхового запаса состоит в минимизации сумм затрат на их хранение и потерь от прерывания, переноса сроков или ухудшения качества ремонтных работ при возможных нарушениях поставок ремонтно-эксплуатационных ресурсов.

Оптимальный размер страхового запаса:

$$Z_{\text{стр}}^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{C_{\text{оп}} T_{\text{оп}} N_{\text{расх}} V_{\text{рем}}}{C_{\text{рес}} k}}$$

где  $C_{\text{оп}}$  – экономические потери за одни сутки вследствие опоздания поставки, ден. ед.;  $T_{\text{оп}}$  – время опоздания очередной поставки, сут.;  $N_{\text{расх}}$  – норма расхода данного ремонтного ресурса на ремонт, нат. ед. ресурса / нат. ед. ремонта;  $V_{\text{рем}}$  – суточный объем ремонтов, при

проведении которого используется данный вид ресурса, нат. ед. ремонта;  $C_{\text{рес}}$  – стоимость единицы ресурсов, ден. ед.;  $C_{\text{рес}} k$  – суточные издержки хранения запасов единицы ресурса, ден. ед.

Норма хранения страхового запаса:

$$H_{\text{стр}} = \frac{Z_{\text{стр}}^{\text{опт}}}{N_{\text{расх}} V_{\text{рем}}}$$

Величина страховых запасов может быть увеличена на размер так называемых ограждающих запасов, создаваемых для преодоления последствий форс-мажорных обстоятельств, а также для страховки от вероятного повышения цен поставщиком.

При управлении запасами для некоторых стратегий рассчитывается «точка заказа» – фиксированный уровень запаса, при снижении до которого подается заказ на поставку следующей партии.

Сокращение затрат, связанных с обеспечением текущего запаса ресурсов, достигается при оптимизации размера заказа и периодичности поставок.

При использовании стратегии с фиксированным размером заказа (рис. 1) регулируемые параметрами являются «точка заказа» и объем заказа. Интервал времени между подачей заявки и поступлением партии на склад (заготовительный период) может быть постоянным, либо случайной величиной с заданным распределением.

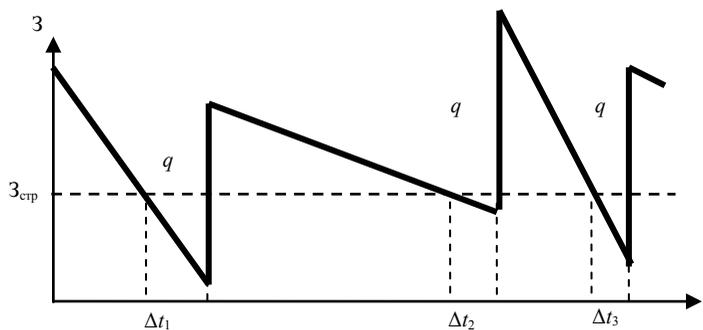


Рис. 1. Движение запасов при использовании стратегии с фиксированным размером заказа при мгновенном пополнении запаса

Если запасы пополняются мгновенно, «точка заказа» (в натуральных единицах ресурса) рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{зак}} = Z_{\text{стр}} + R_{\text{ср.-сут}} \Delta t,$$

где  $Z_{\text{стр}}$  – размер страхового запаса, нат. ед.

ресурса;  $R_{\text{ср.-сут}}$  – среднесуточный расход ремонтного ресурса, нат. ед. ресурса;  $\Delta t$  – временная задержка между моментом подачи заказа и моментом его получения, сут.

Если запасы пополняются в течение определенного периода времени  $\Delta t'$ ,

$$T_{\text{зак}} = Z_{\text{стр}} + R_{\text{ср.-сут}} (\Delta t + \Delta t').$$

Оптимальный размер заказа определяется по формуле Уилсона:

$$q = \sqrt{\frac{2C_{\text{рес}}^{\text{парт}} R_{\text{ср.-сут}}}{C_{\text{хр}}^{\text{ед}}}},$$

где  $C_{\text{рес}}^{\text{парт}}$  – затраты на поставку одной партии ресурса, ден. ед.;  $C_{\text{хр}}^{\text{ед}}$  – затраты на хранение одной единицы ресурса за сутки, ден. ед.;  $R_{\text{ср.-сут}}$  – среднесуточный расход ремонтного ресурса, нат. ед. ресурса.

Данная система не ориентирована на учет сбоев в объеме поставок. В ней не предусмотрены параметры, поддерживающие в таких случаях систему в бездефицитном состоянии.

При использовании стратегии с фиксированным интервалом времени между поставками (рис. 2) регулируемые параметрами являются максимальный (плановый) уровень и интервал времени между двумя заказами.

Издержки управления при этом в явном виде не рассматриваются, и размер заказа определяется не по формуле Уилсона. Возможны два варианта.

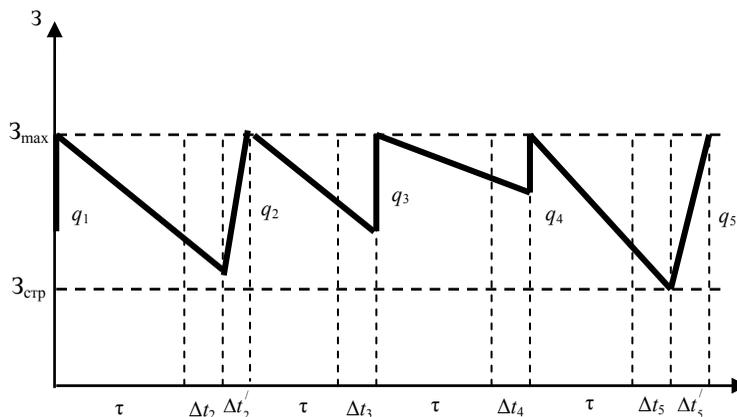


Рис. 2. Движение запасов при использовании стратегии с фиксированной периодичностью заказа

1. Фиксированным является только максимальный размер запаса (рис. 2).

Максимальный уровень запасов, выраженный в натуральных единицах ресурса:

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{стр}} + R_{\text{ср.-сут}} (\tau + \Delta t + \Delta t'),$$

где  $\tau$  – длительность временного интервала между проверками состояния запасов, сут.

Точка заказа в данном случае не рассчитывается. Заказ подается в день проверки, если фактический размер запасов ниже максимального размера.

Размер заказа определяется по формуле:

$$q = Z_{\text{max}} - Z_{\text{факт}},$$

где  $Z_{\text{факт}}$  – фактический размер запаса на момент проверки.

2. Фиксированными являются максимальная величина запасов и точка заказа, выраженные в натуральных единицах ресурса:

$$T_{\text{зак}} = Z_{\text{стр}} + R_{\text{ср.-сут}} (\tau + \Delta t + \Delta t').$$

Заказ подается, если выполняется условие  $Z_{\text{факт}} < T_{\text{зак}}$ .

В соответствии с выявленными потребностями ресурсов на ремонтные работы и движением их запасов составляются балансы по каждому виду ремонтно-эксплуатационных материалов и оборудования для определения объема заказа и источника поставок. Остаток на начало года по каждой позиции ресурсов принимается по фактическому наличию на момент составления баланса и предполагаемому поступлению и расходу за время, оставшееся до начала планируемого ремонта. Объем подлежащих поставке ресурсов определяется по рассчитанной потребности, скорректированной на изменение остатка при доведении его до установленной нормы [4].

Использование предложенных моделей управления запасами ремонтных ресурсов позволит, с одной стороны, ликвидировать их излишние запасы и сократить неоправданные перерасходы на их закупку, а с другой – обеспечить ритмичность и качество ремонтных работ.

Доведенные до уровня программной реализации предложенные стратегии могут

стать основой системы поддержки принятия решений для специалистов Управления по материально-техническому

ЛГОК с последующей ее интеграцией в единую информационную систему предприятия «Планирование ремонтов».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ручко В. Н. Проблемы планирования ремонтов механического оборудования металлургических заводов // Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет». Наукові праці. «Металургія». 2008. Випуск 10 (141).
2. Бельгольский Б. П., Коцюба А. И., Простак С. А. Совершенствование организации и планирования ремонтов металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1987. 96 с.
3. Плоткин Б. К. Управление материальными ресурсами. Очерк коммерческой логистики: учебное пособие. Л.: ЛФЭИ, 2003. 128 с.
4. Медведев И. А., Бельгольский Б. П., Зайцев Е. П. Организация, планирование и управление производством на металлургических предприятиях. К.; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1984. 400 с.
5. Гаджинский А. М. Логистика: учебник для высших и средних специальных учебных заведений. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2001. 396 с.
6. Денисов А. Ю., Жданов С. А. Экономическое управление предприятием и корпорацией. М.: Издательство «Дело и сервис», 2002. 416 с.
7. Неруш Ю. М. Логистика: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 389 с.

Поступила в редакцию 31 января 2014 г.

**Боева Людмила Михайловна** – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных и информационных систем управления. 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, 42, Старооскольский технологический институт имени А. А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». E-mail: boeva@inbox.ru

**Основина Ольга Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных и информационных систем управления. 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, 42, Старооскольский технологический институт имени А. А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

*К 85-летию со дня рождения*

**МЯГКОВ  
ВЛАДИМИР ФАДЕЕВИЧ  
(10.08.1929-05.07.2013)**



Владимиров Фадеевич Мягков – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный академик Академии горных наук Российской Федерации, заведовал кафедрой поисков и разведки месторождений полезных ископаемых УГГУ в период с 1979 по 1994 годы.

В. Ф. Мягков родился 10 августа 1929 г. в г. Камышлове Свердловской области в семье служащих. Во время Великой Отечественной войны в течение 1944-1945 гг. работал слесарем в паровозном депо станции Камышлов. В 1949 г. поступил на горное отделение технического факультете Пермского государственного университета, которое окончил с отличием в 1954 г. по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Был оставлен для работы на кафедре методов поисков и разведки МПИ, где трудился в должности ассистента, доцента, профессора, заведующего кафедрой. В период с 1957 по 1958 гг. Владимир Фадеевич работал в Пермском совнархозе в Управлении химической промышленности. Но его интерес к научной и педагогической деятельности заставил вернуться снова в университет.

Работая на кафедре, Владимир Фадеевич занимался разработкой проблем рудничного опробования калийных солей на примере Березняковского и Соликамского месторождений, вопросами рудничного и товарного опробования хромитов Сарановского месторождения. Уже в этот период научной деятельности Владимир Фадеевич, развивая идеи Петра Константиновича Соболевского, стал активно развивать горно-геометрическое направление, названное им «геометризация и

анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых». В рамках обозначенного направления им были подготовлены и успешно защищены кандидатская диссертация (1961) и докторская – «Геохимический метод парагенетического анализа руд (разработка и экспериментально-теоретическое обоснование метода)» (1977).

В 1979 г. В. М. Мягков был приглашен заведовать кафедрой поисков и разведки МПИ Свердловского горного института (ныне университета – УГГУ). Помимо успешной педагогической деятельности в этот период он активно продолжал научные исследования, занимаясь разработкой широкого круга научных проблем. В их числе: исследование парагенетических ассоциаций руд, морфометрический и морфоструктурный анализ рудных скоплений, метрологическое обеспечение точности и надежности опробования, определение параметров систем разведки оцениваемых месторождений, обоснование бортового содержания компонентов, выделение технологических сортов и типов руд, выбор информативных комплексов химических элементов при проведении геохимических поисков, комплексирование методов поисковых работ и т. д.

В. Ф. Мягков уделял большое внимание учебно-методической работе. Им подготовлен ряд методических разработок по дисциплине «Математические методы в геологии», учебное пособие «Рудничная геология» в издательстве «Недра» (1986), монография «Геохимический метод парагенетического анализа руд» (1984), многочисленные публикации в ведущих журналах (более 100 печатных работ). Он являлся членом Головного сове-

та Минвуза РСФСР по геологии и разведке МПИ, ответственным редактором пяти выпусков Межвузовского научно-тематического сборника «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных МПИ». Участник многочисленных Всесоюзных, Республиканских и региональных конференций и симпозиумов. Им подготовлено 14 кандидатов наук; являлся консультантом по двум докторским диссертациям, защищенных на кафедре поисков и разведки МПИ.

Осенью 1994 г. Владимир Фадеевич по семейным обстоятельствам возвращается в г. Пермь и продолжает работу на кафедре

инженерной геологии Пермского государственного университета, где читает лекции по разработанной им дисциплине.

Трудовую деятельность В. Ф. Мягкова отличало умелое сочетание научной и педагогической направленности. Он всегда находился на острие научной мысли, умело создавая вокруг себя трудоспособные творческие коллективы. Вспоминая Владимира Фадеевича, нельзя не отметить его исключительную честность и требовательность как к себе, так и окружающим, что способствовало успешному решению поставленных перед коллективом задач.

*Баранников А. Г., профессор кафедры геологии,  
поисков и разведки МПИ*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Г. В., Ибламин Р. Г. Профессору В. Ф. Мягкову 80 лет // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. Вып. 11. С. 142–146.
2. Ибламин Р. Г. Памяти профессора В. Ф. Мягкова (1929-2013) // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. Вып. 3 (20). С. 100–104.
3. Филатов В. В. Мягков Владимир Фадеевич // Профессора Уральского государственного горного университета: Биографический справочник, 4-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. С. 273–274.



**ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ  
ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ  
(1874 – 1944)**

Специалист в области геологии неметаллических полезных ископаемых, один из основателей отечественной галургии; доктор геолого-минералогических наук (1935), профессор (1922).

Окончил Петербургский горный институт Императрицы Екатерины II (1900), горный инженер-геолог. После окончания института работал в Восточной Сибири и Забайкалье (1900–1918), занимался поисками и разведкой месторождений золота и других полезных ископаемых; в 1919 – товарищ министра народного просвещения в правительстве А. В. Колчака; ноябрь–декабрь 1919 находился в заключении; в 1922–1924 – профессор Уральского горного института (когда он входил в состав Уральского государственного университета) и Пермского государственного университета; старший геолог Геологического комитета, Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института (1924–1938); один из организаторов и главный геолог Всесоюзного научно-исследовательского института галургии (1939–1941); и. о. директора (1941–1943), заместитель директора (1943–1944) Института горно-химического сырья. В Уральском горном институте заведовал кабинетом полезных ископаемых, который преобразовал в кафедру и стал ее заведующим. Основные труды посвящены геологии, поиску

и разведке соляных месторождений; был инициатором применения гравиметрии для изучения строения соляных залежей; изучал соляные залежи в Ишимбаевском районе Башкирии, соляные озера в Западной Сибири, соляные месторождения в Киргизии и Казахстане; консультировал направление разведочных работ на соль и рассолы в районе Иркутского Усолья и в Артемовском районе на Украине; был сторонником комплексного использования солей с целью извлечения из них брома, бора, рубидия, цезия и других химических элементов; высоко оценивал соляные ресурсы восточных районов Сибири. Первооткрыватель крупнейшего в мире Верхнекамского калийно-магниевого месторождения (1925) и первого в Приуралье промышленного месторождения нефти в районе Верхнечусовских городков (1929). Создатель отечественной школы геологов-солевикунов. Среди его учеников Ю. В. Морачевский, Г. Г. Уразов, А. Е. Рыковский, А. А. Иванов, В. И. Скок и др. Участник XVII сессии Международного геологического конгресса (1937). Награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», знаком и дипломом «Первооткрыватель месторождения». В честь Преображенского названа улица в г. Березники и минерал из подкласса боратов – преображенскит.

*Филатов В. В., профессор*

**ЮОН  
ЭДУАРД ФЕДОРОВИЧ  
(1874–1959)**

Эдуард Федорович Юон родился 27 января 1874 г. в г. Москве в семье владельца страхового общества. Является братом известного русского советского художника К. Ф. Юона.

Учился в Цюрихском политехникуме (1892–1894), окончил Баварский технический университет (1897) по специальности «химия». После окончания университета работал в химических лабораториях на металлургических заводах в Сосновичах (Польша), в Катовице (Верхняя Силезия); в 1900–1907 гг. – главный химик Центральной лаборатории Богословского горного округа; в 1904–1905 гг. служил в армии в Закавказье и Забайкалье; в 1907–1912 гг. – помощник директора, управляющий Донецко-Юрьевским сталелитейным заводом; в 1913–1914 гг. – директор Аши-Балашовского металлургического завода (Южный Урал); в 1914–1917 гг. – управляющий Симским горным округом; в 1917–1919 – консультант Уральского горного управления, уполномоченный Комитета по обороне по Уралу; в 1919–1920 гг. – профессор метал-

лургии и неорганической химии в Уральском горном институте, сотрудник технического отдела ВСНХ; в 1921–1924 гг. – член комиссии Л. Б. Красина, торговый представитель СССР в Швеции.

С 1924 г. Э. Ф. Юон жил и работал в Швейцарии.

Основные труды посвящены разработке теории и технологии получения древесного угля, изучению движения газов в сталеплавильных печах, вопросам организации и оплаты труда на металлургических заводах. В 1918 г. Э. Ф. Юон разработал совместно с группой инженеров проект организации уральской металлургической промышленности.

Работы Эдуарда Федоровича Юона опубликованы в журналах «Сталь и железо» (Германия), «Горный журнал», «Уральский техник», «Экономические известия». На I Конгрессе русских металлургов он представил доклад по вопросам оплаты труда на металлургических заводах.

*Филатов В. В., профессор*

## NATURAL SCIENCES

### **Algorithmic presentation of the interpretation of geofields / Vinogradov A. M., Sapozhnikov V. M.**

There is version of elementary algorithm of the interpretation of geofields when we solving formalized tasks with difficulty. It follows from existing methodological tools and developments in the field of geometrization of material and energy fields, when achievement of the goal within the framework of adopted or competing concepts is optimized.

**Keywords:** *geofields; algorithm; system; model; subject; object; objective; decision.*

#### *References*

1. Vinogradov A. M. The system under study geofields search pyrite deposits in the Southern Urals: Author. dis. of the Dr. of Geol. and Mineral. Sciences. Ekaterinburg, 1992. 42 p.
2. Vinogradov A. M. News of the higher institutions. Geology and Exploration. 1990. No. 10. pp. 45–53 .
3. Vinogradov A. M. News of the higher institutions. Geology and Exploration. 1990. No. 5. pp. 90–98 .
4. Vinogradov A. M., Sapozhnikov V. M. News of the UrSMU. No. 2 (30). 2013. pp. 5–14 .
5. Vinogradov A. M. Geofield pyrites and the Southern Urals. Ekaterinburg: UB of RAS. 2004. 185 p.
6. Sapozhnikov V. M. Integration of geophysical methods: tutorial. Ekaterinburg: Ural State Mining University Publishing House, 2010. 76 p.
7. Elektrical exploration of ore fields by charge / M.V. Semenov [et al.]. Leningrad: Nedra, 1984. 216 p.

**Vinogradov A. M.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia. E-mail: gopm@mail.ru

**Sapozhnikov V. M.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia. E-mail: elrswm@ursmu.ru

### **Seismic data regularization for combining of neighbour surveys / Kurashov I. A., Bondarev V. I., Krylatkov S. M.**

The paper discusses the issues of quality improving of seismic images for their construction based on several seismic surveys carried out with different parameter values of observing system. The method allows increase the image density and stacking fold of seismic traces during such data processing. An example of application of this method for one of the areas in Western Siberia. Shown the possibility of data regularization with increasing of SNR, tracking improvement of target reflectors and image formation for unified coordinate network of seismic traces obtained during the different surveys.

**Keywords:** data processing, seismic images, reflecting horizon, stacking fold, trace density, signal-to-noise ratio, data interpolation, unification of seismic surveys.

#### *References*

1. Downton J., Hunt L., Trad D., Reynolds S., Hadley S. Canadian journal of exploration geophysics. 2012. Vol. 37, no. 1. pp. 8–17.
2. Bondarev V. I., Krylatkov S. M., Kurashov I. A. News of the higher institutions. Mining journal. 2012. No. 3. pp. 146–153.
3. Bondarev V. I., Krylatkov S. M., Kurashov I. A. The technology for processing seismic data

based on analysis of the diffraction component of the wave field // Modern problems of science and education. 2012. No. 1. URL: [www.science-education.ru/101-5605](http://www.science-education.ru/101-5605) (accessed: 18.02.2014).

4. Kozlov E. A. Medium model in exploration seismology. Tver: JSC «GERS Publishing House», 2006. 480 c.

5. Timoshin Yu. V. Basics of diffraction conversion of seismic records. Moscow: Nedra, 1972. 264 p.

6. Gelchinsky B., Berkovitch A., Keydar S. Journal of applied geophysics. 1999. Vol. 42, no. 3–4. pp. 229–242.

7. Cherepovsky A. V. Seismic exploration with single receivers and sources: an overview of current technologies and design of surveys. Tver: JSC «GERS Publishing House», 2012. 134 p.

8. Buske S., Gutjahr S., Sick C. Geophysics. 2009. Vol. 74, no. 66. pp. WCA47–WCA55.

9. Landa E. Beyond conventional seismic imaging. EAGE Publications bv, 2007. 94 p.

**Kurashov I. A.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

E-mail: [ivan.kurashov@m.ursmu.ru](mailto:ivan.kurashov@m.ursmu.ru)

**Bondarev V. I.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

E-mail: [vladimir.bondarev@m.ursmu.ru](mailto:vladimir.bondarev@m.ursmu.ru)

**Krylatkov S. M.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

E-mail: [sergey.krylatkov@m.ursmu.ru](mailto:sergey.krylatkov@m.ursmu.ru)

## TECHNICAL SCIENCES

### **The methodology and results of determination of friction coefficients and restore of monophases of bulk materials** / Potapov V. Ya., Potapov V. V., Semerikov L. A.

There are methods and equations for results of determination of friction and recovery coefficients for asbestos, mica and carbonaceous products. Presented are graph of changes in the coefficients on the size of the test material. The practical significance of the work is the determining of the coefficient of rolling friction of asbestos- and coal-contained products.

**Keywords:** *coefficients of friction, recovery, rolling friction; math and regressive equations; asbestos; coal; mica; country rocks.*

#### *References*

1. Shchedrinsky M. B., Volegov A. V., Mueller E. K. Enrichment of asbestos ore. Moscow: Gosgortekhzdat, 1962. 234 p.

2. V. Ya. Potapov et al. News of the higher institutions. Mining journal. 1998. No. 5/6. pp. 103–108.

3. Tcypin E. F., Pelevin A. E., Potapov V. Ya. Study of physical and mechanical properties of chrysotile asbestos ore to develop methods and apparatus for pre-enrichment in crushing and sorting complex: research report. Sverdlovsk, 1987. 142 p. Registration number 018527675.

4. Kelina I. M., Tcypin E. F., Aleksandrova E. P. News of the higher institutions. Mining Journal. 1983. No. 4. pp. 126–129.

5. Aleksandrova E. P., Tikhonov O. N. Non-ferrous metals. 1986. No. 6. pp. 12–17.

6. Timchenko N. K. Building Materials. 1964. No. 4. pp. 17–19.

7. Frictional characteristics of pieces – a framework for modeling of separators / V. Ya. Potapov [et al.] // Mathematical modeling of mechanical phenomena: Proceedings of the All-Russian scientific conf. Ekaterinburg, 2011. pp. 55–59.

8. Potapov V. Ya. et al. News of the higher institutions. Mining Journal. 2007. No. 1. pp. 110–113.

9. Potapov V. Ya., Potapov V. V., Semerikov L. A. The methodology and results of the study of rolling friction coefficient of rocks // The Ural School of Mines – to the region: Proceedings of the

International scientific-practical conf. Ekaterinburg, 2011. pp. 361–362.

10. Lyaptsev S. A., Potapov V. Ya. Fundamental research. 2012. No. 3. pp. 102–105. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op+show\\_article&article\\_id=7981910](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op+show_article&article_id=7981910)

**Potapov V. Ya., Potapov V. V., Semerikov L. A.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia. E-mail: [demus77@mail.ru](mailto:demus77@mail.ru)

**Modeling of the flooding process of the mine "Novogrodovskaya № 2" to assess the possibility of using its heat source / Sadovenko I. A., Inkin A. V., Rudakov D. V., Hriplivets J. V.**

There were created a numerical model, reflecting processes geofiltration on its territory, based on the analysis of development and mining conditions of geological and hydrogeological features of a flooded mine "Novogrodovskaya 2" in a software complex "MODLOW v. 4.5". According to the results of the inverse problem solving it is proved the correctness of the model developed and evaluated the thermal resource mine prisoner in mine waters and residual coal reserves. Modeling the dynamics of the rising water in the flooded mine workings allowed to determine the distribution of groundwater level in the range within a mine field before and after the cessation of dewatering.

**Keywords:** mine; flooding; groundwater; the remaining reserves of coal; heat resource.

*References*

1. Conclusion on the results of "The forecast of change of ecological and hydrogeological conditions in the boundaries of mining leases of mine number 2" Novogrodovskaya "which wound up abandoned mines "Selydivska" and mine of Korotchenko, which is subject to liquidation, as well as their adjacent operating mines: Report of the Artemovsk hydrogeological party / N. A. Krasnopolsky. Artemovsk. 2006. 130 p.

2. Wieber G. A. Source of Geothermal Energy – Examples from the Rhenish Massif / G. Wieber, S. Pohl // Mine Water In Technical University of Ostrava Faculty of Mining and Geology, In: Proceedings of the 10th IMWA Congress – 2008 in Karlovy Vary, Czech Republic, 113–116 p.

3. Geology of coal and oil shale deposits in the USSR. Vol. 1. Coal basins and deposits of southern European part of the USSR / Lagutina V. V. et al. Moscow: Gosgeoltechizdat, 1963. 1210 p.

4. Underground gasification of coalbeds / E. V. Kreinin [et al.]. Moscow: Nedra, 1982. 151 p.

5. Sadovenko I. A., Rudakov D. V. Dynamics of filtering mass transfer in the running and coagulation of mining. Dnepropetrovsk: National Mining University, 2010. 216 p.

6. Ermakov V. N., Ulitsky O. A., Spozhakin A. I. Ukraine coal. 1998. No. 6. pp. 11–13.

7. Sadovenko I. A. News of the higher institutions. Geology and exploration. 1991. No. 12. pp. 19–22.

**Sadovenko I. A., Inkin A. V., Rudakov D. V., Hriplivets J. V.** – National Mining University. Dnepropetrovsk, Ukraine. E-mail: [inkin@ua.fm](mailto:inkin@ua.fm)

**Equation relating the strength parameters of bodies and its application for the analysis and prediction of the physical state of rocks / Zadneprovsky R. P.**

The coupling equation the shear stresses with the normal stresses and allows to modeling real and hypothetical physical states of the bodies. Rheological model is considered for the analysis of dynamic changes in deformability, given the experimental data analysis of coefficients of the equation due to rocks and other mineral bodies.

**Keywords:** shear stress; modeling; rocks; building materials; coupling equation.

*References*

1. Zadneprovsky R. P. Theory of sliding friction. Volgograd: Ofset, 2005. 52 p.

2. Mikhailov I. G., Soloviev V. A., Syrnikov Yu. P. Basis of molecular acoustics. Moscow: Nauka, 1964. pp. 380–470.
3. Properties of rocks for mining and chemical raw materials / ed. by M. E. Pevzner. Moscow, 1971. 172 p.
4. Kukxa L. V. Mechanics of structurally heterogeneous materials at the micro-and macrolevels. Volgograd: VolgGASU, 2002. pp. 17–23.

**Zadneprovsky R. P.** – Volgograd State Architecture and Construction University. Volgograd, Russia. E-mail: zadnepr@yandex.ru

### **Features of application of additional tapes in the drives of belt conveyors / Reutov A. A.**

The schemes of belt conveyor drives with additional tape, pressuring roller and several drive pulleys were considered. Classification attributes are proposed for drives with additional tape. Six schemes of belt conveyor drives were evaluated by two criteria: the conveyor belt strength utilization factor and the number of drive's pulleys. It is shown that the greatest increase of drive traction is achieved by applying pressuring tape.

**Keywords:** *friction drive; drive pulley; belt conveyor; traction; pressuring tape.*

#### *References*

1. Mine transportation and mechanization of auxiliary operations / ed. by B. F. Bratchenko. Moscow: Nedra, 1978. 423 p.
2. Evnevich A. V. Transport machines and complexes. Moscow: Nedra, 1975. pp. 89–90.
3. Reutov A. A. Modeling of the drives of belt conveyors. Bryansk: BGTU Publishing House, 2011. 152 p.
4. Davydov S. Ya. News of the UrSMU. 2013. No. 4. pp. 59–71.

**Reutov A. A.** – Bryansk State Technical University. Bryansk. Russia. E-mail: UMU@tu-bryansk.ru

## **SOCIAL-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES**

### **Anthropogenic impact on the environment during the development of mineral resources and the reaction of recipients / Kosolapov O. V.**

Сложность перехода на экологическое нормирование позволяет считать первостепенной проблему снижения антропогенной нагрузки на экосистемы, что делает особо интересными исследования в области экологически безопасных технологий.

The works of scholars on the issue of anthropogenic impact on the environment during mining are analyzed. During the analysis all work were performed by grouping into three blocks: the impact and assessment; forming consequences; environmental regulation as a criteria to limit the action of man-made factors. The complexity of the transition to environmental regulation allows us to consider the problem of reducing the primary anthropogenic load to ecosystems, therefore the research in the field of environmentally sound technologies is particularly interesting.

**Ключевые слова:** *impact; consequences; development of mineral resources; recipients; экологическое environmental regulation.*

#### *References*

1. Troubetzkoy K. N., Galchenko Yu. P., Bourtsev L. I. Ecological problems of the mineral resources in the sustainable development of nature and society. Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2003. 262 p.

2. Troubetzkoy K. N., Galchenko Yu. P. Geochemistry, engineering geology, hydrogeology, geocryology. 2002. No. 6. pp. 483–488.
3. Pashkevych M. A., Parshin M. V. Analysis of environmental hazard of coal mining industry // Mining informational and analytical bulletin. 2007. No. 11. pp. 305–312.
4. Naumkin A. P., Mechik O. S. Mine surveyer's journal. 2009. No. 2. pp. 43–46.
5. Babenko O. B. et al. Mining Journal. 2002. No. 3. pp. 71–74.
6. Lepikhin A. P., Miroshnichenko S. A. Mining Journal. 2008. No. 10. pp. 92–96.
7. Ovchinnikov T. V., Uflyand G. S. Mining Journal. 2011. No. 7. pp. 31–34.
8. Wolpert L. Ya., Martynov G. A. Mining Journal. 2011. No. 1. pp. 100–102.
9. Zaman L. Mining Journal. 2011. No. 3. pp. 24–27.
10. Zvereva V. P. Mining Journal. 2006. No. 4. pp. 78–80.
11. Samarin V. P. Ecology and Industry of Russia. 2007. No. 7. pp. 40–42.
12. Mikhailov Yu. V., Kovorova V. V., Morozov V. N. Mining ecology. "Academy" Publishing House, 2011. 336 p.
13. Ignatieva M. N., Litvinova A. A., Kosolapov O. V. News of the higher institutions. Mining Journal. 2012. No. 7. pp. 13–16.
14. Peshkov S. S., Nasolets N. B. Mining Journal. 2002. No. 7. pp. 79–82.
15. Slavikovskiy O. V., Slavikovskaya Yu. O., Valiev N. G. Development of mineral resources and the problem of restoring of bowels. Technology of the topography recovery and man-made voids of the subsurface. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2012. 208 p.
16. Troubetzkoy K. N., Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V. Geoecology, geocology engineering, hydrogeology, geocryology. 2008. No. 4. pp. 291–300.
17. Auzinja L. I. Ecological and geological problems of urbanized areas: Proceedings of II All-Russian scientific-practical conf. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2009. pp. 3–9.
18. Chetverik M. S., Bubnova E. A., Statcenko N. M. Mine subsoil. 2008. No. 4. pp. 58–60.
19. Gorshenina E. L. Ecological and geological problems of urbanized areas: Proceedings of II All-Russian scientific-practical conf. Ekaterinburg: Ural State Mining University. 2009. pp. 101–104.
20. Legostaeva J. B., Martynov G. A. Mining Journal. 2011. No. 10. pp. 86–89.
21. Vorobeichik E. L., Sadykov O. F., Farafanov M. G. Environmental regulation of terrestrial ecosystems (local level). Ekaterinburg: UIF, "Nauka", 1994. 282 p.
22. Buzmakov S. A., Kostarev S. M. News of the higher institutions. Oil and gas. 2004. No. 5. pp. 124–131.
23. Buzmakov S. A. Problems of Environment, Nature Conservation and Nature: Proceedings of the science conf. Perm: Perm University, 2006. pp. 26–51.
24. Fast V. V. Complex hygienic evaluation of pollution of the industrial city and neonatal health indicators: Author. dis. Cand. of Med. Sciences. Orenburg, 1995. 23 p.
25. Gurevich V. B. System approach to management of environmentally caused health risk on the example of the aluminum industry: Author. dis. Dr. of Med. Sciences. St. Petersburg. 2008. 19 p.
26. Kurylenko E. A. Methods of assessing the negative impact of industrial emissions on the health of the population (for example, the Ust-Kamenogorsk city): Author. dis. Cand. Med. Sciences. Alma-Ata, 2008.
27. Ecological-economic analysis, software and reducing environmental and economic damage / V. G. Lisienko [et al.]. Ekaterinburg: Ural State Technical University–UPI, 2005. 310 p.
28. Veprintsev V. V., Plotko E. G., Nasybullina G. M. Environmental safety of industrial regions: Proceedings of the First Ural. Intern. ecologist. Congress. Ekaterinburg: MANEB, 2007. T. II. pp. 61–65.
29. Chereshnev V. A. et al. Geology, engineering geology, hydrogeology, geocryology. 2008. No. 2. pp. 99–108.
30. Israel A., Semenov S. N., Kupina I. M. Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling. Leningrad, 1992. pp. 122–125.
31. Galchenko Yu. P., Hishiktuev S. V. Ecological Systems and Devices. 2001. No. 4. pp. 16–21.

32. Troubetzkoy K. N., Galchenko Yu. P. Mining bulletin. 1999. No. 4/5. pp. 21–28.

**Kosolapov O. V.** – Mineral resources department. Orenburg, Russia. E-mail: nedra1958@mail.ru

**The scientific foundations of appraisal and management of country's quality in the condition of high-urbanized territory / Sorokina A. F., Mochalova L. A.**

This paper substantiates the necessity to appraise of country's quality. Then it is describe the methodology of appraisal of territory's quality with instruction of its peculiarities for country. Also the paper contains recommendations by increase of management effectiveness of country's quality and ensuring of country's sustainable development.

**Keywords:** *country; quality of territory; appraisal of country's quality; types of administrative-territorial units; methods of management.*

*References*

1. Didenko O.V. Geographical problems of contemporary socio-economic transformation of the countryside (Voronezh region): Author. dis. Cand. of Geograf. Sciences. Voronezh, 2007. 26 p.
2. Hooks V. G. Socio-economic and environmental problems of rural development: Proceedings of the international scientific conf. Saransk, 2000. Part 1. pp. 5–17.
3. Loginova N. N., Presnyakov V. N., Sotova L. V. The countryside: social and geographical aspects of development. Saransk: Type, 2005. 186 p.
4. Mahotkina A. I. Regional Studies. 2006. No. 4 (10). pp. 33–47.
5. Moskin R. V. Territorial organization of the countryside in Central Russia: Author. dis. Cand. of Geograf. Sciences. Moscow, 2006. 158 p.
6. Nefedov T. G. Rural Russia at the Crossroads: geographical essays. Moscow: New Publishing, 2003. 408 p.
7. Patsiorkovsky V. V. Population. 2003. No. 3. pp. 111–122.
8. Panajuc M. V. Managing of economic and geographic features. Kazan: Kazan State University, 1989. 140 p.

**Sorokina A. F., Mochalova L. A.** – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia. E-mail: ief.etp@ursmu.ru

**Approaches and methods of business valuation in modern conditions / Strovsky V. E., Simonjan A. H.**

The article discusses approaches to the valuation of the company based on two sets of principles. Some of them based on the notion of factors of production that generate revenue, and another based on the behavior of the market, as well as methods for calculating of the valuation within each of the income.

**Keywords:** *business; valuation; approaches; calculation methods; choice.*

*References*

1. Valdaytcev S. V. Business valuation. Moscow: TC Welby, 2008.
2. Kozyr Yu. V. Securities market. 1999. No. 11; 2000. No. 12; 2000. No. 14.
3. Rutgaizer M. V. Business Valuation. Moscow: Maroseyka, 2007.
4. Simonova N. E., Simonov R. Yu. Business Valuation: Theory and Practice. Rostov on Don: Phoenix, 2007.
5. Thomas L. West, Jeffrey D. Jones. Business valuation toolkit. Moscow: JSC "Kwinko consulting", 2003.
6. Shcherbakov V. A., Shcherbakova N. A. Evaluation of Enterprise (Business). Moscow: Omega-L, 2006.

7. Frank C. Evans, Bishop David M. Evaluation of companies in mergers and acquisitions: creation of value in private companies. Moscow: Alpina Business Books, 2004.

*Strovsky V. E.* – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

*Simonjan A. H.* – JSC “Gazprom – Transgaz – Ekaterinburg”. Ekaterinburg, Russia. E-mail: asxo5@mail.ru

**Peculiarities of strategic positioning in the context of hydrocarbons developing in the Arctic by example of the Arkhangelsk region / Vetrova E. N., Gladysheva I. V.**

The article substantiates the methodological approach to the strategic positioning of the region on materials of the Arkhangelsk region. The authors introduced the concept of strategic positioning and strategic potential of the region. The paper considers peculiarities of strategic research and capacity to implement successful strategic positioning. The article presents the author's methods of testing the example of the Arkhangelsk region in terms of development of the Arctic shelf. Authors' position in the strategic development of the Arkhangelsk region is formulated.

**Keywords:** *strategic potential; strategic positioning; elements of the strategic potential; Arctic offshore; resources; development of the region.*

*References*

1. Energy Strategy of Russia until 2030. The Government Decree of the Russian Federation by November 13, 2009, № 1715-r.

2. Outlook for Energy: Russia and the world until 2040. The Institute of Energy Research. Analytical Center under the Government of the Russian Federation. URL: <http://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>

3. Fadeev A. M. Actual problems of the offshore hydrocarbon resources development in the Arctic. URL: <http://pro-arctic.ru/10/04/2013/resources/2667>

4. Principles of State Policy of the Russian Federation in the Arctic up to 2020 and beyond (from 18.09.2008, Pr-1969) // Russian newspaper. 27.03.2009.

5. Pilyasov A. N. Arctic. Ecology and economics. No. 1. 2011. URL: [http://www.ibrae.ac.ru/images/stories/ibrae/arktika\\_magazine/38-47-pilyasov.pdf](http://www.ibrae.ac.ru/images/stories/ibrae/arktika_magazine/38-47-pilyasov.pdf)

*Vetrova E. N.* – Saint-Petersburg State University of Economics. Saint-Petersburg, Russia.

*Gladysheva I. V.* – The Government of the Arkhangelsk region. Arkhangelsk, Russia.

**Operational planning of procurement of the mining and metallurgical enterprise repair resources / Boeva L. M., Osnovina O. N.**

The problem of optimization of the operational planning process for procurement of materials and spare parts to repair the equipment of JSC "Lebedinsky GOK" (LGOK). Demand for repair resources in terms of mining and metallurgical enterprise contains elements of chance due to the frequent occurrence of an emergency applications, rapid adjustment of production plans, changes in the composition of equipment due to modernization and reconstruction. The authors propose to use different strategies for different inventory management on the importance and nature of expenditure used repair resources. Implementation of proposed models of inventory management of mining and metallurgical equipment LGOK will eliminate excess inventory maintenance resources, reduce unnecessary cost overruns on their purchase, provide rhythm and quality of repair works.

**Keywords:** *mining and metallurgical equipment; planning repairs; repair resources; procurement plan maintenance supplies and equipment, inventory control strategy; insurance reserves; "reorder point"; the volume of the order.*

### *References*

1. Ruchko V. N. Repairs of mechanical equipment of metallurgical plants. Problems of planning // State Higher Educational Institution "Donetsk National Technical University". Scientific labor. "Metallurgy", 2008. Preview Issue 10 (141).
2. Belgolsky B. P., Kotsyuba A. I., Gaby S. A. Improving the organization and planning of repairs of metallurgical equipment. Moscow: Metallurgy, 1987. 96 p.
3. Plotkin B. K. Material Management. Commercial logistics essay: a tutorial. Leningrad: LFEI, 2003. 128 p.
4. Medvedev I. A., Belgolsky B. P., Zaitsev E. P. Organization, planning and production management at metallurgical enterprises. Kiev; Donetsk: High school. Head Publishers, 1984. 400 p.
5. Hadjinsky A. M. Logistics: a tutorial for higher and secondary specialized educational institutions. 4th ed., rev. and add. Moscow: Publishing and Book Trade Center "Marketing", 2001. 396 p.
6. Denisov A. Y., Zhdanov S. A. Economic management businesses and corporations. Moscow: Publishing House "Business and Services", 2002. 416 p.
7. Nerush M. Logistics: a tutorial for high schools. 2nd ed., rev. and add. Moscow: UNITY-DANA, 2001. 389 p.

***Boeva L. M., Osnovina O. N.*** – Saryi Oskol Technological Institute named after A. A. Ugarov. Saryi Oskol, Russia. E-mail: boeva@inbox.ru

# ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ УГГУ»

## Уважаемые авторы!

Журнал «Известия УГГУ» предназначен для публикации результатов научных исследований сотрудников, аспирантов, студентов УГГУ и лиц сторонних организаций.

### В редакцию необходимо предоставить:

**1. Текст статьи** на русском языке в электронном и печатном виде (в 2 экз., с подписью автора). Текст должен быть идентичен в обеих версиях. Необходимо указывать номер УДК.

**2. Библиографический список.** Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3). В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНИП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов рекомендуется приводить в тексте статьи, не вынося в библиографический список.

**3. Аннотацию и ключевые слова.**

**4. Сведения об авторах.** Необходимо указать ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, контактный e-mail, контактный телефон.

**5. Рекомендацию кафедры,** или члена редколлегии, или редактора по разделу.

**6. Экспертное заключение** о возможности опубликования.

Название статьи, аннотация, ключевые слова должны быть переведены на английский язык. Также необходима транслитерация фамилии, имени, отчества, которую Вы обычно используете.

Объем статей вместе с иллюстрациями не должен превышать 10 стр.

### Оформление статей

1. Текст статьи набирается в редакторе Microsoft Word, поля документа: левое 3 см, остальные – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, 11 кегль, одинарный интервал. Страницы нумеруются.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них.

4. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом.

5. Тригонометрические знаки ( $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\operatorname{tg}$ ,  $\operatorname{arcsin}$  и т. д.), знаки гиперболических функций ( $\operatorname{sh}$ ,  $\operatorname{ch}$ ,  $\operatorname{th}$ ,  $\operatorname{cth}$  и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины ( $\lim$ ,  $\ln$ ,  $\operatorname{arg}$ ,  $\operatorname{grad}$ ,  $\operatorname{const}$  и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал ( $^{\circ}\text{C}$  – градусы Цельсия и т. д.) набирают прямым шрифтом.

6. Физические единицы приводятся в системе СИ.

### Графический материал

Рисунки, карты, чертежи предоставляются в электронном и бумажном виде, в цветном и/или черно-белом исполнении. Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы и схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Текст в рисунках, картах, схемах, таблицах должен быть набран шрифтом Times New Roman.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 9 кеглем и шрифтом «Times New Roman», экспликация – 8 кеглем, шрифт тот же.

Основной текст в таблице набирается 9 кеглем, шрифт «Times New Roman», шапка таблицы – 8 кеглем, шрифт «Times New Roman».

Редактура и компьютерная верстка *Шориной Э. В.*  
Корректор *Пихтовникова О. Г.*  
Перевод на англ. яз. *Удачиной Н. А.*

---

Подписано в печать 29.11.2013. Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 11,9. Тираж 500. Заказ № 2.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55055

Издательство ФГБОУ ВПО «УГГУ»  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Отпечатано в типографии  
ООО «Издательство УМЦ УПИ»  
620049, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35 а, оф. 2