

Г. В. Сафонов, А. В. Стеценко, М. Ю. Шишин

ЛЕС И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА: региональная стратегия адаптации (на примере Алтая)



Г. В. Сафонов, А. В. Стеценко, М. Ю. Шишин

**ЛЕС
И ИЗМЕНЕНИЕ
КЛИМАТА:
региональная стратегия адаптации
(на примере Алтая)**



Г Е И С

Москва
2016

Авторский коллектив:

Г. В. Сафонов, А. В. Стеценко, М. Ю. Шишин

При участии Е. Г. Парамонова, Н. Ф. Харламовой, Д. Г. Замолодчикова, А. О. Кокорина, С. Н. Бобылева, А. Г. Болотова, Н. А. Белокопытовой, Е. Г. Кликушиной, А. Л. Дориной, В. Х. Бердина, Т. С. Репиной, Д. С. Беседовской, Д. В. Добрынина, Е. А. Красильникова, Ю. А. Сафоновой, А. В. Котовой, Ю. С. Власова, Е. М. Суровикиной.

Сафонов Г. В., Стеценко А. В., Шишин М. Ю.

Лес и изменение климата: региональная стратегия адаптации (на примере Алтая). — М.: ТЕИС, 2016. — 68 с.

ISBN 978-5-7218-1390-0

Данная книга посвящена одной из актуальных экологических проблем— влиянию изменения климата на бореальные леса. На примере юга таёжной зоны центральной Сибири (Алтайского региона) проанализировано влияние опасных климатических изменений и дана оценка потенциала адаптации к ним лесных экосистем. Представлены результаты ретроспективного анализа поглощения парниковых газов из атмосферы и долгосрочный прогноз влияния климатических изменений на лесные экосистемы. В работе показаны инновационные методы использования гео-информационных систем для анализа растительного покрова с использованием спутниковых данных.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области лесного хозяйства и глобального изменения климата, а также может быть использована в качестве пособия для подготовки проектов поглощения углерода в лесных экосистемах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. Развитие лесного сектора в Алтайском регионе	7
1.1. Леса Алтайского края	7
1.2. Леса Республики Алтай	18
2. Климатические изменения в Алтайском регионе	27
3. Климатическая функция лесов региона	35
3.1. Методологические основы оценки поглощения/эмиссии парниковых газов в лесном хозяйстве	35
Особенности методологии учета поглощения углерода создаваемых лесонасаждений	37
Методики экспериментально-полевого определения запасов подстилки и углерода почв	38
3.2. Оценки поглощения и эмиссий углерода в регионе за период 1990–2010 гг.	39
3.3. Долгосрочные прогнозы климатической функции лесов	41
Анализ и выбор сценариев изменений климата МГЭИК, наиболее адекватных для территории России	42
Ход роста лесных насаждений и процессы разложения мертвого органического вещества с учетом влияния изменений климата	49
Результаты модельных оценок по Алтайскому региону	51
4. Лесная геоинформационная система Алтая	55
4.1. ГИС и современные подходы к управлению лесами	55
4.2. Лесная ГИС Алтайского региона	56
4.3. Характеристика лесов региона по данным расшифровки космических снимков	64

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность экспертам, оказавшим неоценимую помощь в подготовке данной публикации, прежде всего, заслуженному лесоводу России Е. Г. Парамонову, выдающемуся климатологу Н. Ф. Харламовой, ведущему российскому эксперту по углерод-депонирующей функции лесов Д. Г. Замолдчикову, эксперту по международным климатическим соглашениям А. О. Кокорину, профессору, д.э.н. С. Н. Бобылеву, А. Г. Болотову, И. Л. Якубову, И. Фотиевой, Н. А. Белокопытовой, Е. Г. Кликушиной, А. Л. Дориной, В. Х. Бердину, Т. А. Репиной, Д. С. Бе-

седовской, Д. В. Добрынину, Е. А. Красильникову, Ю. А. Сафоновой, Е. В. Сафоновой, А. В. Котовой, Ю. С. Власову, Е. М. Суровикиной и многим другим. Обсуждение материалов этой публикации проходило на семинарах и рабочих встречах с экспертами. Результаты исследования были представлены на российских и международных конференциях, в том числе под эгидой Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Мы благодарны всем коллегам, принявшим участие в тематических дискуссиях в ходе выполнения данного исследования.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В лесу зато тепло и тихо. Удивительно тихо, как в каком-то сонном царстве. Стройные березки молча обступили пришельцев и ждут.

В. М. Шукшин, «Далекие зимние вечера»

Данная работа посвящена одной из актуальных экологических проблем современности — опасным климатическим изменениям и необходимости адаптации к ним лесов России.

Результаты исследования, представленные в этой публикации, получены в ходе выполнения международного проекта «Лес и изменение климата: стратегии адаптации для регионов России», инициированного Автономной независимой организацией «Центр экологических инноваций».

В исследование включены два субъекта Российской Федерации — Алтайский край и Республика Алтай, занимающие самую южную часть Западной Сибири. Большая часть территории Алтайского края представлена равниной, на которой в меридиональном направлении сменяются природные зоны — степная, лесостепная, южно-таежная. В Республике Алтай вся территория расположена в горной области с вертикальной зональностью растительности — лесостепь, черневая тайга в низкогорье, горно-таежный пояс среднегорья, субальпийский в высокогорье, альпийские луга и нивальный пояс с очагами современного оледенения.

Леса Алтая выполняют особую роль. Это не только источник древесины, как часто воспринимаются леса «лесопользователями». Это гораздо больше — именно в лесных районах Горного Алтая располагаются многие сакральные места, почитаемые коренными народами этого региона, они живут в этих лесах, охраняют и сберегают их, получают от леса все, необходимое для жизни. Лес питает водой горные реки, сохраняет водные горизонты, сберегает уникальное биологическое разнообразие региона, обеспечивает всеми своими богатствами жителей и гостей этого края, предоставляет красивейшие места для отдыха и рекреации, побуждает к творчеству художников, фотографов... Всего и не перечислить.

В равнинной части Алтайского края располагаются уникальные леса — ленточные боры, доставшиеся нам в наследство еще с ледникового периода. Они играют исключительно важную экосистемную роль, сдерживают процессы опустынивания и деградации почв. Для сохранения богатейшей сибирской житницы России — алтайских сельхозугодий — уже сейчас необходимо спасать полезащитные лесные насаждения, сажать и обустраивать новые лесополосы. Иначе беда — черные бури, неостановимая ветровая эрозия чернозема, многие беды от которых уже терпели жители в 1960-е годы.

Все это богатство — Лес Алтая — сегодня под угрозой. Угрозой масштабной, реальной, крайне опасной. Наблюдения одной из старейших российских метео-

станций (г. Барнаул, с 1838 г.) показывают, что среднегодовая температура выросла за последние 170 лет на 3,5°C. Это значительно больше, чем среднеглобальное потепление на 0,8°C. А значит и рисков от такой аномалии гораздо больше в наших северных широтах.

Климатическая доктрина Российской Федерации (принята 17 декабря 2009 г.) и комплексный план ее реализации до 2020 года (принят распоряжением Правительства РФ от 25.04.2011) предусматривают активное участие субъектов РФ в выполнении мер по адаптации и снижению воздействия на климатическую систему. В частности, Планом предусмотрены «оценка уязвимости регионов России по отношению к изменениям климата», «минимизация последствий увеличения количества лесных пожаров», «разработка сценариев адаптации в лесах в отдельных регионах РФ», а также «разработка и реализация мер по адаптации сельскохозяйственного производства к климатическим изменениям», что особенно актуально для агропромышленного сектора экономики Алтайского края.

Разработка и последовательная реализация долгосрочной стратегии адаптации лесного сектора Алтайского региона не только соответствует приоритетам социально-экономической, экологической, климатической федеральной и региональной политики, но и в полной мере отражает положения международных соглашений — Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Киотского протокола к ней, Стороной которых является Россия. Большое значение для России имеет и Парижское климатическое соглашение, принятое на 21-ой конференции Сторон РКИК ООН в декабре 2015 г. Это соглашение будет определять режим международного сотрудничества в области изменения климата на долгосрочную перспективу (до 2030 года и далее).

В этой работе мы постарались дать развернутый анализ всех аспектов, которые следует учесть при разработке региональной стратегии по адаптации лесного сектора Алтайского региона к происходящим и будущим климатическим изменениям. Прежде всего, был проанализирован исторический тренд и текущая ситуация в лесном хозяйстве региона, планы и программы его развития на ближайшие десятилетия с учетом принятых официальных документов и мнений экспертов-лесников, экономистов, экологов.

Проведен анализ материалов, предоставленных климатологами, включая высокопрофессиональных специалистов из региона, ведущих российских экспертов ИГКЭ РАН и Росгидромета, а также материалы международных докладов (МГЭИК).

Для оценки климатической роли лесов Алтая, прежде всего, эмиссии и поглощения CO₂ лесными экосистемами и биомассой деревьев, был проведен ретроспективный анализ, начиная с 1990 года, и смоделированы возможные сценарии на перспективу до 2050 года. Это позволит количественно оценить вклад алтайских лесов в глобальное смягчение (митигацию) воздействия на климатическую систему, предоставить заинтересованным министерствам и ведомствам региона необходимую информацию для получения «углеродных квот» и инвестиций с мирового углеродного рынка.

Особая задача — разработка геоинформационной системы (ГИС) по лесам Алтая и ее применение для анализа в регионе — была успешно решена экспертами АНО Центр экологических инноваций и МГУ им. М.В.Ломоносова с привлечением алтайских специалистов. Лесная ГИС крайне необходима для ана-

лиза локальных эффектов и рисков, связанных с влиянием антропогенных и климатических факторов на состояние лесов, разработке мер по борьбе с лесными пожарами, болезнями и вредителями «в привязке к местности», а также для планирования конкретных проектов по управлению лесами и лесоразведению. ГИС помогает также выявить приоритеты в реализации лесных программ с учетом состояния лесов, инфраструктуры, близости населенных пунктов и т.д.

По результатам исследования сформулированы выводы и подготовлены рекомендации, прежде всего, для региональных органов государственной власти, ответственных за выработку и реализацию лесной, климатической, социально-экономической политики. Мы рассчитываем, что результаты этой работы будут распространены и в других регионах России, а также станут основой для принятия решений и на федеральном уровне.

1. РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО СЕКТОРА В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ

В данном исследовании под Алтайским регионом понимается территория Алтайского края и Республики Алтай, которая до мая 1990 года под названием Горно-Алтайская автономная область входила в состав Алтайского края.

Алтайский край расположен на стыке Западно — Сибирской равнины с Алтайскими горами и включает четыре природные зоны: степную, лесостепную, низкогорную тайгу Салаира и горную тайгу Алтая. На территории края распространены самые разные типы растительности, среди которых встречаются эндемические и реликтовые виды.

Алтайские лесные экосистемы отличаются большим разнообразием по составу пород, строению, продуктивности, возрастной структуре насаждений. Вдоль рек Барнаулки, Касмалы, Кулунды, Бурлы тянутся встречающиеся только в Алтайском крае ленточные боры — сосновые леса, растущие по песчаным берегам рек. По междуречьям, в понижениях рельефа растут березовые колки. Только в Алтайском крае растет уникальная черневая тайга (кедрово-пихтовые леса с примесью березы и осины). Достоинством горных лесов является кедровая сибирская сосна (сибирский кедр), дающая кедровый орех, лечебное масло и ценную древесину.

Республика Алтай на северо-западе граничит с Алтайским краем, на юго-западе — с Казахстаном, юге — с Китаем и Монголией, на востоке — с Респу-

бликой Тыва и Хакасией, на северо-востоке — с Кемеровской областью.

Лесной фонд Республики Алтай расположен исключительно в горной местности, причем при продвижении с севера на юг происходит общее поднятие поверхности над уровнем моря с 2000 до 4500 м. В связи с изменениями почвенно-климатических условий с повышением над уровнем моря, происходит определенная смена растительных поясов. В Горном Алтае лесной пояс переходит в альпийский и далее в нивальный. Лесной пояс подразделяется на три подпояса: черневой, располагающийся на высотах от 350 до 800 м над уровнем моря, горно-таежный (800-1500) и субальпийский (1800-2200 м). Разделение подпоясов достаточно четкое, они характеризуются не только различными природными условиями, но и ассортиментом древесных пород, их продуктивностью, а также видовым разнообразием живого напочвенного покрова.

Если в низкогорном черневом подпоясе в составе лесного фонда присутствуют все семь лесообразующих пород Западной Сибири, то в среднегорном горно-таежном отсутствуют сосна обыкновенная, осина и резко снижается участие ели. В высокогорье субальпийского подпояса в составе лесного фонда — лиственница сибирская, сосна кедровая сибирская и пихта сибирская.



Рис. 1.1. Географическое расположение Алтая на карте России

1.1. ЛЕСА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Лесной фонд. За прошедшие 50 лет площадь лесного фонда Алтайского края претерпела значительные изменения (табл. 1.1). В основном это связано

с ликвидацией в 1966 году и открытием вновь в 1971 г. госзаповедника «Алтайский», организацией госзаповедника «Тигирекский», передачей лесов из си-

стемы сельского хозяйства в государственный лесной фонд и постоянным, при проведении лесоустроительных работ, уточнением границ и площадей лесного фонда. В связи с образованием Республики Ал-

тай как отдельной региональной единицы лесной фонд на ее территории с мая 1990 года был выведен из состава лесного фонда Алтайского края, т. е. из 10,3 млн га в Алтайском крае осталось 4,2 млн га.

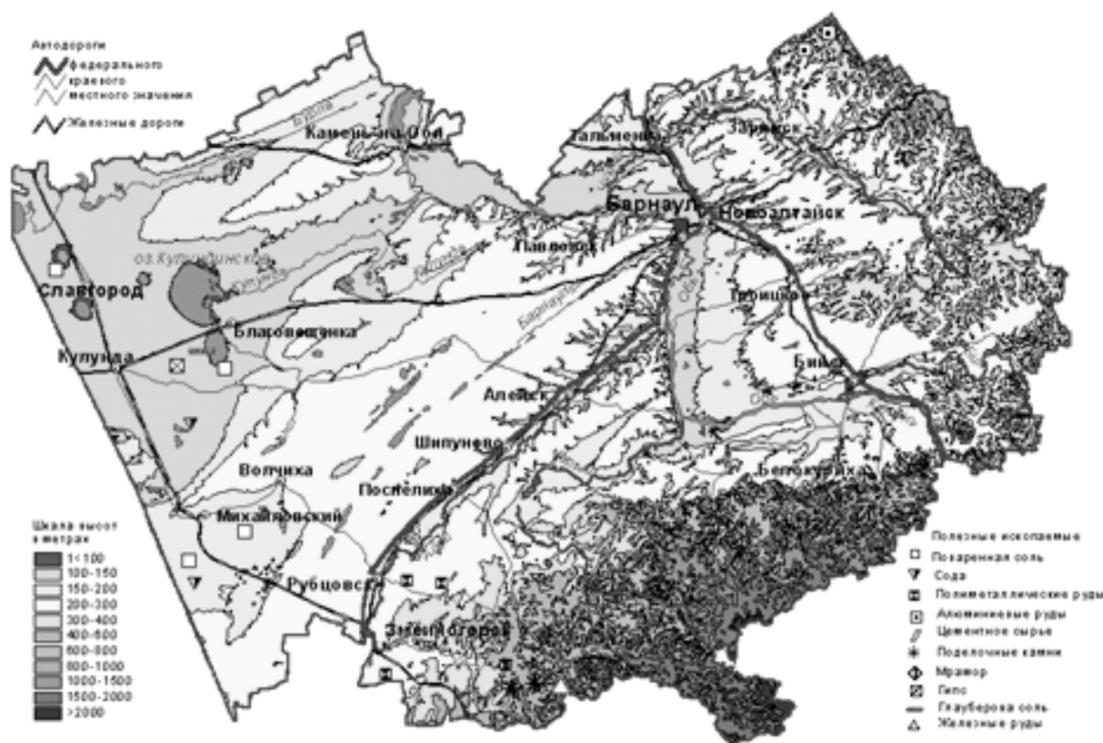


Рис. 1.2. Карта Алтайского края

Вследствие процесса реорганизации в сельском хозяйстве, леса, расположенные на территории бывших сельскохозяйственных предприятий, были переданы в государственный лесной фонд, и его общая площадь возросла до 4,5 млн га. Сельские леса представляют собой разрозненные многочисленные колки, состоящие в основном из лиственных древесных пород.

В настоящее время удельный вес лесов гослесфонда в крае составляет 98,4%, остальные нахо-

дятся в ведении заповедника «Тигирекский», в сохранившихся колхозах и совхозах и на городских землях. За последние 20 лет общая площадь земель лесного фонда увеличилась на 71,0 тыс. га или на 1,6%. Следует отметить, что прирост площади гослесфонда происходит постоянно, несмотря на некоторое снижение в период с 1998 по 2003 гг. по причине прошедших крупных лесных пожаров в конце столетия.

Таблица 1.1

Динамика лесного фонда, тыс. га

Годы	Лесофондодержатели					в том числе:		
	Гослесфонд	Заповедники	Сельхоз. формирования	Прочие	Итого	покрытые лесом	не покрытые лесом	нелесные земли
1961	6828,7	915,8	2060,1	35,0	9839,6	6574,7	915,2	2049,7
1966	8026,2	0,0	1925,6	21,7	9973,5	6536,8	949,7	1587,0
1973	7266,1	863,7	1754,6	45,3	9929,7	6768,2	569,2	2592,3
1988	7260,6	896,5	2017,9	128,7	10303,7	7356,0	372,5	2572,5
1993	3373,4	0,0	763,0	105,1	4241,5	3542,4	139,1	560,0
1998	3471,4	0,0	890,7	37,3	4399,4	3594,9	193,3	611,2
2003	3435,2	41,4	937,2	17,7	4431,5	3647,5	170,4	613,6
2008	4346,6	41,5	0,0	18,3	4406,4	3669,8	167,3	569,3
2010	4429,4	41,5	13,6	18,0	4502,5	3729,3	144,8	567,7

Источники: данные учета лесного фонда Управления лесами Алтайского края. В 1961–1988 гг. — данные единого лесного фонда до выхода Республики Алтай из состава Алтайского Края.

За последние 20 лет существенные изменения произошли в отношении не покрытых лесом земель. Так площадь необлесившихся лесосек сократилась

с 52,7 тыс. га до 31,2 тыс. га (на 40,8%), площадь пустырей и прогалов практически осталась неизменной, гарей — сократилась с 80,8 тыс. га до 32,7 тыс.

га (на 49,5%), а площадь редин возросла на 3,0 тыс. га. Общее сокращение не покрытых лесом земель с 193,3 тыс. га до 144,8 тыс. га (на 48,5 тыс. га или на 25,1%) произошло, главным образом, за счет эффективных лесовосстановительных мероприятий. К примеру, в 2010 г. лесовосстановительные мероприятия проведены на площади в 11,0 тыс. га.

В то же время интенсивность снижения площадей хвойных насаждений сократилась на 12%, в том числе площади спелых и перестойных древостоев — на 3,4%. Это связано с тем, что в период последней реорганизации леспромхозы были ликвидированы,

и использование расчетной лесосеки сократилось многократно.

Показательна динамика породного состава лесного фонда (табл. 1.2). До крупных лесных пожаров удельный вес сосны в лесном фонде региона составлял 39,5%, после — снизился до 37,2%, но в результате активной лесовосстановительной деятельности в течение 11 лет доля сосны повысилась до 40,6%. С приемом же в состав гослесфонда сельских лесов, состоящих в основном из лиственных пород, общее участие сосны в составе снизилось и в настоящее время составляет 29,6%.

Таблица 1.2.

Динамика породного состава лесов гослесфонда Алтайского края, тыс. га

Годы учета*	Порода							
	Сосна	Ель, пихта	Лиственница	Кедр	Береза	Осина	Прочие	Кустарники
1961	968,2	729,2	823,7	1025,3	462,7	482,3	5,7	нд.
1966	1002,7	729,3	799,9	948,6	747,3	502,2	4,3	30,9
1973	1051,7	712,8	822,4	737,6	787,2	644,8	9,3	93,8
1988	1118,8	710,5	762,9	833,8	841,3	652,0	17,0	141,7
1993	1070,2	303,1	69,3	27,2	592,0	582,4	18,1	47,0
1998	1011,4	304,7	69,5	27,2	616,1	586,3	20,0	53,5
2003	1004,3	293,7	85,9	39,0	619,7	579,9	20,5	57,7
2008	1059,8	305,7	103,0	38,9	1217,5	744,6	49,8	101,1
2010	1083,9	304,8	99,7	39,0	1282,3	749,3	59,6	110,7

Источники: данные учета лесного фонда Управления лесами Алтайского края. В 1961–1988 гг. — данные единого лесного фонда до выхода Республики Алтай из состава Алтайского Края.

За последние 20 лет удельный вес ели и пихты практически не претерпел изменений, а лиственницы повысился на 43,4%, кедра — на 43,2%, березы — в 2,1 раза, осины — в 1,3 раза и прочих древесных по-

род — в 2,3 раза. Значительное повышение площади березовых и осиновых насаждений произошло за счет сельских лесов, а прочих пород — за счет создания лесных культур из дуба, вяза, клена и др.

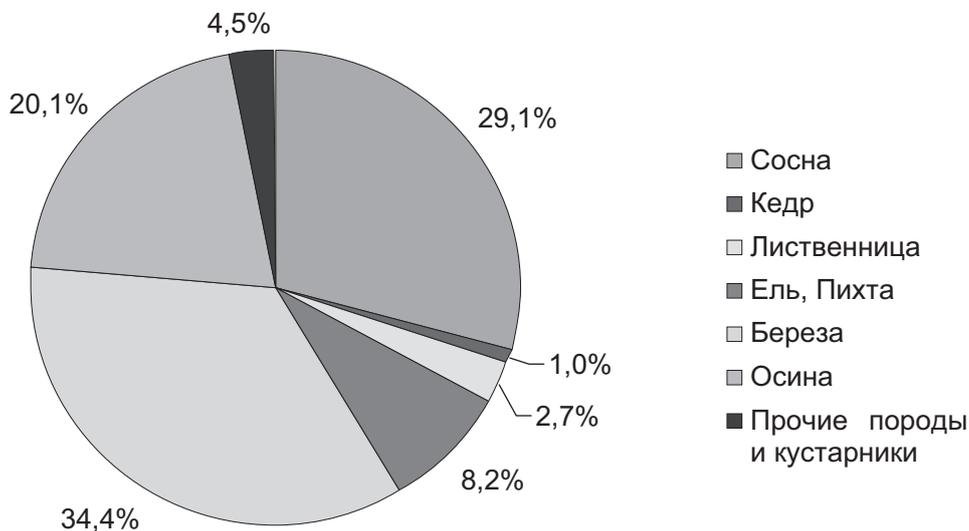


Рис. 1.3. Породная структура площади лесных насаждений Алтайского края

В целом доля хвойных пород в составе гослесфонда за 20 лет снизилась с 54,3% до 42,2%, а лиственных возросла с 45,7% до 57,8% (рис. 1.3). Но это ни в коей мере не отражает степень ухудшения породного состава лесного фонда: колочные леса из лиственных пород, временно затопляемые вешними водами, невозможно заменить хвойными вследствие биологических особенностей этих пород. Колочные

экосистемы в степи и лесостепи являются устойчивой лесной формацией.

Прекращение промышленных лесозаготовок в районе Салаирского кряжа способствует увеличению площадей темнохвойных пород, а перевод лесных культур кедр в покрытые лесом земли увеличило площади кедровых насаждений.

Возрастная структура хвойных пород в лесном фонде (табл. 1.3) отражает интенсивность лесопользования. Около половины всех насаждений относятся к средневозрастным, а это свидетельствует об интенсивных лесозаготовках в период с 60-х до 90-х годов прошлого столетия. С другой стороны, сравнительно низкий удельный вес молодняков связан со снижением лесозаготовительного воздействия, особенно

в приобских массивах, в связи с переводом их в категорию защитных насаждений. Перспективы роста объемов рубок в спелых и перестойных насаждениях сравнительно невелики, но с учетом приспевающих насаждений вести лесозаготовки в пределах установленной расчетной лесосеки возможно длительное время.

Таблица 1.3

Возрастная структура лесного фонда Алтайского края (на 01.01.2011 г.), тыс. га

Порода	Всего	в том числе			
		Молодняки	Средневоз-растные	Приспевающие	Спелые и перестойные
Сосна	1083,9	145,7	594,5	193,3	150,4
Ель	40,8	26,4	3,3	3,1	8,0
Пихта	264,0	19,5	34,8	72,6	137,1
Лиственница	99,7	6,4	36,0	9,6	47,7
Кедр	39,0	4,1	22,8	9,1	3,0
Хвойные	1527,4	202,1	691,4	287,7	346,2
Береза	1282,3	115,7	520,4	317,8	328,4
Осина	749,3	143,6	112,0	134,8	358,9
Тополь	38,6	2,9	14,6	8,6	12,5
Ива	18,5	2,1	7,1	3,4	5,9
Твердолиственные	1,8	0,2	0,7	0,5	0,4
Прочие породы	0,7	-	0,1	-	0,6
Кустарники	110,7	1,8	1,4	4,0	103,5
Лиственные	2201,9	266,3	656,3	469,1	810,2
Итого	3729,3	468,4	1347,7	756,8	1156,4
%	100,0	12,6	36,1	20,3	31,0

Источник: Управление лесами Алтайского края.

В сосновой, кедровой, лиственничной и березовой хозяйственных секциях преобладают средневозрастные насаждения. В пихтовой и осиновой хозяйственных секциях очень малое количество молодняков при значительном количестве спелой древесины, что способствует накоплению в дальнейшем перестойных насаждений, с повышением их фауности (появление недостатков, повреждение древесины).

Средний возраст насаждений составляет 61 год: хвойные — 83 года и лиственные — 46 лет. Распределение площадей по группам возраста неравномерно для всех преобладающих пород, что создает определенные трудности ведения лесного хозяйства.

Большие запасы древесины в лиственных насаждениях, которые ранее использовались недо-

статочно, и где теперь происходит накопление спелых и перестойных древостоев. В целом возрастная структура лесного фонда отвечает возможностям ведения интенсивного лесного хозяйства, направленного не только на глубокую переработку древесины, но и на использование всех или большинства лесных ресурсов.

Несмотря на достаточно жесткие почвенно-климатические условия, лесной фонд отличается сравнительно высокой продуктивностью (табл.1.4), так как более половины всех насаждений считаются высокопродуктивными (класс бонитета II и выше — 56,8%). В то же время мало насаждений низкопродуктивных (2,5%).

Таблица 1.4

Структура лесного фонда Алтайского края по продуктивности, тыс. га

Хозяйство	Распределение покрытых лесом земель					
	по классам бонитета			по полноте		
	II и выше	III–IV	V и ниже	1,0–0,7	06–05	04–03
Хвойное	781,7	713,1	32,6	636,5	604,1	286,8
Твердолиственное	0,2	1,3	0,3	1,1	0,7	1,8
Мелколиственное	1272,6	737,8	59,8	764,8	1011,8	312,1
Итого	2054,5	1452,2	92,7	1402,4	1616,6	600,7
%	56,8	40,7	2,5	38,8	44,7	16,5

Источник: данные учета лесного фонда Управления лесами Алтайского края.

Высокая продуктивность насаждений напрямую связана с их полнотой. К лесным экосистемам

средне- и высокополнотным относится 83,5%. Низкополнотные насаждения, в определенной степени

являются лесокультурным фондом для создания под-пологовых лесных культур.

В этих условиях становится целесообразным создание лесных культур различных пород, но наиболее приспособленных к конкретным условиям окружающей среды с целью выращивания из них высокопродуктивных насаждений, которые в наибольшей степени оказывают влияние на окружающую среду.

Среди хвойных насаждений наибольший прирост по объему присущ соснякам (2,68 м³/га), и особенно в Приобье (3,4 м³/га), где лесорастительные условия наиболее благоприятны сосне обыкновенной. При таком приросте и занимаемой площади в 1083,9 тыс. га в сосновых насаждениях сосредоточено около 230 млн м³ древесины.

Таблица 1.5.

Прирост различных древесных пород, м³/га

Порода	Лесохозяйственные районы				Средний прирост
	Ленточно-боровый	Приобский	Салаирский	Алтайский среднегорный	
Сосна	2,4	3,4	2,4	2,4	2,68
Пихта, ель	-	-	2,0	1,7	1,82
Лиственница	-	-	2,5	1,7	1,71
Кедр	-	-	1,5	1,4	1,41
Береза	2,4	2,2	2,1	2,2	2,23
Осина	2,6	3,4	3,2	2,8	3,12

Источник: Управление лесами Алтайского края.

В кедровых насаждениях, произрастающих в наиболее неблагоприятных природных условиях (верхние части гор, каменистые почвы и др.), отмечаются наименьшие по объему приросты древесины (1,4-1,5 м³/га). И хотя в этих насаждениях сосредоточено более 8 млн м³ древесины, лесозаготовки в них недопустимы как в силу сложных природных условий, так и вследствие их высокой средозащитной роли.

Осиновые насаждения, как правило, произрастающие на наиболее плодородных почвах, имеют и наивысшие показатели по приросту, который в целом по породе превышает 3 м³/га, что на треть выше прироста в березовых насаждениях.

Средний годовой прирост по основным лесобразующим породам составляет 9,52 млн м³, из которого на долю хвойных пород приходится 3,68 млн м³, на долю лиственных — 5,67 млн м³.

Показатели прироста в насаждениях Алтайского края оказываются более высокими в сравнении с приростами в таежной зоне или в горах Западной Сибири. Вместе с тем, располагаясь в различных почвенно-климатических и орографических условиях, лесной фонд играет исключительно важную роль в стабилизации процесса деградации почвенного по-

крова, протекающего под воздействием как природных, так и антропогенных факторов.

Таким образом, лесной фонд Алтайского края характеризуется присутствием всех лесобразующих древесных пород, свойственных лесам Западной Сибири. Размещаясь как в равнинных, так и в горных условиях, лесфонд отличается большим биоразнообразием. Породная и возрастная структуры, а также продуктивность отвечают требованиям ведения лесного хозяйства с использованием большинства лесных ресурсов. Достаточно высокая плотность населения и дорожной сети позволяют вести лесное хозяйство на принципах неистощительного постоянного пользования. Интенсивная лесовосстановительная деятельность в различных почвенно-климатических условиях являются гарантией сведения к минимуму непродуцирующих в лесном хозяйстве площадей.

По данным Федерального агентства лесного хозяйства, общая площадь земель лесного фонда и земель иных категорий Алтайского края, на которых расположены леса, составила в 2011 году 4503 тыс. га, в том числе покрытая лесом площадь — 3790 тыс. га.

Земли лесного фонда, находящиеся в ведении Управления лесами Алтайского края распределены, как показано на рис. 1.4.

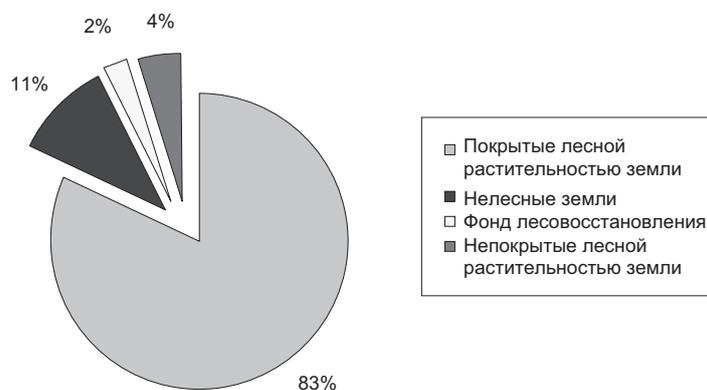


Рис. 1.4. Распределение земель лесного фонда, находящихся в ведении Управления лесами Алтайского края

По целевому назначению и категориям защитности лесов земли лесного фонда региона распределены следующим образом:

- леса, расположенные в водоохранных зонах — 0,01%;
- защитные полосы лесов, расположенные вдоль дорог — 8,76%;
- зеленые зоны, лесопарки — 2,00%;
- леса, расположенные в 1,2,3 зонах округов сан. охраны курортов — 0,44%;
- государственные защитные лесные полосы — 0,29%;

- леса в пустынных, полупустынных зонах, степях, горах — 35,55%
- леса, имеющие научное, историческое значение — 0,07%;
- орехово-промысловые зоны — 0,08%;
- лесные плодовые насаждения — 0,12%;
- ленточные боры — 22,80%;
- запретные полосы, расположенные вдоль водных объектов — 2,21%;
- нерестовые полосы лесов — 4,02%;
- эксплуатационные леса — 31,54%.

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА

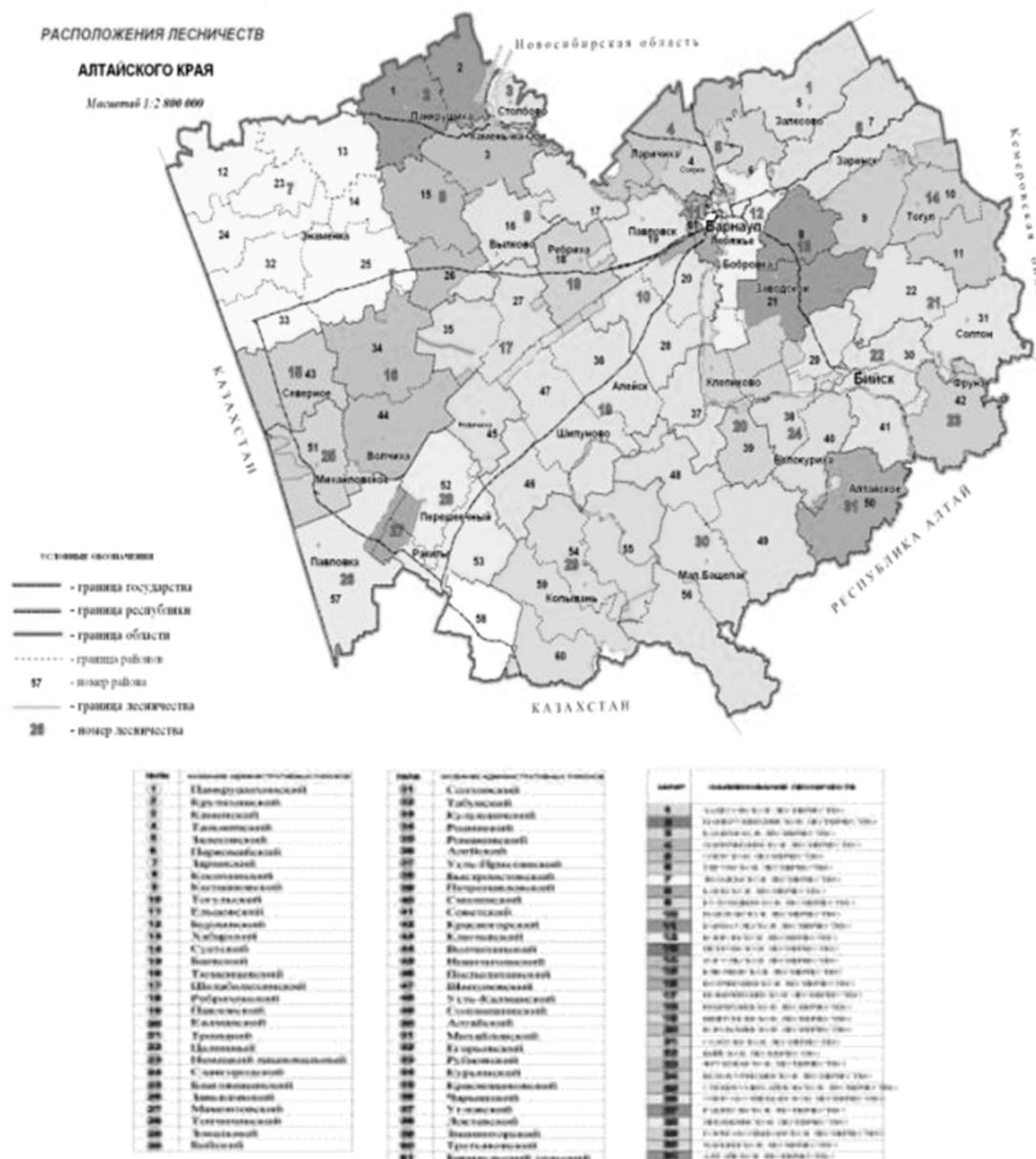


Рис. 1.5. Карта — схема расположения лесничеств Алтайского края

В зависимости от породного состава, лесохозяйственных особенностей, интенсивности ведения лесного хозяйства, природных и экономических условий, на территории лесного фонда Алтайского края выделено 4 лесохозяйственных района (табл. 1.5):

- **Ленточно-боровой.** Леса ленточных боров отнесены к «особо ценным лесным массивам», общая площадь — 1123,5 тыс. га, в т.ч. покрытая лесом площадь — 880,1 тыс. га. Ленточно-боровой почвозащитный район занимает 28,7% площади лесного фонда, породная структура

представлена следующим составом: 64С 28Б 4Ос 4 прочих пород. Территориально эти леса подразделяются на 15 лесничеств.

Ленточные боры— уникальное природное образование, подобного которому нет нигде на нашей планете. Происхождение ленточных сосновых боров связано с периодом, когда на юге Западно-Сибирской низменности находилось большое море, сток воды из него проходил по глубоким ложбинам в сторону Аральского бассейна. Перетекающая вода несла песок и, когда климат потеплел, а Обь снова потекла в моря Северного Ледовитого океана, на заполненных песком ложбинах древнего стока стали расти сосны. Так образовались пять лент сосновых боров, которые узкими длинными лентами протянулись параллельно друг другу с северо-востока от Оби в юго-западном направлении в сторону Иртыша через всю Кулундинскую степь. Эти естественные лесные заграждения сдерживают песчаные бури, идущие из Казахстана, формируют оптимальный для жизнедеятельности многих видов животных и растений микроклимат. Во многом благодаря этим лесам в крае возможно успешное ведение сельского хозяйства. Но также ленточные боры очень уязвимы. Периодические засухи и сильные степные ветры быстро засыпают песком не успевшие зарости места пожарищ и вырубок.

- *Приобский.* Леса Приобья, общая площадь — 837,7 тыс. га, в т.ч. покрытая лесом площадь — 661,1 тыс. га. В приобском сосново-березовом районе леса занимают 25,2% площади, их породный состав следующий: 33С 52Б 10Ос 5 прочих пород. В этих лесах расположено 7 лесничеств.

В район входят леса, расположенные по правому берегу реки Оби и её притоков. Все леса Приобья отнесены к защитным и имеют большое ресурсное и экологическое значение для Алтайского края.

- *Салаирский.* Леса черневой тайги, тянущиеся по низкогорному Салаирскому кряжу. Общая площадь — 583,3 тыс. га, в т.ч. покрытая лесом — 515,6 тыс. га. Лесной фонд Салаирского пихтово-осинового низкогорного района занимает 24,8% площади, породный состав: 14Пх 2С 27Б 52Ос 5 прочих пород. Территориально леса распределены на 4 лесничества.

Черневая тайга не встречается в других лесных районах страны. Здесь распространены пихтово-осиновые леса с примесью березы, сосны, лиственницы, ели; растет множество кустарников — малина, рябина, калина, смородина, черемуха.. В прилегающей лесостепи есть и лесные колки.

- *Предгорный (Среднегорный).* Предгорные леса Алтая, общая площадь лесов — 836,3 тыс. га, в т.ч. покрытая лесом — 646,6 тыс. га. В Алтайском пихтово-лиственном среднегорном районе лесфонд занимает площадь 21,3% от общей площади в крае, а его состав оказывается наиболее представительным: 8С 4К 12Лц 20Пх 31Б 16Ос 9 прочие породы. Территориально эти леса подразделяются на 5 лесничеств.

Район включает предгорья Алтайских гор. Смешанные предгорные леса Алтая отличаются большим разнообразием, чем равнинные. Значительную площадь занимают таежные массивы.

С улучшением экологических условий происходит увеличение ассортимента древесных пород. Если в ленточно-боровом районе произрастает в основном 2 древесные породы, в приобском — три, в Салаирском — четыре, то в Алтайском среднегорном — пять. Причем в лесохозяйственных районах лесные экосистемы всех древесных пород устойчивы, признаков, свидетельствующих о снижении их участия в структуре лесного фонда, не наблюдается.

Таблица 1.6

Общий запас древесины и расчетная лесосека в лесном хозяйстве Алтайского края (2010)

Лесорастительные зоны	Общий запас, млн м3	в т.ч. по хвойному хозяйству	Расчетная лесосека, тыс. м3	в т.ч. по хвойному хозяйству
Ленточные боры	175,6	130,5	1600,3	1392,6
Приобские массивы	140,6	74,5	1450,6	717,7
Салаирский кряж	109,6	21,2	1071,4	196,5
Предгорные леса	105,8	60,2	941,6	360,8
Всего	531,6	286,4	5063,9	2667,6

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Размещение лесов в крае крайне неравномерно, и показателем этого является лесистость территории. Если средняя лесистость по краю составляет 22,6%, что говорит о достаточном удельном весе лесных насаждений в общем балансе земель, то этого нельзя сказать о целом ряде муниципальных районов в степной части края, которые испытывают явный недостаток в защитной роли лесов. По муниципальным районам лесистость колеблется от 1% (Благовещенский, Поспелихинский, Кулундинский, Славгородский,

Усть-Калманский) до 62,1% (Заринский, Солтонский). Выше средней отмечается лесистость в юго-западных районах территории: Угловский — 33,9% Волчихинский 41,7%, Михайловский — 25,9%. Это обусловлено тем, что в этой части территории ленточные боры являются более широкими, и в них сосредоточены значительные площади лесов.

Рубки. Незаконные рубки леса являются серьезной проблемой края. За первое полугодие 2009 года

общий ущерб, нанесенный таким образом лесному фонду Алтайского края, составил около 130 млн руб. По данным Управления лесами, наибольшее количество незаконных рубок — почти треть — приходится на участки, находящиеся под контролем Озерского лесничества. Только за 2010 год государственными инспекторами Управления лесами Алтайского края выявлено 1270 нарушений лесного законодательства, в том числе: нарушения правил заготовок дре-

весины — 229; незаконные рубки — 221; нарушения правил санитарной безопасности в лесах — 155; нарушения правил пожарной безопасности в лесах — 583; прочие нарушения — 82. Рассмотрено административных дел с привлечением к ответственности — 1244, в т.ч. в отношении граждан — 568, должностных лиц — 606, юридических лиц — 70¹.

¹ По данным веб-портала <http://www.altai-detail.ru/news/236>

Таблица 1.7

Заготовка древесины за 2008–2011 гг. по управлению лесами Алтайского края

Мероприятия	2008		2009		2010		2011	
	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт
Заготовка всего, тыс. куб м	5039,4	2842,8	5971,0	2810,5	6407,1	3084,6	7119,2	3215,0
Уход за лесами, тыс. куб м	1591,8	1591,8	1039,0	626,6	711,6	579,7	611,5	611,5
Уход за молодняками, га	1602	1608,0	2046,0	2060,2	2007,8	2022,2	1813,1	1813,1

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Что касается официальных вырубок, то в регионе есть потенциал для активизации этой деятельности: на территории края прирастает 8 млн м³ древесины ежегодно, и по самым скромным прогнозам можно говорить о 12 млн. Вырубается 2,5 млн м³ каждый год. (Данные о заготовке древесины в 2008–2011 гг. представлены в табл. 1.7.)

Большая часть участков лесного фонда в Алтайском крае передана в аренду предпринимателям. Основной вид деятельности — заготовка древесины. Согласно данным Управления лесами, сейчас в аренде с целью заготовки находятся 75 участков лесного фонда площадью 1,650 млн га.

Лесные пожары. Леса Алтайского края разделены на 5 классов пожарной опасности. К лесам 1-го и 2-го класса природной пожарной опасности относятся,

в основном, ленточные боры (средний класс 1,8) и Приобские леса (средний класс 2,6), в которых сосредоточено большое количество хвойных насаждений сухих типов леса, хвойных молодняков и лесных культур.

По данным космического мониторинга, за последнее десятилетие пожарами было пройдено более 150 тыс. га территории лесов Алтайского края. Наибольший ущерб лесные и степные пожары принесли краю в 1997, 1998, 2008 и 2010 году.

Согласно данным Управления лесами Алтайского края, пожароопасный сезон 2010 года стал самым продолжительным в регионе за последние 25 лет и продлился 210 дней. Данные о динамике лесных пожаров и выполнении профилактических противопожарных мероприятий за период 2008–2011 гг. представлены в табл. 1.8 и 1.9.

Таблица 1.8

Динамика лесных пожаров за период 2008–2011 гг.

Годы	Количество лесных пожаров, шт.	Общая площадь, га	Средняя площадь одного пожара, га
2008	1037	2587	2,5
2009	592	1149	1,9
2010	642	15421	24,0
2011	808	1236	1,5

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Охрана лесов от огня в последние годы является первоочередной задачей. Система наземных служб обнаружения лесных пожаров в Алтайском крае включает большое количество стационарных пунктов наблюдения, на которых установлены телевизионные камеры цветного изображения с высокой разрешающей способностью. За последние три года в крае приобретено противопожарной техники и противопожарного инвентаря на общую сумму более 25 млн руб. Кроме того, в распоряжении лесной пожарной службы находятся самолеты Ан-2 и легкие вертолеты R 44. Авиаохрана «Алтай» оказывает существенную

помощь не только в обнаружении лесных пожаров, но и в проведении лесопатологических обследований, выявлении нарушений лесного законодательства, контроле работы лесопользователей на всей территории лесфонда.

Выполнение профилактических противопожарных мероприятий за период 2008–2011 гг.

Наименование мероприятия	2008 год		2009 год		2010 год		2011 год	
	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт
Подготовка руководителей тушения крупных лесных пожаров, чел.	58	58	55	90	45	45	43	43
Проведение профилактических контролируемых выжиганий, га	6055	9587	7509	8654	7539	8018	7320	7722
Устройство противопожарных барьеров, км, в т. ч.:	9268	15992	12982	14784	12996	15452	12877	14969
устройство минерализованных полос, км	8319	14989	12578	14373	12578	15014	12497	14589
устройство противопожарных разрывов, км	606	606	338	339	382	399	253	253
других препятствий, км	91	145	66	70	36	39	127	127
Уход за противопожарными барьерами, км, в т. ч.:	22531	38473	35728	41589	35868	42355	36689	41045
уход за минерализованными полосами, км	21128	36842	33319	38388	33319	39147	33988	38083
уход за противопожарными разрывами, км	1267	1451	1472	1988	1566	1997	1723	1917

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Все более важную роль в профилактике и тушении лесных пожаров играют арендаторы участков лесного фонда, силами которых своевременно обеспечивается

ликвидация лесных пожаров на арендуемых лесных участках.

Вредители и болезни лесов. За последние годы алтайским лесоводам удалось значительно улучшить санитарное состояние лесов. Так, на 40 тыс. га лесных массивов полностью ликвидированы зоны распространения жука-усача. На зараженных участках

леса ежегодно проводятся санитарные очистки, выборочные рубки, истребительные мероприятия. В результате в 17 районах края, считавшихся с 2005 года карантинными объектами, ограничения отменены.

Таблица 1.10

Ущерб от вредителей и болезней леса (вспышка в 1996 г.), га

Наименование вредителей и болезней	Общая площадь очагов на 1996 г.	Вновь возникло в 1996 г.	Ликвидировано мерами борьбы	Всего очагов	
				на конец 1996 г.	в т.ч. требуют мер борьбы в 1997 г.
Сибирский шелкопряд	289	-	61	228	-
Шелкопряд — онашенка	19527	-	2955	16572	-
Сосновая пяденица	-	1085	-	1085	1085
Лиственничная чехликовая моль	551	-	398	153	-
Звездчатый пилильщик-ткач	8515	-	15	8500	3000
Непарный шелкопряд	3804	-	2224	1580	-
Стволовые вредители	335	-	15	320	270
Облепиховая муха	500	-	-	500	200
Корневая губка	381	60	222	219	219
Всего	33902	1145	5890	29157	4774

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Под воздействием естественных причин в 2010 г. произошло затухание очага соснового шелкопряда в Ключевском лесничестве на площади 2900 га, непарного шелкопряда на площади 1600 га в Знаменском лесничестве, черного соснового усача на площади 990 га в Бобровском лесничестве.

На 01.01.2011 г. в Алтайском крае выявлены лесные вредители на площади 36,5 тыс. га, в т.ч. в Ключевском лесничестве — 17,9 тыс. га (сосновый шелкопряд), в Озеро-Кузнецовском — 10,0 тыс. га (сосновый шелкопряд), в Знаменском — 4,2 тыс. га (непарный шелкопряд).

Работы по лесопосадкам и лесовосстановлению. В результате интенсивной эксплуатации лесов, особенно приобских массивов, уменьшились площади хвойных молодняков, увеличились площади спелых и перестойных насаждений, наметилось опасное явление смены хвойных пород менее ценными лиственными.

Решить эту проблему в определенной степени поможет создание лесного селекционно-семеноводческого центра в крае. Рослесхозом принято решение о создании сети лесных селекционно-семеноводческих центров в рамках соглашений с органами государственной власти субъектов Российской Федерации.

Цель создания селекционно-семеноводческих центров — обеспечить концентрацию финансовых, трудовых, технических ресурсов для решения проблемы повышения эффективности ведения лесного семеноводства.

В 2009 году Рослесхозом начаты работы по проектированию и техническому оснащению 7-ми селекционно-семеноводческих центров, в том числе и в Алтайском крае. Из федерального бюджета на его строительство выделено около 200 млн руб. В основные функции селекционно-семеноводческого центра входят заготовка и закупка лесосеменного сырья, его переработка с использованием скандинавских технологий, уход за объектами единого генетико-селекционного комплекса, выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой. Введение в техниче-

скую эксплуатацию Бобровского центра планируется в 2010 году.

Российской и зарубежной практикой лесного семеноводства убедительно доказано, что в отсутствие концентрации работ по созданию лесосеменных объектов, заготовке и переработке лесосеменного сырья и семян невозможно обеспечить эффективную организацию лесного семеноводства. Поэтому в большинстве стран с высоким уровнем организации лесного хозяйства эти работы осуществляют специализированные центры по семеноводству: лесные опытные станции, селекционные и научно-производственные центры, заводы по производству лесных семян и другие составляющие — основа инфраструктуры лесного семеноводства.

Таблица 1.11

Динамика создания лесных питомников в Алтайском крае

Годы	Наличие питомников					
	Временные		Постоянные		Орошаемые площади	
	Количество, шт.	Площадь, га	Количество, шт.	Площадь, га	Количество, шт.	Площадь, га
1996	34	66	40	778	12	286
2000	25	56	32	669	10	19
2005	18	34,4	29	309,5	10	37,5
2006	18	27,8	29	309,5	10	45,9
2011	14	25	22	188	8	23

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Рослесхоз обеспечивает строительство центра, его оснащение современным оборудованием и финансирование текущей деятельности. Функции селекционно-семеноводческого центра:

- выполнение комплекса работ по созданию объектов единого генетико-селекционного комплекса, включая лесосеменные плантации для производства семян с улучшенными наследственными свойствами;

- хранение и переработка лесосеменного сырья, поступающего с пунктов сбора в зоне деятельности;
- производство и хранение лесных семян;
- реализация партий семян для нужд воспроизводства лесов в регионе;
- поставка семян в Федеральный фонд;
- производство посадочного материала с закрытой корневой системой из семян с улучшенными наследственными свойствами.

Таблица 1.12

Мероприятия по воспроизводству лесов в Алтайском крае, 2008–2011 гг.

Мероприятие	2008	2009	2010	2011
Искусственное лесовосстановление (создание лесных культур), га	5754	5731	4865	8273
Содействие естественному возобновлению леса, га	5231	5533	5738	3989
Комбинированное лесовосстановление, га		298	243	283
Ввод молодняков в категорию хозяйственно-ценных лесных насаждений	9391	18011	9500	10918
Уход за лесными культурами, га	12579	10906	12158	15975
Дополнение лесных культур, га	4122	5228	5512	5791
Выращено посадочного материала всего, тыс. штук	71572	81000	89182	84299
Заготовка семян, кг	30,9	1098,5	6079	2006

Источник: Управление лесами Алтайского края.

Лесопромышленный комплекс Алтайского края. Выполнение лесохозяйственных работ на территории края производится исполнителями государствен-

ных контрактов и арендаторами лесных участков. В аренду для заготовки древесины в настоящее время передано 50 лесных участков на площади 1816,2 га.

Установленный объем заготовки древесины на арендуемых лесных участках составляет 2504,6 тыс. куб. м. Для осуществления рекреационной деятельности переданы в аренду 80 лесных участков на площади 205,5 га. Кроме того, лесные участки переданы в аренду для заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений, ведения охотничьего хозяйства и осуществления охоты, выполнения работ по геологическому изучению недр, разработки месторождений полезных ископаемых, строительства, реконструкции, эксплуатации линий электропередачи и других линейных объектов на площади 20,9 тыс. га.

По переданным в пользование лесным участкам большинством арендаторов разработаны проекты освоения лесов, которые прошли государственную экспертизу. Проекты освоения лесов разработаны на срок, не превышающий срок действия соответствующего лесохозяйственного регламента лесничества, то есть на 8 лет. В соответствии с проектами освоения лесов, прошедших государственную экспертизу, арендаторами представлены лесные декларации.

Активное развитие лесоперерабатывающей промышленности обеспечивает в крае занятость населения, рост налоговых поступлений в бюджет. Только в 2010 году предприятиями лесной промышленности края создано 225 новых рабочих мест.

Положительным фактором остается привлечение инвестиций в развитие предприятий. Акцент в развитии деревопереработки сделан на использование новейших мировых технологий, автоматизированных систем управления производственными процессами, комплексным рациональным использованием сырья, включающим переработку отходов. В дальнейшем это позволит эффективно использовать доступные ресурсы и продолжать развивать лесное хозяйство края.

Планы развития лесного сектора Алтайского края.

В Алтайском крае остро стоит проблема освоения расчетной лесосеки лиственных пород. Лесопользователи заготавливают в первую очередь хвойные породы, а это приводит к накоплению спелой и перестойной древесины лиственных. Отсутствие производств и мощностей по глубокой переработке низкосортной древесины не позволяет использовать в полной мере расчетную лесосеку мягколиственных пород и лесосечные отходы от лесозаготовок в хвойных насаждениях в объеме 1,8 млн м³. Внедрение новейших технологий, строительство современных лесопильных производств, разработка программ по углубленной переработке древесины будут способствовать интенсификации использования древесины лиственных пород.

В 2009–2011 гг. в Алтайском крае запущено 12 новых лесопромышленных производств, оснащенных передовым оборудованием лучших отечественных и зарубежных производителей (заводы по выпуску пиломатериалов и мебельного щита из березы, по производству каркасно-панельных домов, цеха по производ-

ству топливных гранул, по выпуску изделий из оцилиндрованного бревна и др.).

Для строительства новых и реконструкции старых деревообрабатывающих комплексов в крае разработана и одобрена Концепция развития лесной отрасли в рамках союза организаций лесной отрасли Алтайского края «Алтайлес» до 2020 года.

Стратегическая цель Концепции — устойчивое ведение лесного хозяйства, многоцелевое и рациональное использование лесных ресурсов при качественном воспроизводстве лесов, сохранении ими экологических функций и биоразнообразия. Перспективой качественного улучшения состояния лесов должна стать глубокая химико-механическая переработка древесины мягколиственных пород (березы, осины).

Основные направления деятельности и развития Концепции:

- противопожарное обустройство земель лесного фонда;
- дооснащение новой техникой специализированного предприятия авиационной охраны лесов "Авиалесоохрана Алтай";
- создание мобильных групп для эффективной борьбы с нарушителями лесного законодательства;
- совершенствование системы мониторинга за лесными пожарами на базе ГИС;
- проведение лесопатологического надзора с применением новых технологий;
- обеспечение качественного воспроизводства лесных ресурсов на гарях с применением искусственного лесовосстановления, защитное лесоразведение;
- проведение работ по созданию лесозащитных полос и уходу за ними в течение первых 5 лет с дальнейшим переводом в лесопокрытую площадь после решения вопроса о правовом статусе насаждений на землях с/х назначения и определения источника финансирования работ по их созданию;
- переход к инновационному типу развития производства, в структуре которого ведущая роль отводится высокотехнологичной продукции;
- разработка и внедрение инвестиционных проектов по развитию глубокой переработки древесины, выпуск конкурентоспособной лесной продукции высокой добавленной стоимости.

Предусматривается вовлечение в эксплуатацию еще не освоенных лесных площадей и повышение интенсивности использования лесов в освоенных лесах. Приоритет в наращивании объемов рубок ухода за лесом в первую очередь отдается приобским массивам (заготовка лиственной древесины), предгорным лесам и лесам Салаирского кряжа, а также лесам, располагающимся на землях бывших сельскохозяйственных организаций.

В ленточных борах планируется максимальное использование древесины, получаемой в результате всех видов рубок ухода за лесом с постепенным доведением переработки древесины до 100%.

Программа предусматривает реализацию 17 инвестиционных проектов на общую сумму 6,1 млрд руб. с последующим приростом выпуска товарной продукции на сумму более 10 млрд руб. В соответствии с концепцией планируется провести большую работу по освоению глубокой, высокотехнологичной переработки древесины, что принесет не только немалую финансовую выгоду лесной отрасли региона, но и позволит создать сотни дополнительных рабочих мест и решить многие социальные задачи.

В ближайшие годы в дальнейшем развитие лесопереработки в Алтайском крае планируется вложить более 5 млрд руб. Концепция развития лесной отрасли Алтайского края предусматривает укрупнение предприятий лесопереработки. Так, на территории края будут действовать четыре крупных лесопильных завода — в Каменском, Рубцовском, Ключевском, Топчихинском районах. Основное направление развития лесопромышленного комплекса Алтайского края — углубленная переработка древесины, в том числе тонкомерной и низкосортной.

В Алтайском крае реализуется крупнейший в Сибири инвестиционный проект — ООО «Каменский лесодеревообрабатывающий комплекс», который осуществляется в рамках реализации концепции развития лесной отрасли края, объединяющей 25 предприятий. Завод, расположенный на территории 15 га, сможет ежегодно перерабатывать 220–240 тыс. м³ круглого леса. Общая стоимость проекта — 990 млн руб. Первоначально комбинат будет выпускать пиломатериалы из сосны в объеме 120 тыс. м³ в год. В дальнейшем запланировано развитие производства в направлении углубленной переработки низкосортной березовой древесины, запасы которой в зоне работы комбината составляют почти 200 тыс. м³. Предприятие начнет с выпуска березового пиломатериала, затем углубит

переработку до производства древесных плит, а в конечном итоге будет выпускать мебель.

Отходы столь масштабного производства предлагается поставлять в качестве дополнительного топлива для муниципальных котельных. На совещании с руководителями теплоснабжающих предприятий Камняна-Оби было решено усилить некоторые котельные города специальным оборудованием, работающим на отходах древесины, что даст возможность сократить расходы на закупку угля, повысить эффективность выработки тепла.

В качестве одного из вариантов решения проблемы дешевого жилья, в Алтайском крае запланировано строительство новых и развитие существующих предприятий по производству различных комплектующих деревянных малоэтажных домов. В 2010 году в поселке Топчиха открылся завод по выпуску сборных жилых домов из клееного бруса. Производство безотходное: опилки и прочие древесные остатки используются в качестве топлива.

В настоящее время алтайские предприятия лесного комплекса изучают возможности применения новых технологий дробления порубочных остатков. В дальнейшем щепу можно использовать как сырье для получения топливных гранул, а можно непосредственно отправлять в котельные. В настоящее время в лесном комплексе региона прорабатывается вопрос о приобретении передвижных дробильных установок.

Использование отходов деревоперерабатывающего производства и низкосортной древесины в качестве топлива является одним из важнейших направлений политики по смягчению (митигации) воздействия на климатическую систему. Потенциал предприятий лесного сектора Алтайского края в этой сфере должен быть адекватно оценен и интегрирован в политику региона в области изменения климата.

1.2. ЛЕСА РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Лесной фонд. Площадь территории республики — 92902 кв. км, из них земли лесов составляют 47%; включает 11 муниципальных образований, объединя-

ющих 90 сельских администраций, в составе которых 248 населенных пунктов, единственный город Горно-Алтайск — столица Республики Алтай (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Карта Республики Алтай

Территория из низкогорной зоны переходит в высокогорную, что вызывает существенное различие в природно-хозяйственном комплексе 10 районов республики.

Площадь государственного лесного фонда в Республике Алтай составляет 84,6% от общей площади земель лесного фонда, а покрытые лесом земли — 89,7%. Общий запас древесины на корню — 837,8 млн м³ или 2,5% от общей доли СФО. Лесистость территории Республики Алтай неравномерно распреде-

лена по районам и составляет 48,6%. Лесная и деревообрабатывающая промышленности относятся к основным отраслям промышленности республики.

В связи с расположением лесов в горной области и на различных высотах над уровнем моря, имеет место значительное присутствие в лесном фонде нелесных земель (табл. 1.13), удельный вес которых достигает 26,5%, в госзаповеднике «Алтайский» — 48,9%, в госзаповеднике «Катунский» — даже 53,2%.

Таблица 1.13

Динамика общей площади гослесфонда Республики Алтай, тыс. га

Показатель	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
Общая площадь	5105,7	5084,9	5084,6	5076,6	5061,2
Покрытая лесом	3413,8	3524,2	3530,5	3628,8	3699,2
в т.ч. лесные культуры	29,3	32,4	37,8	37,0	38,7
Не покрытая лесом площадь	419,1	419,1	410,0	364,3	284,7
в т.ч. вырубки	45,7	39,3	36,9	43,5	15,0
гари	51,1	49,9	46,8	64,6	27,4
прогалины	11,6	11,6	11,2	14,4	16,5
Естественные редины	285,6	285,6	283,1	265,9	211,4
Нелесная площадь	1272,8	1144,6	1144,1	1130,3	1077,3

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

3699,2 тыс. га общей площади государственного лесного фонда покрыты лесом, их удельный вес составляет 67,4%. В то же время в бассейне р. Бия покрытых лесом земель оказывается 72,6%, а в бассейне р. Катунь — 64,1%, то есть с общим поднятием территории над уровнем моря происходит и увеличение площадей нелесных земель.

Наиболее высокая лесистость (95,8%) присуща Турочакскому району, а самая низкая — Улаганскому — 57,8%, в госзаповедниках она оказывается еще ниже: в «Алтайском» — 45,9%, в «Катунском» — 43,2%.

Сравнительно незначительные площади отнесены к категории непокрытых лесной растительностью земель — 284,7 тыс. га или 4,7% от общей площади лесного фонда. С одной стороны, это является показателем резкого снижения объемов заготовок древесины в последние 10 лет, и не происходит накопления невозобновившихся лесосек. С другой стороны, значительное сокращение численности разнообразного сельскохозяйственного поголовья скота ведет к зарастанию ранее обезлесенных площадей в результате естественного их зарастания, что особенно свойственно площадям в пределах ареала распространения лиственницы сибирской.

За последние 20 лет за счет уточнения границ и площадей, общая площадь лесного фонда сократилась на 0,9%, а площадь покрытых лесом земель возросла на 8,4% за счет создания лесных культур кедра сибирского и лиственницы сибирской на площади 9,4 тыс. га и естественного зарастания необлесившихся вырубок и гарей. Поэтому сократились площади не покрытых лесом земель при одновре-

менном увеличении площади гарей за счет крупных лесных пожаров в конце прошлого столетия и в начале нынешнего. Снижение площади нелесных земель произошло за счет вывода из оборота пашни, сенокосов, пастбищ по причине резкого снижения интенсивности сельскохозяйственного производства.

Лесной фонд распределен между бассейнами рек Бия (39,1% от общей площади) и Катунь (3652,5 тыс. га или 60,9%) неравномерно. В бассейне Бии сосредоточены основные площади пихты и ели, ими занято 340,5 тыс. га или 73,7% от площади пихтачей, подавляющая часть березняков (72,6%) и практически все площади осинового насаждений — 98,7%.

В целом по Республике Алтай сосновые насаждения занимают незначительные площади — всего 63,9 тыс. га (1,7%), кедровые насаждения — 44,5% площади лесного фонда. Из них 54,4% и 44,5% соответственно сосредоточено в бассейне Бии. Более сглаженные температурные условия и более высокое увлажнение в северной части региона позволяет более успешно развиваться в нем темнохвойным и лиственным древесным породам. Общая их площадь составляет около 1,5 млн га, что равно 60,9% площади этих древесных пород в Горном Алтае. Особо следует остановиться на лиственнице, леса которой в регионе занимают площадь 1209,6 тыс. га или 32,8% от площади покрытых лесом земель. В то же время таких насаждений в бассейне р. Бия очень мало — 42,5 тыс. га (3,2%) от площади лиственничников. Низкий уровень участия лиственницы в составе лесного фонда Северо-Восточного Алтая связано с высокой конкурентной способностью темнохвойных пород и особенно пихты сибирской.

Динамика породного состава государственного лесного фонда Республики Алтай, тыс. га

Порода	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
Сосна	56,7	56,2	56,3	64,8	63,9
Ель	78,8	79,1	79,5	84,2	90,8
Пихта	391,0	390,5	388,3	366,2	366,3
Лиственница	1210,4	1210,2	1214,1	1211,6	1209,6
Кедр	1042,2	1040,7	1048,1	1062,2	1097,0
Хвойные	2785,1	2776,7	2786,3	2789,0	2827,6
Береза	463,4	470,9	470,9	546,6	552,2
Осина	170,2	173,3	172,9	197,4	195,5
Прочие	4,9	3,6	3,7	6,8	6,8
Лиственные	638,5	647,8	647,5	750,8	754,5
Кустарники	105,1	96,7	96,7	89,0	117,1
Всего	3528,7	3526,2	3530,5	3628,8	3699,2

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Слабое участие сосновых насаждений в лесном фонде связано с двумя причинами:

1. В результате повышенной влажности естественные сосновые насаждения выше 700 м над уровнем моря в горах не поднимаются;
2. Располагаясь в основном по кромке тайги со степными участками, сосняки, в первую очередь, подверглись и продолжают подвергаться антропогенному влиянию и, в частности, несплошным рубкам.

За последние 20 лет удельный вес хвойных насаждений повысился на 1,5%, а лиственных на 18,1%. Увеличение доли березы и осины связано с приемом в гослесфонд сельских лесов, которые состояли в основном из лиственных древесных

пород, особенно в северной части региона в низкогорных условиях.

Разделение лесного фонда на возрастные группы (табл. 1.15) показывает достаточно близкие удельные веса среди хвойных и лиственных формаций. Так, участие молодняков не превышает 7%, средневозрастных — 33, приспевающих — 21. И только среди спелых и перестойных имеются значительные различия: доля подобных насаждений среди лиственных пород в 1,5 раза превышает удельный вес среди хвойных, что объясняется довольно интенсивными промышленными лесозаготовками в послевоенные годы, которые были направлены на заготовку хвойной древесины с последующей ее доставкой сплавом в г. Бийск.

Таблица 1.15

Возрастная структура лесного фонда Республики Алтай, тыс. га / %

Годы	Хвойные				Лиственные			
	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые, перестойные	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые, перестойные
1990	193,2	910,4	583,3	1092,5	38,8	172,5	121,9	314,6
	6,9%	32,7%	21,0%	39,4%	6,0%	26,7%	18,8%	48,5%
1995	169,8	880,9	558,8	1167,2	37,7	167,0	118,8	324,3
	6,1%	31,7%	20,1%	42,1%	5,9%	25,8%	18,4%	49,9%
2000	186,1	879,7	557,8	1162,7	37,9	167,1	118,8	323,7
	6,7%	31,6%	20,0%	41,7%	5,9%	25,8%	18,4%	42,9%
2005	184,4	893,6	503,1	1274,5	41,3	145,9	111,2	445,6
	6,4%	31,3%	17,6%	44,7%	5,5%	19,6%	14,9%	60,0%
2011	182,4	919,2	468,5	1247,5	46,1	131,0	106,1	471,3
	6,4%	32,5%	16,6%	44,5%	6,1%	17,4%	14,1%	62,4%

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Перспективы развития лесозаготовительной промышленности в Горном Алтае довольно значительные, только спелых и перестойных насаждений хвойных пород имеется около 45% лесного фонда, а совместно с приспевающими насаждениями более 60%.

К тому же, в северной части региона сосредоточены большие запасы лиственной древесины, используемой в настоящее время в основном в качестве топлива.

Произрастая в горной местности со сложным рельефом (табл. 1.16), лесные насаждения подвергались значительным по объемам лесозаготовкам лишь в северной части региона, в бассейне р. Бия. Бассейн р. Катунь, за исключением лесного фонда Чемальского района, практически не был охвачен промышленными лесозаготовками. Значительные запасы древесины остались невостребованными по причинам удаленности лесного фонда и трудности доставки продукции к потребителю, поэтому 44,5% или 341,9 млн м³ находятся в спелых и перестойных насаждениях.

Средний запас насаждений в бассейне р. Бия составляет 176,9 м³/га, а в бассейне Катунь — 199,7 м³/га, но наиболее продуктивными являются насаждения в Прителецкой тайге, где средний запас составляет 255,4 м³/га за счет, главным образом, кедровников. В бассейне Катунь наивысшей продуктивности достигли насаждения лиственницы в Онгудайском рай-

оне, где средний запас составляет 240,4 м³/га. Более высокая продуктивность насаждений в бассейне Катунь, видимо, связана с малой доступностью лесного фонда и возможностью лесных насаждений достигать значительного возраста с накоплением больших запасов древесины.

Несмотря на значительную интенсивность лесозаготовок, произошло накопление запасов древесины на 5,5% или на 37 млн м³ и увеличение доли перестойных насаждений на 1,8%. Особо следует отметить, что запас древесины среди хвойных насаждений за 20 лет возрос на 32 млн м³ или на 5,5%. Накопление спелой и перестойной древесины происходит по всем хвойным породам, за исключением пихты. Это связано с тем, что в 1997 г. были запрещены рубки в кедровых насаждениях и основные лесозаготовки переклюнулись в пихтачи.

Таблица 1.16

Динамика запасов древесины в Республике Алтай, млн м³

Порода	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
Сосна	10,30	10,33	10,34	11,52	14,21
	0,43	0,43	0,43	0,34	0,20
Ель	13,96	14,11	14,11	14,88	15,15
	1,28	1,29	1,29	1,12	0,89
Пихта	70,10	71,29	70,73	67,15	66,60
	18,80	18,85	18,83	19,44	22,77
Лиственница	218,31	220,65	220,61	223,43	229,04
	70,81	70,81	70,76	66,71	62,53
Кедр	259,90	271,15	270,94	274,19	279,30
	0,21	0,21	0,21	0,14	0,07
Береза	55,80	56,18	56,14	62,13	70,06
	9,78	9,98	9,98	9,96	11,33
Осина	25,92	26,06	26,04	28,30	32,37
	6,83	6,83	6,82	8,91	10,00
Кустарники	0,81	0,84	0,84	0,79	0,66
Итого	н/д	670,80	669,94	682,39	707,94
	109,26	109,32	109,22	108,72	111,24

Примечание: числитель — общий запас, знаменатель — запас перестойных насаждений.

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Средний прирост (табл. 1.17) является показателем возможной максимальной неистощительной эксплуатации лесного фонда на древесину. За последние 20 лет в целом по Горному Алтаю он возрос

с 6,2 до 6,5 млн м³, или на 4,8%. Следует отметить, что средний прирост повышается по всем древесным породам (на 1,7% — по хвойным, на 6,4% — по лиственным), кроме пихты.

Таблица 1.17

Динамика среднего прироста, млн м³/год

Порода	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
Сосна	0,15	0,14	0,15	0,16	0,19
Ель	0,15	0,13	0,14	0,14	0,15
Пихта	0,80	0,77	0,75	0,70	0,65
Лиственница	1,79	1,76	1,76	1,81	1,91
Кедр	1,74	1,69	1,72	1,77	1,81
Береза	1,02	1,00	1,00	1,09	1,12
Осина	0,55	0,51	0,50	0,52	0,56
Общий прирост	6,20	6,00	6,13	6,10	6,50

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Наиболее молодыми оказываются сосновые насаждения (табл. 1.18), их средний возраст еще не достиг возраста спелости. За исследуемый период он снизился на 4 года по той причине, что сосновые насаждения, расположенные в основном в приречных зонах, подвергаются выборочным рубкам,

при которых происходит удаление из состава насаждения наиболее крупных, а значит и наиболее старых деревьев. В случае с пихтовыми насаждениями омоложение лесного фонда происходит в результате проведения сплошных рубок спелых и перестойных древостоев.

Таблица 1.18

Динамика среднего возраста, лет

Порода	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
Сосна	84	72	74	75	80
Ель	99	110	106	103	101
Пихта	90	96	99	101	106
Лиственница	124	132	135	134	131
Кедр	149	160	158	160	162
Береза	56	57	58	61	63
Осина	49	50	54	56	59

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Исключение из лесоэксплуатации кедровых насаждений, заготовка древесины только для местных нужд по другим породам привела к постарению лесного фонда в целом по региону. Переход насаждений в категорию спелых и даже перестойных ведет к резкому снижению их влияния на окружающую

среду, особенно в части почвозащитных и водоохраных функций. Интегральным показателем жизнеспособности того или иного насаждения является его прирост в высоту и по диаметру, а в итоге — его продуктивность, что напрямую связано с почвенно-климатическими условиями (табл. 1.19).

Таблица 1.19

Динамика продуктивности лесных формаций, тыс. га

Годы	Формация	Классы бонитета				
		II и выше	III	IV	V	Va
1995	Хвойные	276,5	953,9	1017,0	476,6	62,7
2010		414,6	1042,2	853,0	451,3	66,5
1995	Лиственные	345,6	250,4	46,1	5,3	0,4
2010		426,3	293,9	31,1	3,2	-

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

За последние 15 лет площадь насаждений хвойных пород с классом бонитета II и выше выросла на 49,9%, III класса — на 9,3%, при снижении площади по IV классу — на 8,8% и по V — на 9,5%. Подобная тенденция присуща и насаждениям лиственных пород: площадь высокобонитетных насаждений возросла на 23,3%, а среднебонитетных — на 17,6%.

За 15 лет удельный вес хвойных насаждений II-III классов бонитета вырос на 15,4%, а лиственных — на 20,8%. Это произошло по двум причинам:

1. создание лесных культур и появившийся естественным путем молодняк на вырубках в низкогорных условиях, как правило, имеют более высокий класс бонитета в сравнении со спелыми насаждениями;
2. принятие в состав гослесфонда сельских лесов, расположенных в более благоприятных экологических условиях и имеющих более высокую

продуктивность, способствовали общему повышению класса бонитета.

Имеет место явное разделение территории Горного Алтая по отдельным древесным породам (табл. 1.20). Если все сосновые насаждения и большинство пихтовых (87,9%) распространены в низкогорных условиях и, главным образом, в Северо-Восточном Алтае, то в более жестких почвенно-климатических условиях, которые складываются в центральной и южной частях региона, а также в среднегорье и высокогорье, ассортимент пород претерпевает существенное изменение в сторону снижения биоразнообразия.

Распределение хвойных насаждений по подпоясам, тыс. га.

Порода	Подпояса				Итого
	Черневой	Горно-таежный	Субальпийский	Погольцовый	
Сосна	63,9	-	-	-	63,9
Ель, пихта	319,9	126,9	10,3	-	457,1
Лиственница	12,8	612,9	576,8	7,1	1209,6
Кедр	108,3	266,5	713,6	8,6	1097,0
Итого	504,9	1006,3	1300,7	15,7	2827,6
%	17,9	35,6	46,0	0,5	100,0

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Кедровые насаждения распространены, по большей части, в горно-таежном и субальпийском подпоясах, а лиственничные — в среднегорье и высокогорье практически равными долями. В целом, по покрытым лесом землям в наиболее оптимальных лесорастительных условиях произрастает 20,1% насаждений хвойных лесобразователей, они становятся господствующими в горно-таежном и субальпийском подпоясах.

Из 1097,0 тыс. га кедровых насаждений в черневом подпоясе находится 9,3%, 25,5% — в горно-таежном, 64,4% — в субальпийском и 0,8% — в погольцовом. В то же время в низкогорье происходит снижение доли кедровых насаждений в сравнении с их общей площадью, так как низкогорные условия Горного Алтая не являются оптимальной нишей для роста и развития. И дело не в лесорастительных условиях, а в жесткой конкурентной борьбе за свет и пищу как с темнохвойными породами на всех склонах, так и с лиственными — в основном, на световых участках.

Таким образом, государственный лесной фонд Республики Алтай, располагающийся исключительно в горных условиях, подчиняется вертикальному зональному распределению. Наиболее оптимальные экологические условия для произрастания древесно-кустарниковой растительности имеются в низкогорных условиях, где имеет место наибольшее биоразнообразие. Породная и возрастная структуры, а также продуктивность лесного фонда свидетельствуют о стабильности лесных экосистем, приспособившихся к различным экологическим условиям.

Низкие плотность населения и дорожной сети, удаленность от мест переработки древесины, явля-

ются пока непреодолимыми финансовыми преградами для развития промышленных лесозаготовок. Вместе с тем территория является исключительно богатой в отношении рекреационных ресурсов. Поэтому основной задачей лесного хозяйства является сбережение лесного фонда от огня и снижение до минимума непродуцирующих лесных и нелесных площадей.

Лесные пожары. Свыше одной трети лесов Республики Алтай занимают леса с I и II классами природной пожарной опасности, т.е. на этой территории в течение всего пожароопасного сезона, а особенно в периоды пожарных максимумов, возможны верховые пожары.

При рассмотрении риска лесных пожаров общая площадь, охваченная природными пожарами, может составлять до 122 км кв. с материальным ущербом до 1 млрд руб.

Анализируя динамику лесных пожаров на территории Республики Алтай, можно предположить, что количество лесных пожаров останется на уровне среднесноголетних значений. По предварительному прогнозу, в зону лесных пожаров могут попасть 12 населенных пунктов (15454 человек), возможно нанесение значительного материального ущерба экономике республики.

По данным ГУ МЧС России по Республике Алтай, основными причинами возникновения природных пожаров является антропогенный фактор (нарушение правил пожарной безопасности, неосторожное обращение с огнем, а порой умышленные поджоги совершаемые населением) — 81% и сельскохозяйственные палы — 12%.

Таблица 1.21

Распределение лесных земель по классам природной пожарной опасности на территории Республики Алтай по районам

Район	Распределение площади лесов по классам природной пожарной опасности (га)				
	I	II	III	IV	V
Майминский	3676	835	10927	63603	3781
Чойский	35126	10161	117903	191905	69702
Турочакский	16035	24729	324906	549384	52659
Чемальский	6380	3720	73441	108034	39368
Шебалинский	7569	3922	71137	133322	15539

Район	Распределение площади лесов по классам природной пожарной опасности (га)				
	I	II	III	IV	V
Онгудайский	1351	49385	443326	339695	56136
Усть-Канский	22848	5881	139258	142074	86230
Усть-Коксинский	12441	9484	208898	222907	136786
Улаганский	53445	205275	384456	274648	21275
Кош-Агачский	32234	4332	50274	143577	78926
Итого	191105	317724	1824526	2169149	560402

Источник: ГУ МЧС России по Республике Алтай.

По информации министерства лесного хозяйства Республики Алтай, в качестве подготовки к пожароопасному сезону ежегодно в республике проводится весь комплекс необходимых профилактических мероприятий. Проводится открытый аукцион на выполнение работ по охране, защите, воспроизводству лесов, расположенных на землях лесного фонда Республики Алтай. По итогам аукциона заключаются государственные контракты. Во всех районах республики идет подготовка оперативно мобилизационных планов тушения лесных пожаров на случай чрезвычайных ситуаций. На базе Бийского лесного техникума проводится обучение руководителей тушения крупных лесных пожаров. В районах начато обучение технике и тактике тушения лесных пожаров, всего планируется обучить более 300 специалистов пожаротушения.

Уже заключено соглашение о взаимодействии по профилактике и тушению лесных пожаров с МВД Республики Алтай, на стадии заключения Соглашение с Главным Управлением МЧС России по Республике Алтай. Ведется работа по пролонгированию Соглашения с Федеральным Агентством лесного хозяйства по оказанию помощи силами и средствами пожаротушения в условиях высокой и чрезвычайной горимости.

В декабре 2010 года было заключено соглашение о взаимодействии в сфере лесного хозяйства между Федеральным Агентством лесного хозяйства и Правительством Республики Алтай. В ходе рабочей встречи руководителя Федерального агентства лесного хозяйства Виктора Маслякова и Главы Республики Алтай, Председателя Правительства Республики Алтай

Александра Бердникова было принято решение о выделении республике субсидий из федерального бюджета для укомплектования четырех пожарно-химических станций третьего типа в 2011 году, и двух в 2013 году. Предварительная работа по размещению и комплектации на территории Республики Алтай четырех пожарно-химических станций третьего типа уже начата.

Запланирован пуск в работу камер видеонаблюдения за лесным фондом с целью обнаружения лесных пожаров. Камеры будут установлены на радиорелейных мачтах в Майминском, Шебалинском, Онгудайском, Улаганском и Кош-Агачском районах. Изображение с камер в режиме реального времени будет поступать непосредственно в единый диспетчерский пункт Министерства лесного хозяйства РА. Все оборудование уже закуплено, монтаж начнется весной.

Работы по лесопосадкам и лесовосстановлению. Динамика закладки лесных питомников отражает и масштабы создания лесных культур, и приоритетность породного состава культур. Начавшиеся работы по массовому восстановлению кедра на вырубленных площадях в 60-е годы потребовали и резкого увеличения площадей, занятых под посевами кедра (табл. 1.22).

Среди прочих пород в начальный период преобладали породы для создания зеленых зон и для выполнения озеленительных работ в населенных пунктах. В последние годы стала доминировать ель, используемая не только для озеленения, но и для введения в лесные культуры.

Таблица 1.22

Закладка лесных питомников в Республике Алтай

Годы	Заложено всего	в т. ч. по породам				Заложено в среднем в год
		кедр	лиственница	сосна	прочие	
1966–1970	104,9	51,2	14,5	34,5	4,7	21,0
1970–1975	139,2	111,6	4,5	12,3	4,3	27,8
1972–1980	162,7	155,9	4,1	1,5	1,2	32,5
1981–1985	156,6	150,4	3,9	0,3	2,0	31,3
1986–1990	139,1	135,8	3,0	-	0,3	27,8
1991–1995	85,0	83,4	1,4	-	0,2	17,0
1996–1997	35,1	32,3	1,2	-	1,6	17,6

Источник: Министерство лесного хозяйства Республики Алтай.

Основной древесной породой, выращиваемой в течение последних 40 лет, является кедр сибирский и только потому, что наравне с пихтовыми, кедровые насаждения наиболее интенсивно подвергались вырубке, и на этих рубках восстановление проходило кедром. В последнее десятилетие, с прекращением вырубки кедра, все большее внимание уделяется восстановлению лиственных лесов в бассейне р. Катунь. Лесоводы освоили технологию выращивания сеянцев этой очень нежной в молодости древесной породы.

Лесопромышленный комплекс Республики Алтай. Лесопромышленный комплекс Республики Алтай представлен 72 предприятиями. Отрасль состоит из двух основных подотраслей: лесозаготовительной (77,6% от общего объема производства отрасли) и деревообрабатывающей (22,4%). Предприятия отрасли в основном сосредоточены в Турочакском и Чойском районах.

В республике нет лесопильных предприятий с полным циклом механизированной обработки. Лесоперерабатывающая промышленность представлена в основном мелкими лесопильными предприятиями. Основное технологическое оборудование — морально устаревшие пилорамы, техническое состояние которых не отвечает современным требованиям и не обеспечивает производство конкурентоспособной продукции.

Имеющиеся в республике производственные мощности используются неполно и неэффективно. Так, уровень использования мощности по вывозке древесины в среднем составляет 34%, а переработки лесопроductии — 22%. Лишь в производстве деревянных домов мощности используются на 95 — 100%.

Низкая загрузка производственных мощностей по переработке древесины связана с их износом, который по отрасли достигает 60-80% по зданиям и сооружениям, а по активной части основных средств (оборудование, техника) — 100%. Следствием является низкая конкурентоспособность лесопроductии и снижение объемов производства.

Объем инвестиций в основной капитал отрасли крайне низок. Более 80% инвестиций, направляемых на замену устаревшего оборудования, это собственные средства предприятий. При этом наблюдается явная диспропорция внутри подотраслей комплекса: в 2003—2006 годах — до 95% всех инвестиций направлялись в лесозаготовительную отрасль, а инвестиции в деревообрабатывающую промышленность за 2003-2006 годы практически не осуществлялись.

Экспорт лесоматериалов из Республики Алтай незначителен. Основные поставки осуществляются в Казахстан и Монголию. Учитывая устойчивую тенденцию роста мировых цен на продукцию глубокой механической переработки древесины, эти потери будут возрастать из года в год.

Сегодня свыше 90% предприятий отрасли убыточны. Одной из причин высоких затрат на производство является рост цен на продукцию и услуги естественных монополий, использование энергоемкого оборудования для деревопереработки. Внедрением

ресурсо- и энергосберегающих технологий предприятия практически не занимаются.

Заработная плата работников лесопромышленного комплекса Республики Алтай — одна из самых низких по республике, в связи с чем резко сократилась численность промышленно-производственного персонала (более чем в два раза за последнее десятилетие).

Критическая ситуация в ЛПК республики диктует необходимость реализации государственной политики и стратегии в области управления и развития отрасли, разработки и практического осуществления комплекса экономических, финансовых, производственно-технических и социальных мер, обеспечивающих развитие всех подотраслей ЛПК (Республиканская целевая программа «Развитие мощностей по глубокой переработке древесины и освоению новых лесных массивов Республики Алтай до 2017 года»).

Планы развития лесного сектора Республики Алтай. Республика Алтай располагает достаточными ресурсами для расширения лесопользования и увеличения объемов производства продукции деревообрабатывающих отраслей промышленности не только для удовлетворения внутренних потребностей, но и для вывоза за пределы региона. Однако, несмотря на значительные объемы лесных ресурсов, существует проблема накопления перестойных насаждений.

Недостаточное финансирование работ по восстановлению лесных ресурсов приводит к увеличению площадей лиственных пород, ресурсы которых используются только на 24-27%. Необходима постепенная замена части менее ценных для лесоэксплуатации мягколиственных лесов хвойными и твердолиственными породами.

Состояние лесопромышленной отрасли в республике далеко от идеального: высокая степень износа производственных мощностей, отсутствие современного оборудования, низкое освоение расчетной лесосеки, вследствие чего увеличивается доля спелой и перестойной древесины; малое число занятых в отрасли.

В 2008 г. Государственным Собранием Республики Алтай была утверждена республиканская целевая программа «Развитие мощностей по глубокой переработке древесины и освоению лесных массивов Республики Алтай до 2017 года».

Цели программы — формирование системы рационального лесопользования, создание и развитие высокотехнологичных производств с комплексным использованием древесины, переработка низкотоварной древесины, модернизация производственных мощностей, обеспечение социальной защиты работников предприятий ЛПК, сохранение существующих и создание новых рабочих мест.

Реализация программы с общим объемом финансирования 1,9 млрд руб. планируется в два этапа:

- 1) 2008—2012 гг. — стабилизация достигнутых объемов производства и обеспечение роста лесопромышленного производства, ввод новых мощностей по лесопилению и первичной деревообработке в г. Горно-Алтайске и в Май-

минском районе, создание новых лесоперерабатывающих организаций;

- 2) 2013–2017 гг. — завершение процесса реформирования существующих предприятий, выход новых предприятий на планируемые производственные мощности, увеличение объемов лесопользования за счет строительства новых лесовозных дорог, повышение конкурентоспособности продукции за счёт освоения передовых технологий, повышение эффективности производства.

Ожидаемые конечные результаты реализации программы:

- увеличение общего объема лесозаготовки до 751,8 тыс. куб.м;
- создание лесопильного завода мощностью 100 тыс. куб. м;
- организация производства клееного щита и бруса, паркета, мягкой, кухонной и корпусной мебели;

- создание завода по выпуску топливных гранул, выпуск экологически чистого вида топлива мощностью 15 млн рублей в год;
- увеличение объемов доступной древесины за счет строительства и капитального ремонта лесовозных дорог;
- повышение конкурентоспособности лесопроductии, расширение рынка сбыта;
- повышение эффективности взаимоотношений с ведущими лесопромышленными регионами России;
- сбор информации о работе предприятий ЛПК Республики Алтай;
- повышение социально-экономического уровня жизни работников предприятий ЛПК Республики Алтай.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ

Данные наблюдений и модельных расчетов показывают, что климат территории России более чувствителен к глобальному потеплению, чем климат многих других регионов земного шара. Средняя скорость потепления (коэффициент линейного тренда) за последние 100 лет (1909–2008 гг.) по данным сети Росгидромета составила для территории России $0,14^{\circ}\text{C}/10$ лет, а для глобальной температуры $0,08^{\circ}\text{C}/10$ лет¹.

¹ По данным Пятого Национального Сообщения Российской Федерации, представленного в соответствии со статьями 4 и 12

С 1976 года потепление стало более интенсивным, так что «современный» тренд (за 1976–2008 гг.) составляет уже $0,51^{\circ}\text{C}/10$ лет для России и $0,17^{\circ}\text{C}/10$ лет для Земного шара. Следует обратить внимание при этом, что в последние три года темпы глобального потепления несколько замедлились (вследствие понижения глобальной температуры после 2005 г.), тогда как в целом для российской территории средняя скорость потепления продолжает нарастать.

Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола.

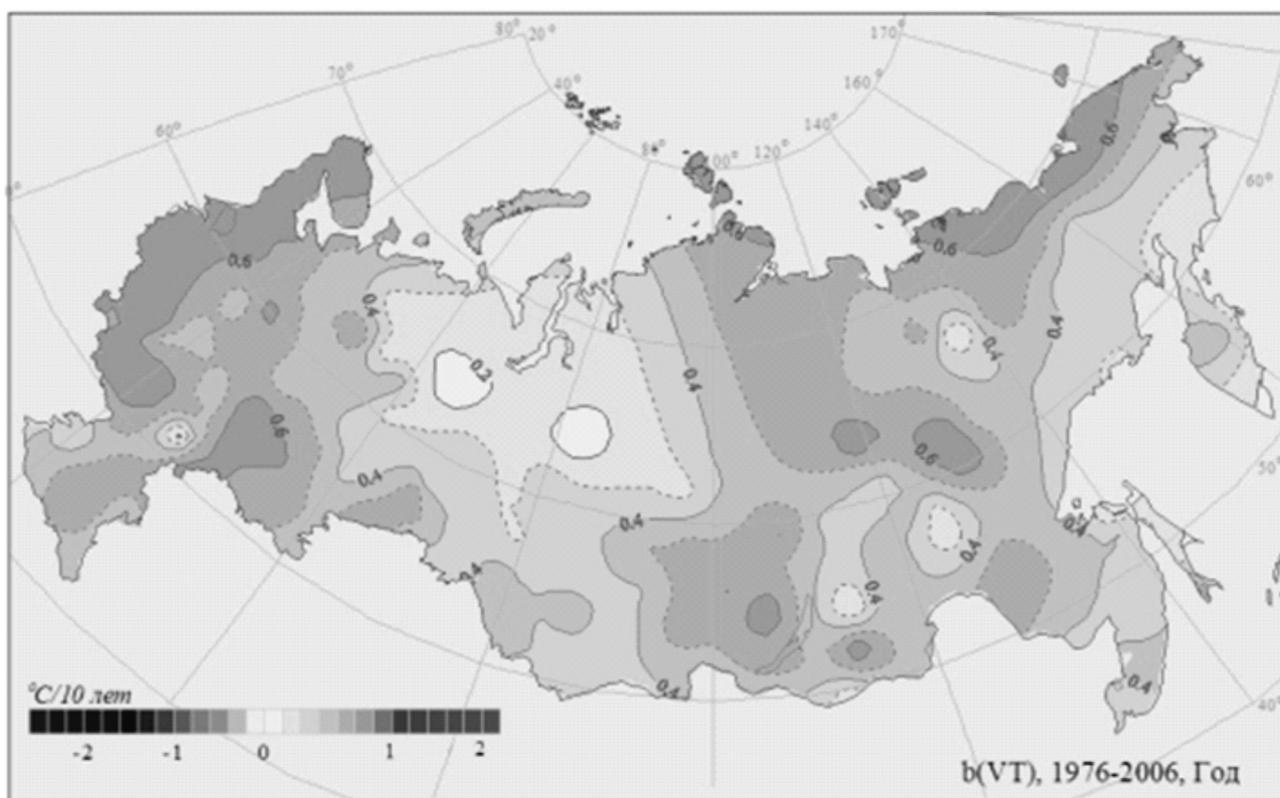


Рис. 2.1. Средняя скорость изменения температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным наблюдений за 1976–2006 гг.

Источник: Росгидромет.

Вследствие сложной физической природы явления и неоднородности инструментальных наблюдений изменения осадков изучены значительно хуже, чем изменения приземной температуры воздуха. Годовая сумма осадков за период 1976–2006 гг. в целом по территории России увеличивалась ($7,2$ мм/10 лет).

Однако в характере региональных изменений осадков наблюдались значительные различия. Наиболее заметными были увеличение осадков весеннего сезона ($16,8$ мм/10 лет) в Западной Сибири, на северо-востоке Восточной Сибири, Дальнем Востоке и на Европейской территории России (ЕТР) и их уменьшение зимой на северо-востоке Сибири, в том числе в Ма-

гаданской области, на севере Хабаровского края и на востоке Чукотского автономного округа. Показатели, характеризующие экстремальные осадки, указывают преимущественно на слабое увеличение повторяемости интенсивных осадков и уменьшение максимальной продолжительности сухих периодов.

Говоря о России в целом и в частности об Алтайском регионе, очень важно оценить ущерб от таяния вечной мерзлоты, от жары и засух в сельскохозяйственных регионах, от наводнений и паводков. По оценке МЧС, ежегодные потери от погодноклиматических явлений составляют 30–60 миллиардов рублей ($0,07$ – $0,15\%$ ВВП).

По прогнозу Росгидромета, за 2005–2015 гг. число опасных гидрометеорологических явлений возрастет вдвое. При этом очевидно, что географическое распре-

деление негативных последствий будет существенно различаться в зависимости от региона, как это уже видно из данных наблюдений (рис. 2.1 — 2.4).

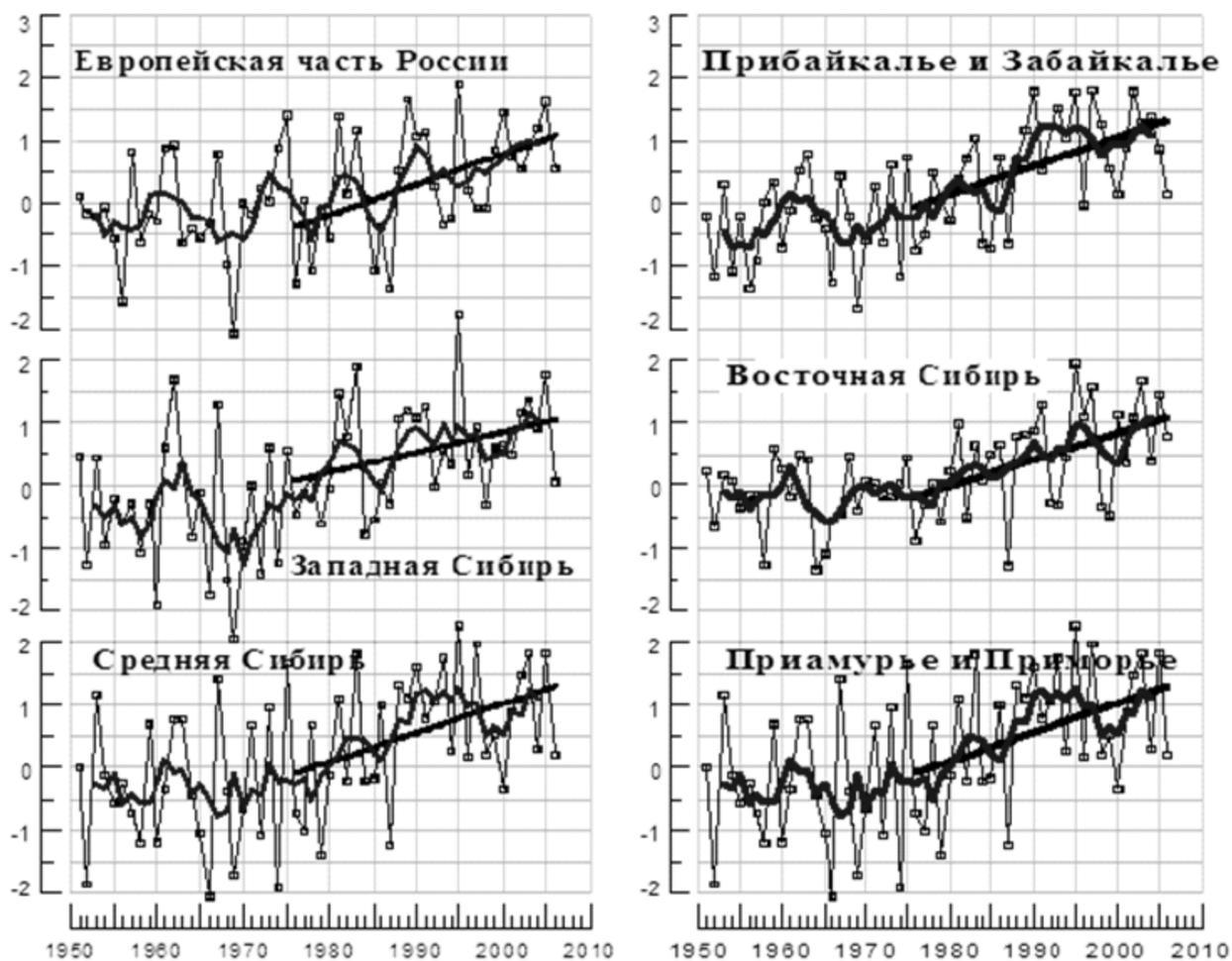


Рис. 2.2. Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для регионов России за 1951–2006 гг.
Источник: Росгидромет.

При повышении температуры на 4°C отступление лесов с юга захватит всю территорию России и будет более масштабным, чем их продвижение на север. В частности, естественное обезлесение охватит почти всю среднюю полосу Европейской России и Западной Сибири. При повышении температуры на 2°C обезлесение затронет лишь юг Западной Сибири, а общая площадь лесного покрова увеличится за счет распространения в современную зону тундр.

Имеются и более детальные биоклиматические прогнозы, построенные на региональном уровне. Например, исследователями из Института физики атмосферы РАН осуществлен прогноз изменений растительного покрова России при повышении глобальной температуры на 1°C , которое ожидается к 2030–2050 годам (напомним, что возрастание температуры в России превышает глобальный). Масштабного исчезновения лесов к этому времени не будет, за исключением относительно небольших площадей сосняков в Волжско-Вятском междуречье и верхнем течении р. Обь. Однако процессы трансформации растительных сообществ начнутся на 70 %

площадей сосняков и 50 % — ельников. Менее чувствительны к потеплению смешанные леса и дубравы (трансформации стартуют на 20 % площади), а самыми устойчивыми будут лиственные леса Восточной Сибири (5 % трансформаций). Эти результаты вполне сопоставимы с глобальным прогнозом МГЭИК, предсказывающим исчезновение к 2100 г. 30 % сосновых и еловых лесов.

Климат Алтайского региона в целом резко континентальный, с продолжительными и холодными зимами и короткими, но жарким летом. Одним из характерных признаков континентальности климата являются частые заморозки, которые нередко наблюдаются в вегетационный период. На востоке и юге лето обычно дождливое, но на западе, в Кулунде, часто бывают засухи. По мере продвижения на юго-восток, в предгорной части края континентальность климата заметно ослабевает: зима становится теплее, а лето более прохладным.

В горной системе Алтая на характер климата, естественно, оказывают влияние направление горных хребтов, высота над уровнем моря, т.е. проявляется вертикальная зональность климата.

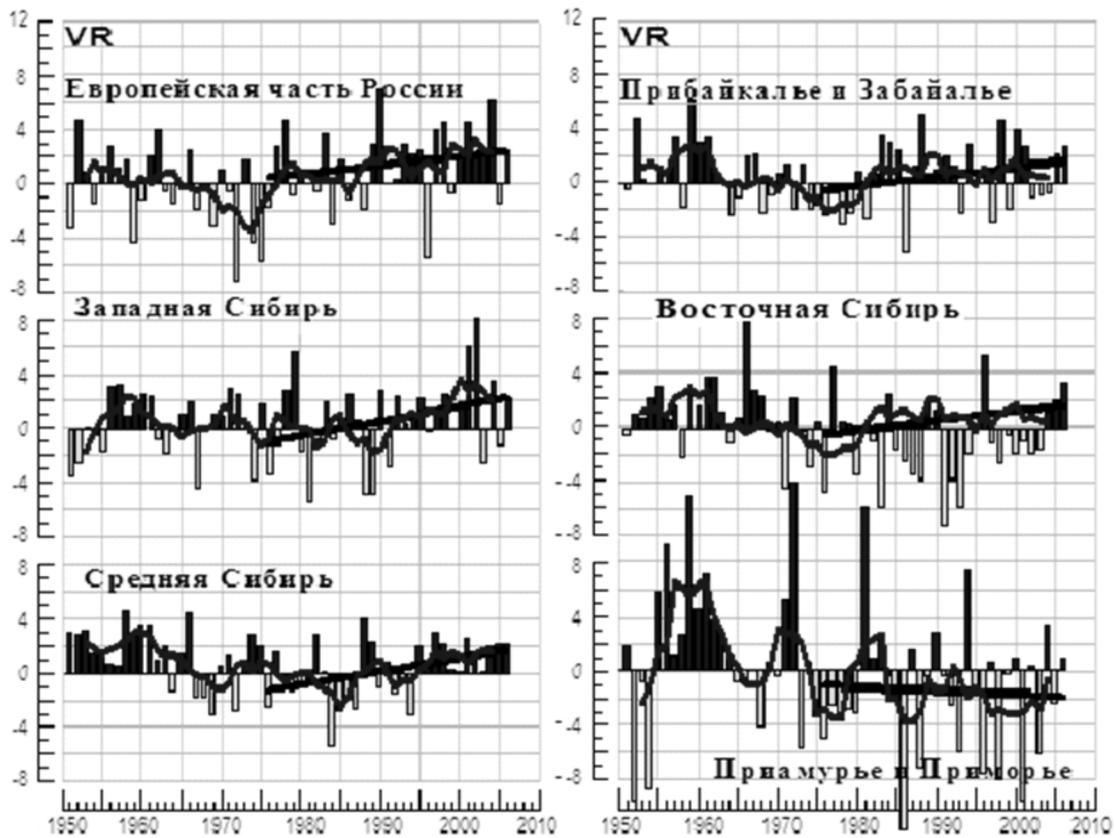


Рис. 2.3. Средние годовые аномалии осадков (мм/месяц) для регионов России за 1951–2006 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Кривая линия — 5-летняя скользящая средняя. Линейный тренд (за 1976–2006 гг.) показан прямой линией.

Источник: Росгидромет.

Величины изменений температуры воздуха мст. Барнаул с 1838 по 2004 гг. составляют:

- годовая температура:
1838–2004 гг. (167 лет) = 3,0°C
1901–2000 гг. (100 лет) = 1,8°C
- температура холодного периода:

- 1838-2004 гг. (167 лет) = 3,6°C
- 1901-2000 гг. (100 лет) = 2,3°C
- температура теплого периода:
1838–2004 гг. (167 лет) = 2,4°C
1901–2000 гг. (100 лет) = 1,4°C

1950–2009 Seasonal Surface Temperature Changes Based on Linear Trends (°C)

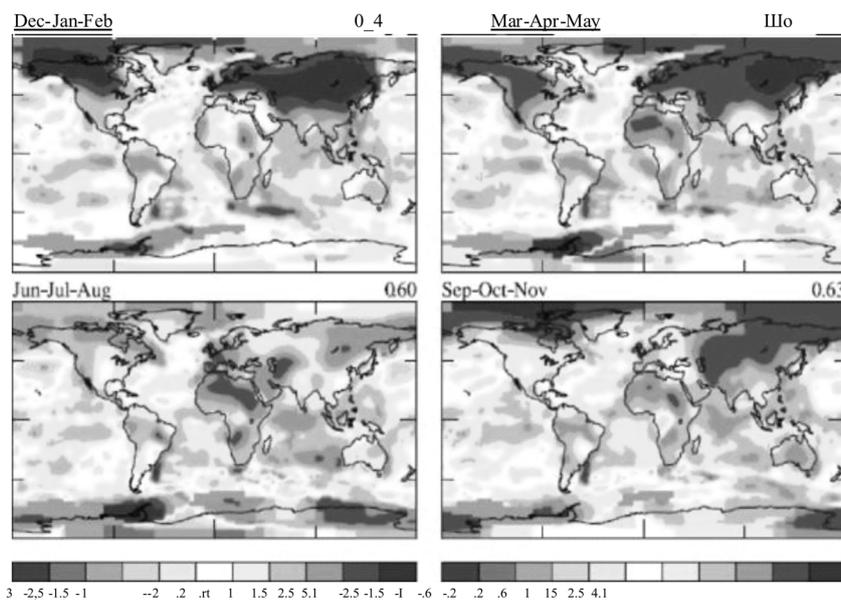


Рис. 2.4. Глобальные сезонные тренды температурных аномалий (4 сезона)(°C) за 1950–2009 гг. Источник: МГЭИК.

Среднегодовая температура воздуха метеостанции Барнаул за 100 лет (1901–2000 гг.) повысилась на 1,8°C¹. Потепление наиболее характерно для зимнего и весеннего сезонов. Долговременные тренды отмечаются на фоне мелкомасштабных отклонений положительного и отрицательного знака, которые носят циклический (ритмический) характер. Сохраняется вероятность поздних весенних заморозков и ранних осенних при возрастании экстремальной изменчивости. В последние годы увеличивается повторяемость очень низких абсолютных минимумов температуры воздуха, что указывает на возрастание суровости зим. Наблюдается рост межгодовой изменчивости (контрастности) сезонов. (Данные, иллюстрирующие тенденции основных климатических показателей по региону представлены на рис. 2.5–2.11.)

Начиная с 2005 г. для территории Алтайского региона прогнозировалось возрастание степени суровости холодного сезона, которое наиболее ярко проявилось зимой 2009–2010 гг. А увеличение повторяемости экс-

¹ По материалам: Харламова Н.Ф. Тенденции изменения климата Алтай-Саянского региона / Изменение климата и непрерывное сохранение биоразнообразия в Алтай-Саянском экорегионе. Материалы между. совещания 23–27 июля 2010 г., Горно-Алтайск — с. Усть-Кокса. — Барнаул. 2010. С. 10–24.

тремальных погодных явлений, как и межгодовой изменчивости температур воздуха, позволило климатологу Н. Л. Добрецову определить еще одну, все более усиливающуюся характерную тенденцию современных изменений климата — «нарастающую конфликтность погоды».

Для выявления тенденций климатических изменений исследуются ряды метеорологических наблюдений по метеостанциям в пределах российской части Алтай-Саянского экорегиона в сопоставлении с мст. Барнаул и мст. Александровское, характеризующими южную и северную части территории Западно-Сибирской равнины.

Особенностью высокогорного климата Алтайского региона являются меньшие пределы изменений средне-многолетней температуры по сравнению с резкоконтинентальным климатом котловин. Использование приема стандартизации позволяет определить, что рассчитанная величина потепления для высокогорий Алтай-Саянского экорегиона, несмотря на меньшую величину изменений, является вполне сопоставимой в среднемноголетнем выводе не только с равнинными метеостанциями, но и с некоторыми котловинами.

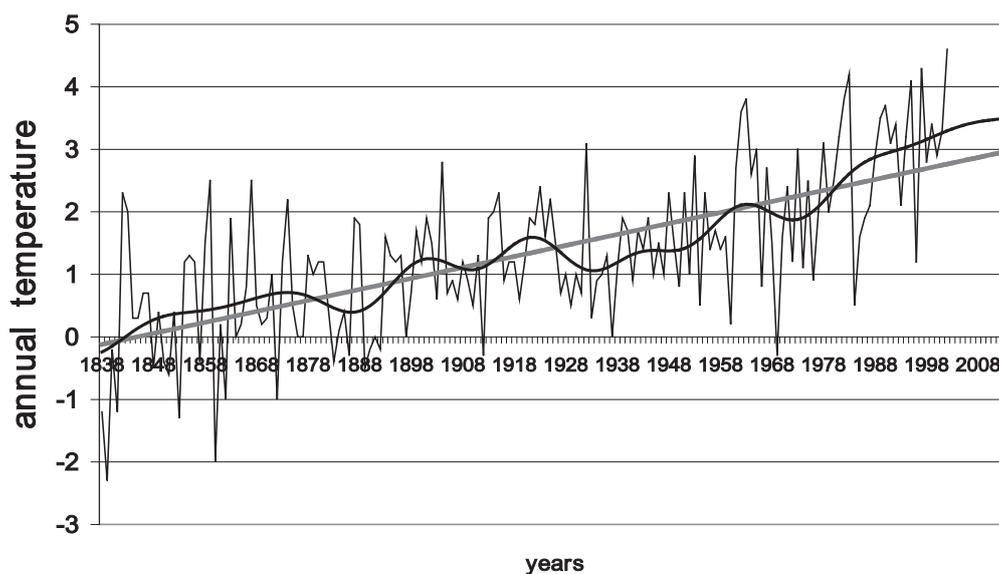


Рис. 2.5. Изменения годовой температуры воздуха, мст. Барнаул. Линейный тренд и низкочастотные колебания. Источник: Харламова Н.Ф.

Осреднение годовой температуры воздуха по десятилетним периодам подтверждает не только замедление темпов потепления в последнее десятилетие (2000–2008 гг.) в пределах Алтай-Саянского экорегиона, но и некоторую тенденцию к похолоданию (Кош-Агач, Мугур-Аксы). Наиболее теплое десятилетие, как и в целом по Северному полушарию — 1990–1999 гг.

Наблюдается общая тенденция аридизации территории Алтай-Саянского экорегиона на фоне климатических колебаний, которая может не только сохраниться, но и усилиться в ближайшие десятилетия. При этом особое значение имеет, прежде всего, соотношение тепло- и влагообеспеченности территории.

С конца 70-х прошлого столетия в пределах региона почти повсеместно наблюдается увеличение количества осадков, однако, это не аналогично «увеличению увлажненности». Только соотношение балансов тепла и влаги предопределяет условия произрастания растительности и динамику других компонентов. Нижняя граница пояса лесной растительности в горах Алтая как раз и определяется увеличением увлажненности вследствие уменьшения максимальных температур и возрастания количества осадков по склонам. Однако эта увлажненность наблюдается только по нижней границе лесной растительности в горах, где облака упираются в Алтайские горы.

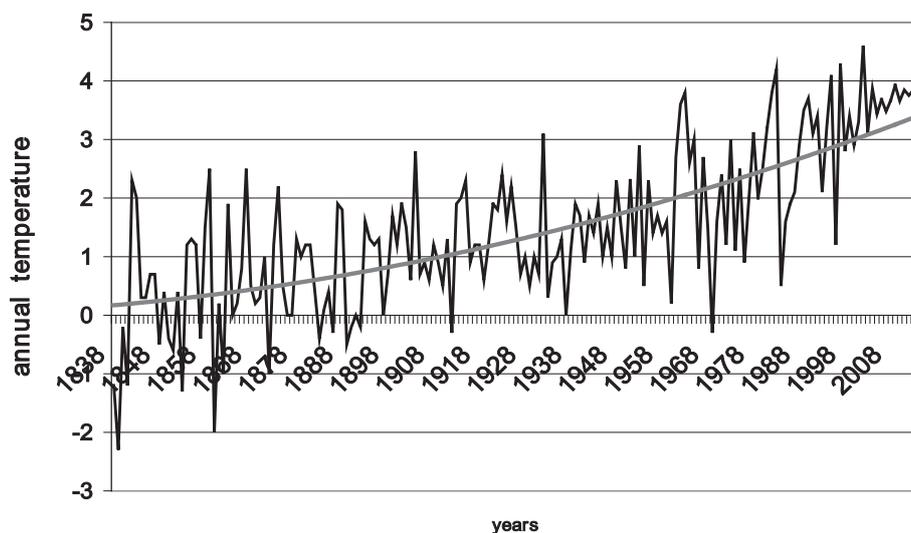


Рис. 2.6. Полиномиальный тренд годовой температуры воздуха.
 Источник: Харламова Н.Ф.

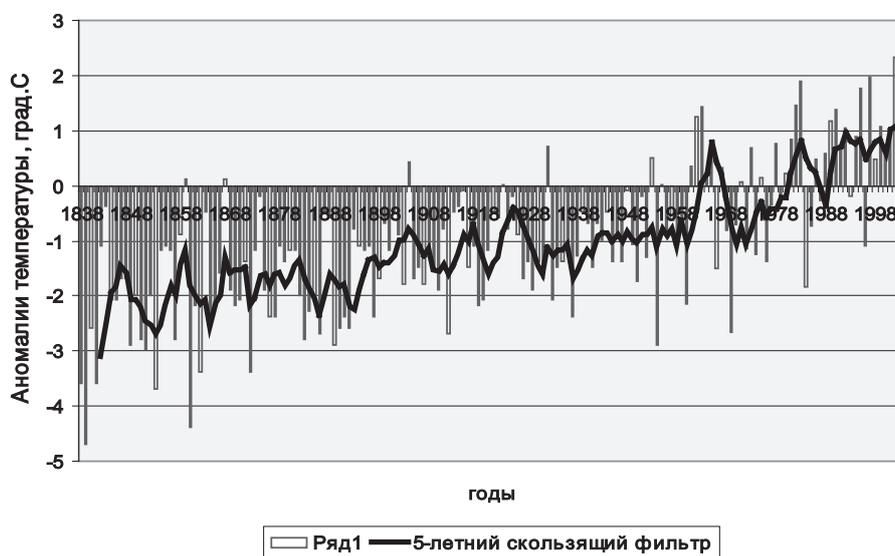


Рис. 2.7. Отклонения годовой температуры от средней за 1961–1990 гг.,
 сглаженные 5-летним скользящим фильтром.
 Источник: Харламова Н.Ф.

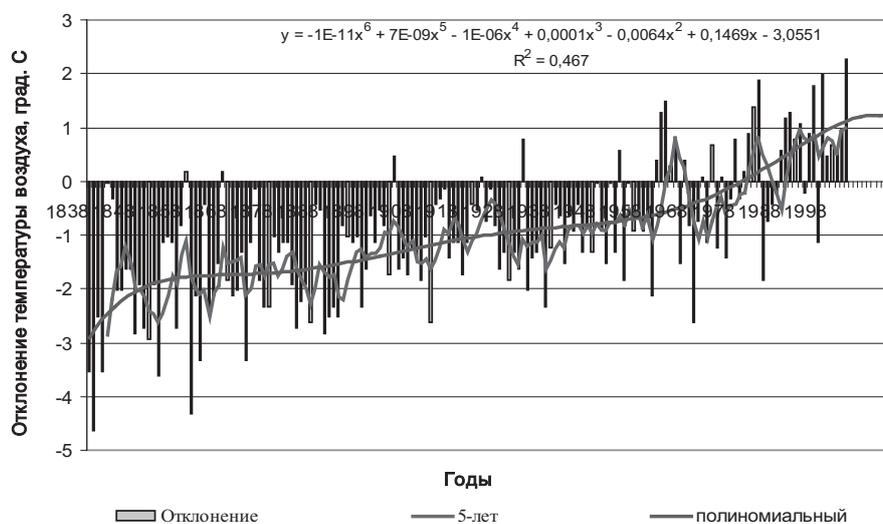


Рис. 2.8. Отклонения годовой температуры воздуха от средней за 1961–1990 гг., Барнаул, 1838–2004 гг.
 Источник: Харламова Н.Ф.

Поднятие вверх пределов распространения всех высотно-поясных комплексов может свидетельствовать не об увеличении увлажненности, а об увеличении высоты выпадения осадков, с которого количество осадков становится достаточным для произрас-

тания древесной растительности на фоне повышения температуры воздуха. При этом расширяются вверх и пределы распространения нижних поясов степных и лесостепных комплексов, соответственно.

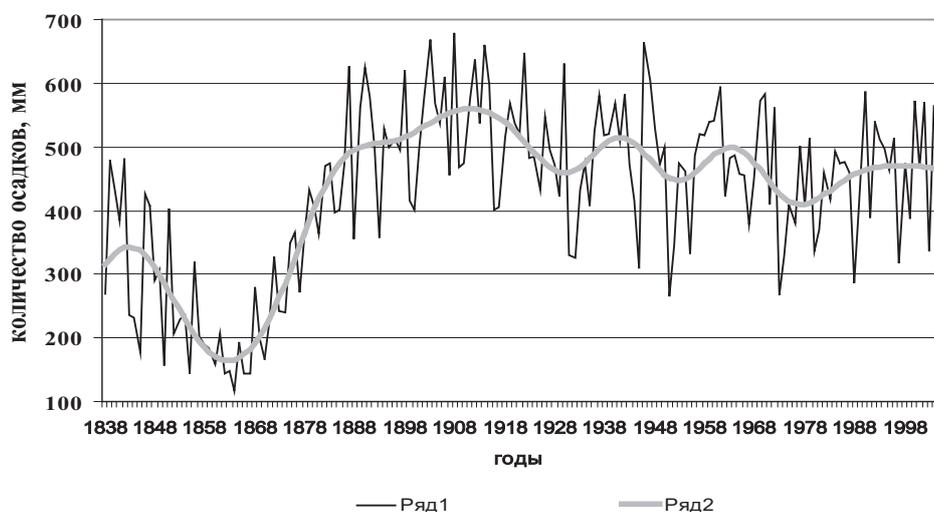


Рис. 2.9. Годовое количество осадков 1838–2004 гг., 11-летние скользящие средние.
Источник: Харламова Н.Ф.

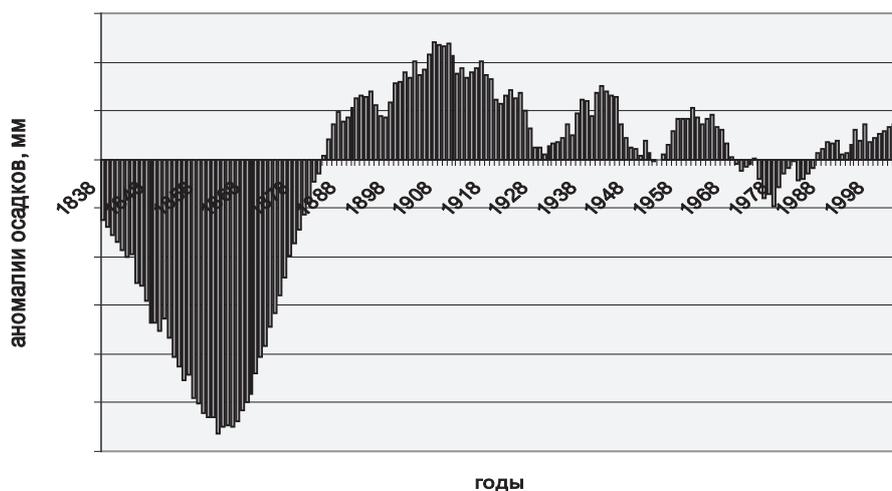


Рис. 2.10. Отклонения годовой суммы осадков от средней за 1961–1990 гг., сглаженные 11-летним скользящим фильтром.
Источник: Харламова Н.Ф.

Перевевание песков как следствие не движений ветра, а «особых процессов иссушения и разрыхления поверхностного покрова» также выявляет возрастание суточной амплитуды температуры в условиях более сухого воздуха, способствующее активизации процессов выветривания и др. Обострение ситуации с возникновением «черных» бурь в степных, сельскохозяйственных районах Алтайского края в этой связи является крайне опасным проявлением климатических изменений. Казалось бы, решенная в 1960-е годы проблема черных бурь, прежде всего, за счет создания полезащитных лесополос, в настоящее время вновь возникает (см. рис. 2.12). Одним

из перспективных направлений решения этой проблемы является модернизация, реконструкция и создание новых лесополос на территории сельскохозяйственных угодий.

Также большое значение для агропромышленных районов Алтайского края имеют ярко выраженные эффекты изменения климата — возникновение нехарактерных для теплого сезона снежных «переметов», приводящих к гибели насаждений и урожая сельхозпродукции в отсутствии лесозащитных полос (см. рис. 2.13).

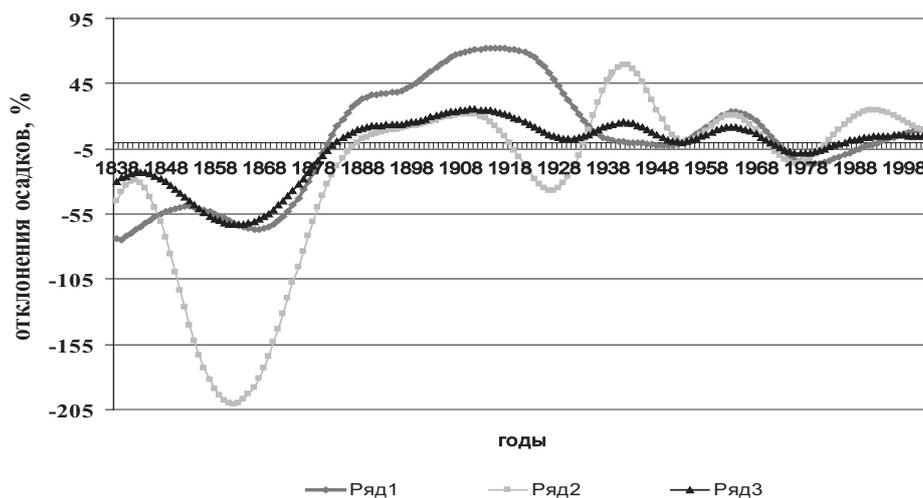


Рис. 2.11. Отклонения осадков холодного (ряд 1) и теплого (ряд 2) периодов, годовых (ряд 3) от средних за 1961–1990 гг.
 Источник: Харламова Н.Ф.

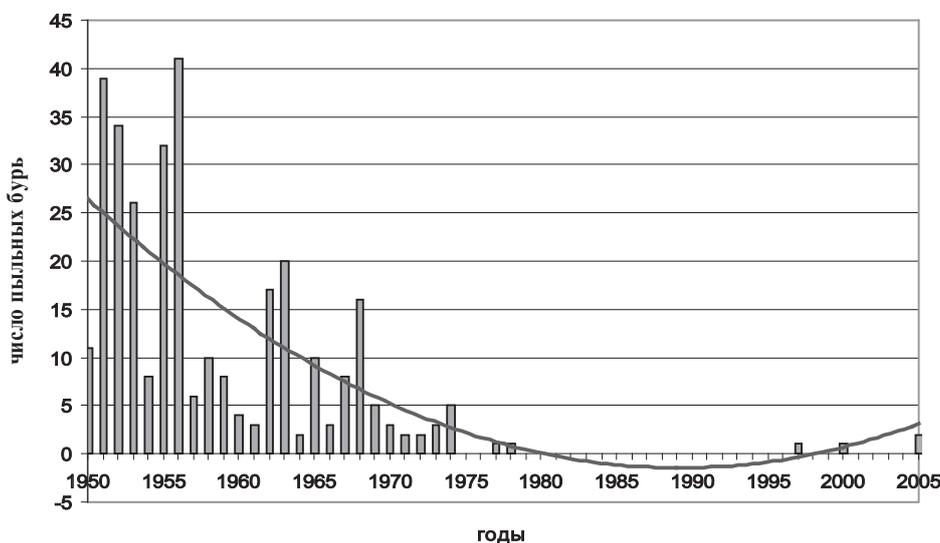


Рис. 2.12. Полиномиальный тренд числа дней с пыльными бурями, 1950–2005 гг.
 Источник: Харламова Н.Ф.

Значительной проблемой, также связанной с климатическими изменениями, для горного Алтая является таяние ледников. В отдаленной перспективе это, безусловно, крайне негативно скажется на состоянии лесов и лесных экосистем региона, а также на социально-экономической ситуации в районах обитания, в том числе, коренных малочисленных народов Алтая.

По данным Останина О. В. и Михайлова Н.Н.¹, с конца XIX века сохраняется устойчивая тенденция деградации ледников Алтая. Это, прежде всего, выражено в изменении плановых очертаний краевых частей ледников в сторону сокращения, уменьшении

площадей, понижении их поверхности и тем самым сокращении мощности, формировании новых конечно-моренных комплексов с серией малых валов, образовании залежей погребенных глетчерных льдов и последующем их разрушении.

Языки всех ледников значительно отступили вглубь долин, и некоторые стали достигать участков, ранее бывших областями питания. Абсолютные отметки расположения нижних частей языков ледников поднялись на 100–120 м по сравнению с их положением в середине XIX века. По длине ледники Южного и Монгольского Алтая сократились почти на 1500–2500 м. Сохранение существующей тенденции деградации современного оледенения в ближайшие 10–20 лет приведет к дальнейшему сокращению ледников и ледниковых комплексов Алтая и к их распаду на более простые морфологические типы. Этот процесс

¹ Останин О. В., Михайлов Н. Н. Изменения ледников Алтая с конца XIX века и тенденции их развития в XXI веке // Тезисы докладов XIII Гляциологического симпозиума «Сокращение гляциосферы: факты и анализ», СПб., 2004, с. 108–109.

сейчас активно наблюдается на таких ледниках Южного Алтая, как Алахинский, Канасские, на ледниках массива Табын-Богдо-Ола.

В целом, тенденции климатических изменений по Алтайскому региону наглядно продемонстрированы на рис. 2.14–2.15.

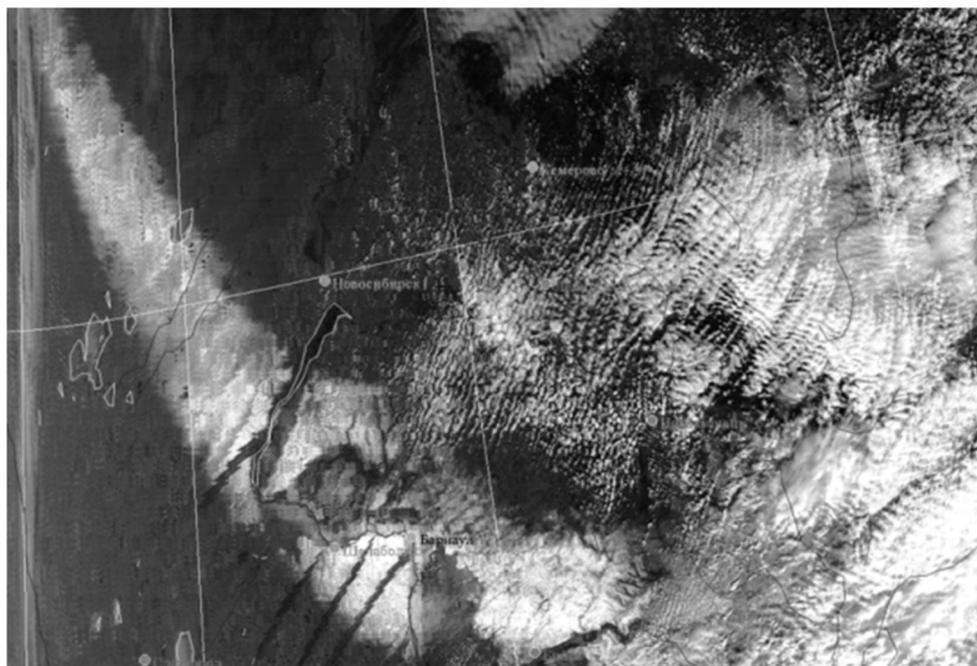


Рис. 2.13. Космический снимок полосы выпавшего снега от 27 сентября 2004 г.

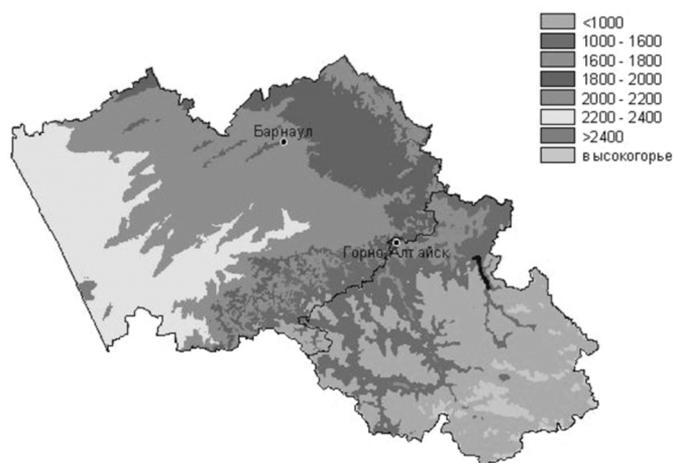


Рис. 2.14. Сумма температур выше +10°C (Алтайский край и Республика Алтай).
Источник: Харламова Н.Ф.

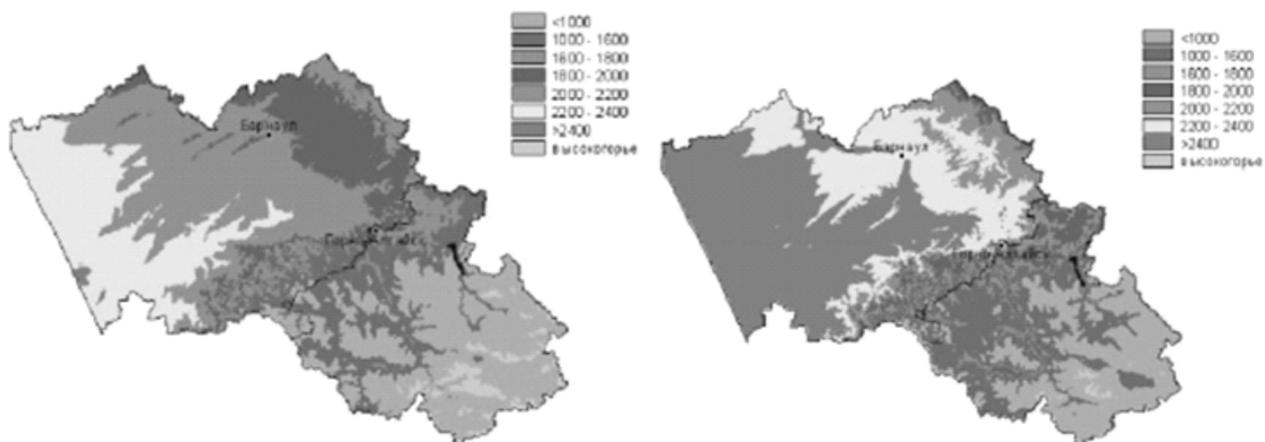


Рис. 2.15. Современные термические условия (слева) и после повышения на 1°C.
Источник: Харламова Н.Ф.

3. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ЛЕСОВ РЕГИОНА

Леса играют важную климатическую функцию как в глобальных масштабах (прежде всего, как поглотитель парниковых газов), так и на локальном уровне (выполняют функцию регулирования микроклимата).

Одной из главных составляющих в данном исследовании рассматривается именно глобальная роль лесов, в частности, их способность поглощать углекислый газ из атмосферы и накапливать углерод в древесной фитомассе, листовенном опаде, подстилке, почвенном слое лесных экосистем и т.д., а также их роль как источника выбросов парниковых газов в результате лесных пожаров, гниения биомассы и т.п. Таким образом, влияние лесов на атмосферу планеты и ее климатическую систему может быть не только положительной («леса-поглотители CO₂»), но и отрицательной («источник дополнительного поступления парниковых газов в атмосферу»).

Важно оценить не только то, какую роль сегодня играют леса алтайского региона для глобальной климатической системы, но и какова будет их роль в отдаленной перспективе, каковы риски превращения лесов Алтая в нетто-источник выбросов CO₂, что можно сделать, чтобы предотвратить этот процесс, смягчить негативные последствия для региона и планеты в целом.

Методологической базой для анализа стали методические рекомендации международных экспертов (руководства по инвентаризации МГЭИК), российские методики (Центра по экологии и продуктив-

ности лесов РАН), а также модель прогнозирования влияния климатических изменений на леса СВМ-CFS3, адаптированная для российских условий специалистами РАН.

Особый интерес представляет возможность учета поглотительной функции лесов Алтая для получения инвестиций с мирового углеродного рынка, действующего в рамках Киотского протокола к РКИК ООН. Это крайне актуально для лесного сектора Алтайского края и Республики Алтай, ведь денежных средств для отрасли не хватает. В этой связи в данном исследовании рассмотрены некоторые специальные требования и условия, предъявляемые международным сообществом к проектам и методикам учета поглощения (стока) углерода в лесах.

Принятая в декабре 2009 года Климатическая доктрина Российской Федерации и план ее реализации (2011 г.) требуют интеграции мер по снижению воздействия на климатическую систему в программы развития отраслей и регионов страны, а также разработке мер по адаптации к климатическим изменениям. В этой связи результаты данного исследования дают научную основу для формирования региональной политики по адаптации лесного сектора (одной из существенных составляющих экономики региона), а также по привлечению международных инвестиций в экологически-ориентированные проекты по увеличению поглощения углерода лесами, утилизации древесной биомассы для энергетических целей и т.д.

3.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПОГЛОЩЕНИЯ/ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В качестве международно признанной методики для расчета поглощения углерода лесами принята методология Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), рекомендованная для национальных инвентаризаций парниковых газов¹, которая включая в себя не только описание подходов к оценке поглощения и эмиссии парниковых газов в различных категориях источников, но и дополнительные материалы по оценке неопределенностей данных инвентаризации, контроле качества данных и т.д.²

Методические рекомендации МГЭИК используются при подготовке Российской Федерацией национальных отчетов об инвентаризации выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. То есть именно такой подход позволяет

получить сопоставимые на международном уровне данные о выбросах и поглощениях парниковых газов.

Методические рекомендации, одобренные МГЭИК, относятся к национальной инвентаризации, где обычно требуется достаточно агрегированный подход для оценок на национальном макроуровне. Однако методика МГЭИК³ предусматривает возможность применения различных подходов к расчету поглощения/эмиссии углерода — от наиболее общих (для макрооценки) до детальных, если таковые применимы и доступны в конкретной стране или регионе.

В этой связи, для данной работы методологической базой послужила международная методика МГЭИК с использованием тех значений показателей, необходимых для оценки поглощения углерода лесами, которые разработаны международными экспертами и специалистами Российской Академии

¹ Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов» (1996г.)

² Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов» (2001).

³ Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 1996.

наук, в частности, Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН.

Значимость лесов, как поглотителей CO_2 , признается Статьей 4 РКИК¹ и Статьями 2 и 3 Киотского протокола². Признавая важную роль лесов как стока парниковых газов из атмосферы, РКИК, тем не менее, ограничивает учет поглощения парниковых газов рамками антропогенной деятельности в управляемых лесах.

К мероприятиям по управлению лесным хозяйством относятся охрана и защита, использование, воспроизводство и повышение продуктивности лесов, традиционно выполняемые лесной службой и лесопользователями. Оценка эмиссии и поглощения парниковых газов производится на основе данных об объемах проводимых мероприятий и информации о состоянии и породно-возрастной структуре лесов.

Понятие управления лесным хозяйством прямо связано с определением управляемых лесов, как категории управляемых земель. МГЭИК рассматривает управляемые земли как территории, на которых осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательства для целей выполнения соответствующих социальных, экономических и (или) экологических задач.

Используемые в лесном секторе термины, понятия и методы оценки резервуаров углерода должны согласоваться с международными определениями и методологиями, принятыми в рамках РКИК и Киотского протокола для характеристики антропогенной деятельности по снижению эмиссии и увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве и при землепользовании.

В государственных учетах лесного фонда России (ГУЛФ) используется определение леса как сообщества деревьев высотой 0.3 и выше (для молодняков 0.4 и выше) и высотой деревьев в спелом возрасте не менее 5 м на площади 0.5 га и более. Для сообщества кустарников используются те же величины полноты, что и для леса, но с минимальной площадью от 1 га и более. Эти определения лежат в пределах критериев РКИК и Киотского протокола, что обеспечивает возможность их использования в национальной отчетности о кадастрах парниковых газов.

Согласно методологии МГЭИК, категория лесных земель включает все земли с древесной растительностью соответствующей критериям, используемым для определения лесных земель при национальной инвентаризации парниковых газов, с разделением их на управляемые и неуправляемые, а также по типам экосистем. В эту категорию также включаются экосистемы, которые пока не соответствуют, но впоследствии будут соответствовать критериям лесных земель.

¹ Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1992. 30 с.

² Киотский протокол к рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.

Эмиссия и сток парниковых газов должны учитываться отдельно для каждой из категорий земель, как результат антропогенных изменений в следующих резервуарах: биомассе (надземная и подземная части), мертвом органическом веществе (отпад и подстилка) и органическом веществе почв. Общей особенностью категорий земель МГЭИК является их согласование с национальными классификациями, что позволяет в полной мере использовать имеющиеся в нашей стране данные о земельном фонде для подготовки национального кадастра парниковых газов. При этом каждая из предложенных категорий объединяет те земли, которые не входят в состав других категорий, что позволяет избежать повторов и, тем самым, исключает возможность двойного учета эмиссии или поглощения парниковых газов.

Действующее на территории Российской Федерации законодательство предусматривает 7 категорий земель: земли сельскохозяйственного назначения; поселений; промышленности, энергетики, транспорта, связи и иного специального назначения; особо охраняемых территорий и объектов; лесного фонда; водного фонда и запаса³. Национальная классификация категорий земель в целом согласуется с классификацией МГЭИК. К категории лесных земель Российской Федерации наряду с землями лесного фонда и особо охраняемых территорий и объектов следует отнести покрытые лесом земли обороны и поселений (городские леса).

Согласно методологическим рекомендациям МГЭИК, информационно-аналитическая оценка запасов и бюджета углерода проводится для следующих пулов: 1) фитомасса древостоя (древесного яруса); 2) мертвая древесина (сухостой и валеж); 3) подстилка; 4) органическое вещество почвы. Территория России охватывает различные природные зоны, поэтому углеродные параметры лесов существенно варьируют в зональном и региональном отношении.

Расчет запасов углерода в фитомассе древостоя осуществляется через приводимые в материалах ГЛР объемные запасы древесины насаждений и конверсионные коэффициенты, представляющие собой отношения запаса углерода фитомассы к запасу стволовой древесины. Конверсионные коэффициенты имеют размерность физической плотности (т С м^{-3}) и позволяют рассчитывать массу по определяемому в хозяйственных целях объемному запасу древесины. В принятой методике в качестве базовой использована система конверсионных коэффициентов (Замолдчиков, Уткин, Честных, 2003), определенных для преобладающих древесных пород в разрезе групп возраста.

Расчет запаса углерода в фитомассе древостоев по группам возраста преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта проводится по уравнению (3.1):

$$C_{Pij} = V_{ij} K_{PC} \quad (3.1)$$

³ Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2003 году. – М.: Роснедвижимость, ФГУП «ФКЦ Земля», 2004. – 166 с.

где $СР_{ij}$ — запас углерода в фитомассе древостоев группы возраста i преобладающей породы j , т С; V_{ij} — объемный запас стволовой древесины насаждений группы возраста i преобладающей породы j , $м^3 га^{-1}$ (по данным государственного лесного реестра — ГЛР); КРЧ — конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в фитомассе древостоев группы возраста i преобладающей породы j , т С $м^{-3}$.

Расчет запасов углерода в мертвой древесине (валеж и сухостой). Отмирание деревьев (отпад) является естественным процессом и отмечается в течение всего периода развития древостоя. Разложение крупных древесных остатков в климатических условиях России идет достаточно медленно, поэтому наличие значительного углеродного пула мертвой древесины следует рассматривать как непреходящее свойство российских лесов. В настоящей методике использованы результаты детального исследования динамики запасов мертвой древесины в лесных экосистемах (Замолодчиков, 2009), осуществленного при помощи математического моделирования. Результаты моделирования позволили рассчитать значения конверсионных коэффициентов для оценки запасов углерода в мертвой древесине по объемным запасам древесины (табл. 7.8). Расчет запаса углерода в мертвой древесине по группам возраста преобладающих пород в пределах оцениваемого объекта ведется по уравнению (3.2):

$$CD_{ij} = V_{ij} КБЧ \quad (3.2)$$

где CD_{ij} — запас углерода в мертвой древесине насаждений группы возраста i преобладающей породы j , т С; V_{ij} — объемный запас стволовой древесины насаждений группы возраста i преобладающей породы j , $м^3$ (по данным ГЛР);

КБЧ — конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в мертвой насаждений группы возраста i преобладающей породы j , т С $м^{-3}$.

Расчет запасов углерода подстилки проводится по данным о площадях насаждений той или иной преобладающей породы и средним на единицу площади значениям запаса, специфичными для зонально-региональных полигонов.

Расчет запасов углерода почвы аналогичен такому для подстилки, однако приводится по эталонным средним значениям органического углерода почвы в слое 0-30 см.¹

Завершающим этапом расчета запасов углерода для рассматриваемых пулов является суммирование по возрастным группам с получением суммарного значения для данной преобладающей породы, и дальнейшее суммирование по преобладающим породам с получением суммарного значения для рассматриваемого объекта (лесничества, административного района, субъекта Федерации). Оценка значений пулов углерода по возрастным группам лесных насаждений открывает возможности для оценки потоков углерода.

Оценка потерь углерода. Помимо абсорбции углерода, в лесном фонде происходят и потери углерода, связанные с различными нарушениями лесного покрова, среди которых наибольшее значение имеют рубки и пожары.

Расчет бюджета углерода. Годичный бюджет по каждому из пулов углерода рассчитывается для покрытых лесом земель оцениваемого объекта по разности абсорбции и потерь.

¹ Эталонные значения были идентифицированы по данным работ (Честных, Замолодчиков, Уткин, 2004; Замолодчиков, Коровин, Гитарский, 2007).

Особенности методологии учета поглощения углерода создаваемых лесонасаждений

Основой мониторинга поглощения углерода фитомассой создаваемых насаждений могут служить периодические обследования, проводимые лесоустроительными организациями по стандартным методикам и процедурам. Согласно действующей «Инструкции по проведению лесоустройства»², при таксации сомкнувшихся лесных культур определяются те же таксационные показатели, что и для насаждений естественного происхождения. Для точного определения запасов углерода фитомассы в сомкнувшихся лесных культурах достаточно воспользоваться информацией о породном составе, средней высоте, среднему диаметру, величинами объемных запасов древесины по составляющим культуру древесным породам.

Во всем мире наиболее удобным способом оценки признается конверсия объемных запасов насажде-

ний в запас углерода^{3,4,5,6,7,8}. Этот подход практикуется и ФАО при оценке древесных ресурсов и лесопользования отдельных государств⁹. Существуют

³ Углерод в экосистемах лесов и болот России / Ред. В. А. Алексеев и Р. А. Бердси. Красноярск: Экос, 1994. 232 с.

⁴ Bonnor G.M. Forest Biomass Inventory // Biomass. Regenerable Energy / Eds.: D. O. Hall, R. P. Overend. N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. P. 47-73.

⁵ Joosten R., Schulte A. Possible effects of altered growth behavior of Norway spruce (*Picea abies*) on carbon accounting // Climate change. 2002. V. 55. No 1-2. P. 115-129.

⁶ Kolchugina T.P., Vinson T.S. Equilibrium analysis of carbon pools and fluxes of forest biomes in the former Soviet Union. // Canadian Journal Forest Research. 1993. V. 23. P. 81-88.

⁷ Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (Industrialized temperate/boreal countries) UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000 (Main Report). Geneva Timber and Forest Study Papers, No. 17. United Nations: New York and Geneva, 2000. 445 p.

⁸ Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев: Урожай, 1987. 560 с.

⁹ Моисеев В. С. Таксация молодняков: Учебное пособие. Л.: ЛЛТА, 1971. 343 с.

² Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России: Утв. 15.12.94. Ч. 2. Камеральные работы М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России. 1995. 112 с.

различные системы конверсионных коэффициентов, специфичных к возрастным группам лесных насаждений^{1,2} и к конкретному возрасту древостоев³. К задачам мониторинга накоплений углерода в фитомассе растущих искусственных насаждений (лесных культур) в наибольшей степени подходит система коэффициентов, используемая для чистых однопородных насаждений с учетом их таксационных показателей⁴. Разумеется, эти коэффициенты могут

¹ Углерод в экосистемах лесов и болот России / Ред. В. А. Алексеев и Р. А. Бердси. Красноярск: Экос, 1994. 232 с.

² *Bonnor G. M. Forest Biomass Inventory // Biomass. Regenerable Energy / Eds.: D. O. Hall, R. P. Overend. N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. P. 47–73.*

³ *Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с.*

⁴ *Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 764 с.*

применять и к отдельным элементам леса в составе смешанных культур, если элементы леса выделены и охарактеризованы в материалах лесоустройства.

Рекомендуемая система коэффициентов позволяет оценивать запас углерода во фракциях фитомассы. Для расчета запаса углерода в стволовой древесине используется постоянный коэффициент K_f ($t C m^{-3}$), специфичный к древесной породе насаждения либо элемента леса. Конверсионные коэффициенты для прочих фракций фитомассы рассчитываются в зависимости от средней высоты и диаметра насаждения по уравнению (3.3):

$$K_f = aD^b H^c, \quad (3.3)$$

где K_f — фракционный коэффициент конверсии ($t C m^{-3}$); D — таксационный показатель древостоя; a , b и c — параметры.

Методики экспериментально-полевого определения запасов подстилки и углерода почв

Хорошо известно, что значительные количества углерода содержатся в почве лесных экосистем^{5,6,7}. Увеличение запасов углерода почвы может происходить и при осуществлении проектной деятельности по созданию искусственных насаждений. К сожалению, научная информация по этому вопросу крайне скудна и недостаточна для того, чтобы можно было предложить расчетные алгоритмы, позволяющие оценить поглощение углерода почвы на основе данных по росту лесных культур с учетом типов почвы и физико-географических условий. Методические рекомендации, приведенные ниже, относятся к экспериментально-полевому мониторингу изменений запасов углерода почвы. Скорее всего, они будут уместны при проведении пилотных проектов, целью которых является не столько поглощение углерода, сколько решение методологических и организационных проблем, возникающих в ходе проекта.

Работы по мониторингу почвенного покрова должны выполняться с использованием методик, принятых при почвенных, таксационных, ландшафтных оценках лесных насаждений, которые могут быть модифицированы с учетом особенностей региона исследований.

Принимая во внимание высокую инертность углерода лесной подстилки и почв и, следовательно, низкую скорость его изменения в них, Руководства Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) предполагает, что запасы углерода

в рассматриваемых резервуарах на землях, остающихся лесными землями, практически постоянны. Соответственно основные изменения углерода лесной подстилки и почв связаны с динамикой лесных земель, определяемой нарушениями (рубками, пожарами) и сменой режимов лесопользования. Таким образом, рекомендуемый МГЭИК метод расчета бюджета углерода по пулам подстилки и почвы основывается на оценке площадей, находящихся в переходе от одного состояния со стабильным запасом углерода в этих пулах к другому. При этом время достижения стабильных запасов в обоих пулах предполагается равным 20 годам⁸.

Прикладные работы и услуги различных российских институтов включают в себя широкий спектр работ и услуг, выполняемых на базе результатов передовых научных исследований в области почвоведения и смежных отраслей знания. Это позволяет не только успешно решать стандартные задачи, но и оптимизировать методы их решения, снижая затраты и риски заказчика. Расширяющийся спектр проблем, возникающих в многосторонней практике современного землепользования, требует также разработки уникальных специальных подходов, ориентированных на цели заказчика. И это сегодня — главное направление прикладных наукоемких разработок институтов, которые находят применение на конкретных земельных участках и позволяют эффективнее использовать почвенные ресурсы.

⁵ *Танген К., Корпоо А., Бердин В., Сугияма Т., Плужников О., Дрексейдж Д., Граб М., Легге Т., Му А., Штерн Д., Ямагучи К. Целевые экологические инвестиции в России. Международная торговля квотами на выбросы парниковых газов как инструмент охраны природы. М.: WWF, 2002. 116 с.*

⁶ *Замолодчиков Д. Г., Коровин Г. Н., Уткин А. И., Честных О. В., Сонген Б. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: КМК, 2005. 200 с.*

⁷ *Joosten R., Schulte A. Possible effects of altered growth behavior of Norway spruce (Picea abies) on carbon accounting // Climate change. 2002. V. 55. No 1-2. P. 115-129.*

⁸ *Гришина Л. А., Владыченский А. С. Опад и подстилка хвойных лесов Валдая // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М. 1979. № 4. С. 15-50.*

3.2. ОЦЕНКИ ПОГЛОЩЕНИЯ И ЭМИССИЙ УГЛЕРОДА В РЕГИОНЕ ЗА ПЕРИОД 1990–2010 ГГ.

Анализ динамики поглощения и эмиссии CO₂ лесными экосистемами Алтайского региона, включая Алтайский край и Республику Алтай за период 1990–2010 гг., был проведен на основе методологии Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и программно-методического комплекса, разработанного Центром экологии и продуктивности лесов РАН.

Расчеты проведены на основе официальных данных учета лесного фонда, статистики лесных пожаров, рубок и другой информации, предоставленной Рослесхозом, Управлением лесами Алтайского края, экспертами по проекту.

На Рис. 3.1 приводятся оценки нетто-поглощения лесами региона для двух основных учетных пулов:

- 1) поглощения управляемыми «киотскими» лесами, учитывающими только древесной деревьев на территории управляемых лесов;
- 2) лесными экосистемами в целом, включая древесной, подстилку, мертвую древесину, почву.

Данное разделение необходимо для того, чтобы учитывать климатическую функцию алтайских лесов не только по правилам, оговоренным в Киотском протоколе к РКИК ООН, но и более целостно, что может потребоваться при учете роли лесов в дальнейших международных соглашениях.

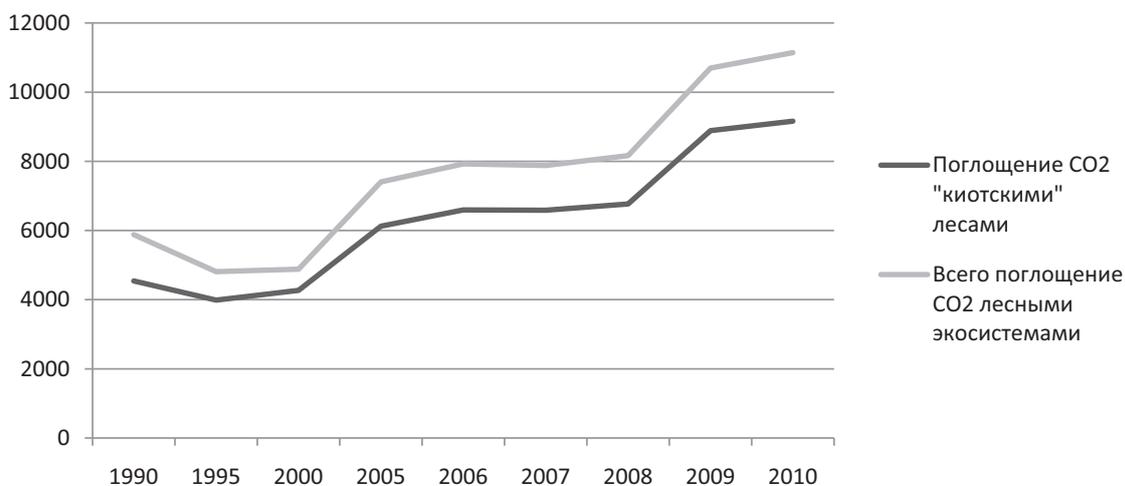


Рис. 3.1. Динамика нетто-поглощения CO₂ лесами Алтайского региона, 1990–2010 гг. (тыс. т CO₂/год).
Источник: АНО ЦЭИ (2011).

Площадь «киотских» лесов по всему алтайскому региону возросла с 4,1 в млн га в 1990г. до 7,2 млн га в 2010г. Она включает площадь управляемых лесов по представляемой Российской Федерацией отчетности в РКИК ООН за минусом площадей, занимаемых кустарниками.

Поглощение CO₂ биомассой увеличилось за период с 1990 по 2010гг с 8,3 до 12,2 млн.т CO₂. Потери при рубках имели явную тенденцию к сокращению с 3,4 до 1,8 млн т CO₂ в этот же период времени. Эмиссии углерода от лесных пожаров оставались более или менее стабильными в среднем около 1,4 млн т CO₂ в год.

Согласно полученным данным, нетто-поглощение CO₂ лесами региона в пуле «киотские леса» возросло с 4,5 млн т CO₂ в 1990 г. до 9,2 млн т CO₂

в 2010 году, а в пуле «лесные экосистемы» возросло с 4,6 до 11,1 млн т CO₂ соответственно.

Суммарно за период действия Киотского протокола с 2008 по 2010 гг. нетто-поглощение CO₂ в лесах составило 24,8 млн т CO₂ в пуле «киотские леса», т.е. в среднем около 8,3 млн т CO₂ в год.

При нынешней динамике, суммарно за период действия Киотского протокола в 2008–2012 гг. леса региона могут поглотить свыше 41,5 млн т CO₂.

Ниже приводятся сводные более подробные данные о поглощении и эмиссиях CO₂ лесами Алтайского региона, а также пояснения к терминам и определениям (табл. 3.1 и 3.2).

Сводные данные о выбросах и поглощении CO₂ лесами Алтайского региона

Характеристика	Единицы	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Площадь	Га	4 160 000	4 969 300	6 083 400	6 209 600	6 236 700	6 242 100	6 349 500	7 189 700	7 200 700
Поглощение углерода экосистемой	т CO ₂ -эквивалент/ год	11 048 307	11 761 277	13 597 008	13 141 304	12 958 512	13 000 796	13 039 695	15 256 335	15 361 270
Потери углерода при рубках экосистемой	т CO ₂ -эквивалент/ год	-4 647 203	-5 183 317	-5 102 035	-3 097 071	-2 670 758	-2 869 789	-2 827 818	-2 560 991	-2 444 261
Потери углерода при пожарах экосистемой	т CO ₂ -эквивалент/ год	-521 345	-1 767 251	-3 611 368	-2 638 488	-2 361 044	-2 251 280	-2 044 647	-1 999 537	-1 775 352
Бюджет углерода по экосистеме	т CO₂-эквивалент/ год	5 879 759	4 810 709	4 883 605	7 405 744	7 926 710	7 879 727	8 167 229	10 695 807	11 141 657
Поглощение углерода биомассой	т CO ₂ -эквивалент/ год	8 314 172	9 060 457	10 597 359	10 283 370	10 231 841	10 279 095	10 289 239	12 202 174	12 234 523
Потери углерода при рубках биомассой	т CO ₂ -эквивалент/ год	-3 410 632	-3 833 891	-3 812 135	-2 300 264	-1 974 022	-2 114 594	-2 085 314	-1 904 662	-1 821 015
Потери углерода при пожарах биомассой	т CO ₂ -эквивалент/ год	-363 915	-1 239 537	-2 514 916	-1 856 597	-1 661 836	-1 577 477	-1 435 144	-1 409 345	-1 253 650
Бюджет углерода по биомассе	т CO₂-эквивалент/ год	4 539 625	3 987 028	4 270 308	6 126 509	6 595 983	6 587 024	6 768 780	8 888 167	9 159 859

Ниже приводятся термины и определения, используемые в таблице.

Термины и определения

Объект	Пояснения
<i>Отчетные характеристики</i>	
Площадь	Площадь насаждений данной породы; группы пород; всех управляемых лесов региона, включая кустарники; управляемых лесов региона без кустарников
Запас углерода (С) биомассы	Углерод биомассы древостоя, включая надземную и подземную части
Запас С экосистемы	Углерод лесной экосистемы (сумма углерода биомассы, мертвой древесины, подстилки, почвы, 4-х пулов МГЭИК)
Поглощение С биомассой	Поглощение углерода пулом биомассы
Поглощение С экосистемой	Поглощение углерода всеми пулами лесной экосистемы
Потери С при рубках биомассой	Потери углерода пулом биомассы при рубках (включают вывоз древесины и послерубочное разложение порубочных остатков)
Потери С при рубках экосистемой	Потери углерода лесной экосистемой при рубках (включают вывоз древесины и послерубочное разложение либо сжигание порубочных остатков, подстилки, органогенного горизонта почвы)
Потери С при пожарах биомассой	Потери углерода пулом биомассы при пожарах (включают прямые пожарные эмиссии и послепожарное разложение погибших деревьев)
Потери С при пожарах экосистемой	Потери углерода лесной экосистемой при рубках (включают прямые пожарные эмиссии и послепожарное разложение мертвого органического вещества)
Бюджет С по биомассе	Сумма поглощения и потерь углерода пулом биомассы
Бюджет С по экосистеме	Сумма поглощения и потерь углерода всей лесной экосистемой
<i>Объекты</i>	
Сосна	Сумма насаждений с доминированием сосны
Хвойные	Сумма сосны, ели, пихты, лиственницы, кедра
Твердолиственные	Сумма дуба высокоствольного, дуба низкоствольного, каменной березы и прочих твердолиственных
Мягколиственные	Сумма березы, осины и прочих мягколиственных
Управляемые леса	Площадь покрытых лесом земель региона за исключением резервных лесов, лесов на землях ООПТ и обороны.
Киотские леса	Управляемые леса минус кустарники.
<i>Знаки</i>	Поглощение имеет знак «плюс», потери и эмиссии — знак «минус».

3.3. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛЕСОВ

Функция депонирования углерода и эмиссии CO₂ в лесном секторе оценивалась с помощью модели CBM-CFS3, адаптированной к проведению расчетов по лесам России¹. Эта модель соответствует требованиям МГЭИК². Первый опыт использования модели состоялся в Канаде, где она была использована для оценки и прогноза углеродного бюджета лесов в целом³ и отдельных провинций^{4,5}. Полученные

с помощью модели оценки используются для формирования канадской отчетности по РКИК и принятия решений по управлению углеродным бюджетом национальных лесов.

Программный комплекс — Модель CBM-CFS3 представляет собой пользовательский интерфейс, программное обеспечение и руководство⁶ доступно на веб-сайте Лесной службы Канады при условии бесплатной регистрации. Моделирование динамики фитомассы основывается на данных по ходу роста объемных запасов деловой древесины. Для перевода запасов древесины в надземные фракции фитомассы используются зависимые от возраста регрессионные уравнения. Подземные компоненты фитомассы (тонкие и крупные корни) рассчитываются через надземную фитомассу по эмпирическим уравнениям, по-

¹ В данном разделе использованы материалы ЦЭПЛ РАН и Д. Г. Замолдчиковым.

² Kurz W.A., Dymond C.C., White T., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G., Smyth C., Simpson B.N., Neilson E.T., Trofymow J.A., Metsaranta J., Apps M.J. CBM-CFS3: a model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. Ecological Modelling. 2009. V. 220. No 4. P. 480–504.

³ Kurtz W., Apps M. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector // Ecological Applications. 1999. V.9. № 2. P. 526–547.

⁴ Banfield G.E., Bhatti J.S., Jiang H., Apps M.J. Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from west-central Alberta // Forest Ecology and Management. 2002. V. 169. P. 15–27.

⁵ Price D.T., Halliwell D.H., Apps M.J., Kurz W.A., Curry S.R. Comprehensive assessment of carbon stocks and fluxes in a Boreal-

Cordilleran forest-management unit // Can. J. For. Res. 1997. V. 27. P. 2005–2016.

⁶ Kull S., Kurz W.A., Rampley G., Banfield G.E., Schivatcheva R.K., Apps M.J. Operational-scale carbon budget model of the Canadian forest sector (CBM-CFS3) version 1.0: user's guide. Edmonton: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2006. 320 p.

лученным на основе литературных данных по бореальным лесам. С помощью набора коэффициентов, специфичных к породе и экоклиматической зоне, вычисляются годовые величины отпада древесины, отпада листвы, хвои и корней. Процессы разложения характеризуются через период полураспада, являющегося функцией среднегодовой температуры, древесной породы и возраста насаждения. Текущая величина данного пула мертвого органического вещества рассчитывается как сумма запасов растительных остатков различной степени разложения, отпавших либо опавших в предыдущие годы развития лесного насаждения. Пул гумуса почвы пополняется из других пулов мертвого органического вещества. Для оценки стартовых величин пулов мертвого органического вещества используется процедура инициализации модели, состоящая в ретроспективных расчетах динамики запасов этих пулов. Модель дает возможность прогноза углеродного бюджета лесов по различным сценариям управляющих и нарушающих воздействий (сплошные и промежуточные рубки, лесные пожары и т. д.). Процедуры формирования массивов исходных данных и приемы работы с интерфейсом модели CBM-CFS3 детально охарактеризованы в руководстве¹.

Исходными данными для расчетов по Алтайскому региону была лесоустроительная информация и материалы государственного учета лесного фонда (ГУЛФ).

Элементарным пространственным объектом в модели CBM-CFS3 является учетная единица, соответствующая совокупности лесных насаждений со сходными свойствами. Такой подход к идентификации учетных единиц облегчает стыковку модели CBM-CFS3 с базой данных (БД) ГУЛФ, записи которой идентифицируются по кодам субъектов РФ (лесхозов), преобладающих древесных пород, возрастам

¹ Kull S., Kurz W.A., Rampley G., Banfield G.E., Schivatcheva R.K., Apps M.J. Operational-scale carbon budget model of the Canadian forest sector (CBM-CFS3) version 1.0: user's guide. Edmonton: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2006. 320 p.

рубки (спелости) и некоторым другим параметрам. Коды преобладающих пород по БД ГУЛФ были сопоставлены с биологическими родами древесных пород из списка CBM-CFS3, совпадающими, т.к. находятся в бореальном поясе. Лесхозы предварительно классифицировали по принадлежности к субъектам РФ и лесным районам². В набор классификаторов также включили «возраст рубки (спелости)». Таким образом, в нашем исследовании учетная единица представлена совокупностью лесных насаждений данной преобладающей породы с определенным возрастом рубки в пределах полигона, образованного пересечением границ субъектов РФ и лесных районов.

В БД ГУЛФ используются группы возраста характеризующие возрастную структуру лесных насаждений (молодняки 1 и 2 классов возраста, средневозрастные, приспевающие, спелые, перестойные). Интервалы возрастов, используемые при отнесении лесного насаждения к конкретной группе, задаются возрастом рубки (спелости). При этом различные группы возраста могут иметь разную продолжительность. Модель CBM-CFS3 оперирует с равными по продолжительности классами возраста. Для перехода от групп к классам возраста сотрудниками Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, адаптировавшим Модель CBM-CFS3 была разработана процедура предварительной обработки БД ГУЛФ. Сначала с учетом возраста рубки (спелости) находили зависимости хода роста средних запасов от возраста лесных насаждений, затем эти зависимости использовали для распределения общих запасов в группах возраста по составляющим классам. Более подробно процедуры предварительной обработки БД ГУЛФ и формирования массивов исходной информации CBM-CFS3 охарактеризованы в следующем разделе настоящего отчета.

² Приказ Минсельхоза РФ от 04.02.2009 N 37 «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.04.2009 N 13764).

Анализ и выбор сценариев изменений климата МГЭИК, наиболее адекватных для территории России

Особенностью современного климата является глобальное потепление, которое в настоящее время подтверждается данными метеорологических наблюдений. Основной научной концепцией данного факта является гипотеза антропогенного воздействия — повышение температуры воздуха в связи с увеличением в атмосфере парниковых газов (ПГ). Эти явления достаточно хорошо объясняет разработанная в настоящее время теория, описывающая зависимость термического режима планеты от интенсивности парникового эффекта.

Климатический прогноз строится на основе этой концепции. В рамках самой концепции глобального потепления существует довольно много неопределенностей. Во-первых, они связаны с тем, как прогно-

зируется будущее состояние концентрации парниковых газов. Оно должно основываться на прогнозе состояния экономики, демографического уровня, должно учитывать прогресс в области создания новых материалов, развития новых источников энергии, разведывания новых запасов углеродного сырья. Это представляет крайне сложную задачу, фактически не имеющую решения. Однако признаки нарастающих изменений климата вызвали увеличение количества исследований в данном направлении.

Для решения проблем, связанных с потеплением климата была совместно учреждена Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) и Программой Организации Объ-

диненных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) для подготовки оценки научной, технической и социально-экономической информации, связанной с пониманием риска антропогенного изменения климата. Анализ моделей и сценариев изменения климата, в частности, и в результате парникового эффекта, является одной из задач данной организации.

Специальный доклад, посвященный сценариям выбросов (СДСВ)¹ был опубликован МГЭИК в марте 2000 г. Сценарии СДСВ включают широкий диапазон основных определяющих факторов будущих выбросов — от демографических до технологических и экономических событий. Сценарии СДСВ включают ряд выбросов всех соответствующих разновидностей газов с парниковым эффектом (ПГ) и серы, а также их определяющие факторы. В нем были предложены несколько сюжетных линий будущего развития мира.

Если предполагается доминирование развития экономики в ущерб природоохранным мероприятиям, то такие сценарии обозначены буквой «А», если же наоборот — то «В». Цифра «1» используется в случае подчинения региональных интересов общепланетарным целям, в противном случае используется цифра «2». Наиболее жестким из перечисленных является сценарий А2, в котором мир будущего представляется разобщенным, в котором каждая страна и каждый регион заботится только о себе, без какой-либо общей концепции. Происходит рост народонаселения планеты. Экономическое развитие в основном регионально ориентировано, и технологические изменения предполагаются менее эффективными, чем в других сценариях. В1, наоборот, является мягким сценарием, в котором мир представляется ориентированным на устойчивое развитие, разработку и внедрение новых чистых технологий, вносящих минимальные возмущения в окружающую среду. Существуют и некоторые модификации рассмотренных случаев. Так, сценарий А1В предполагает в рамках сценария А1 (быстрый экономический рост, внедрение новых технологий, снижение темпов роста и постепенное уменьшение народонаселения, сближение регионов) сбалансированное использование всех видов топлива².

Основываясь на результатах моделирования, неоднократно анализировались изменения климатических условий. Оценка состояния климатических ресурсов для России в настоящее время была проведена различными авторами³. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды представила в 2005 году официальный доку-

мент, содержащий прогноз изменений климата Российской Федерации⁴ и в 2008 году⁵.

Вышеуказанные работы подробно исследовали возможности применения данных моделирования и их согласованности с наблюдаемыми величинами. Проведена оценка качества современных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Качество определяется возможностью модели воспроизводить современный климат, различные состояния климатической системы, наблюдавшиеся в далеком прошлом (когда внешние воздействия сильно отличались от современных). Модели, которые наиболее четко отражают современное состояние климата, могут использоваться для решения прогностических задач, полученные с их помощью оценки будущего изменения климата в результате реализации того или иного сценария внешнего воздействия заслуживают доверия. Всесторонняя оценка МОЦАО требует очень больших усилий от коллектива разработчиков модели, который, как правило, оказывается в состоянии контролировать поведение модели лишь в ограниченном числе наиболее важных аспектов. В этом смысле чрезвычайно облегчает дело международная кооперация в виде проектов сравнения моделей. Исследованию разных аспектов моделирования климата, особенностей и систематических ошибок МОЦАО и их компонентов посвящены многочисленные международные проекты сравнения моделей и действующие в рамках этих проектов диагностические и экспериментальные подпроекты, создающие обширную основу для объективного сопоставления и оценки качества современных моделей. Наиболее известным международным проектом сравнения моделей на сегодняшний день является проект сравнения объединенных моделей атмосферы и океана (СМIP). В настоящее время большое распространение получил ансамблевый подход. Параллельные расчеты с одной или несколькими моделями при одинаковом внешнем воздействии принято называть ансамблевыми. Ансамбли, составленные из расчетов с одной и той же моделью, но при разных начальных условиях, характеризуют неопределенность, обусловленную собственной климатической изменчивостью данной модели. Мультимодельные ансамбли, составленные из расчетов с независимыми моделями, характеризуют неопределенность, обусловленную межмодельными различиями. Наиболее высокую успешность при сравнении с данными наблюдений, как правило, показывает результат осреднения по мультимодельному ансамблю. Это связано с тем, что систематические ошибки, присущие каждой модели в отдельности, часто являются случайными по отношению к ансамблю моделей и при осреднении взаимно компенсируются. С другой сто-

¹ Сценарии выбросов (включая резюме для лиц, определяющих политику). Резюме для лиц, определяющих политику. Специальный доклад рабочей группы III МГЭИК, 2000 г. 21 с.

² Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы по изменению климата / Ред. Пачаури Р.К., Райзингер А. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.

³ Кислов А.В. и др. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-европейской равнины в условиях потепления XXI века, М., Макс-Пресс, 2008, 290 с.

⁴ Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2005. 28 с.

⁵ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М., 2008. 89 с.

роны, поскольку климатической системе присуща собственная изменчивость, соответствующая часть неопределенности оценок будущих изменений этой системы не может быть устранена только усовершенствованием моделей.

Для написания Четвертого оценочного доклада МГЭИК было привлечено беспрецедентное по своим масштабам и количеству ученых — участников этого проекта по анализу расчетов климата с помощью МОЦАО нового поколения (СМIP3). Основу проекта составили расчеты климата века при заданных в соответствии с данными наблюдений концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также три сценарных расчета климата XXI века (для трех сценариев антропогенного воздействия на глобальный климат — A2, A1B и B1 в соответствии с номенклатурой МГЭИК). По сравнению с предыдущим поколением МОЦАО произошло их улучшение как класса моделей, обусловленное не только увеличением пространственного разрешения, усовершенствованием используемых вычислительных методов и параметров, но и включением рядом моделей описаний дополнительных климатически значимых процессов. При этом произошли улучшения в воспроизведении современного климата во многих аспектах. Существенный прогресс достигнут в понимании межмодельных различий чувствительности климата. Развитие ансамблевого подхода неразрывно связано с разработкой системы количественных показателей совокупного качества климатических моделей. Пример оценки совокупного качества моделей приводится на рис. 3.3. Крайнюю слева позицию занимает “средняя” по ансамблю модель, имеющая наименьшую ошибку. Это означает, что систематические

ошибки отдельных МОЦАО являются случайными по отношению к ансамблю моделей.

Оценочный доклад Росгидромета представляет подробный анализ ансамблевого подхода на результаты моделирования современного состояния климатических условий на территории Российской Федерации. Кроме того, подробно обсуждаются результаты моделирования изменения климата в XXI веке.

Данная работа проводилась в рамках разработки методических подходов, для прогнозных расчетов углеродного бюджета лесов с учетом влияния климатических изменений. В целях возможности использования прогнозных модельных данных различных метеорологических параметров для XXI века, используемых для расчетов углеродного бюджета был проведен анализ результатов нескольких моделей. Выбор моделей опирался на оценки «ансамблевого подхода», описанного выше и иллюстрируемого рис. 3.2. Ошибки отдельных переменных для каждой модели нормированы на соответствующие ошибки, вычисленные по ансамблю из 16 МОЦАО СМIP3 и суммированные по четырем указанным переменным — совокупный индекс качества моделей. Все модели ранжированы в порядке увеличения индекса (уменьшения качества) моделей. При вычислении среднеквадратических ошибок использованы климатические данные о приземной температуре воздуха, температуре поверхности океанов, осадках и давлении на уровне моря в Северном полушарии за период 1980–1999 гг.¹

¹ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М., 2008. 89 с.

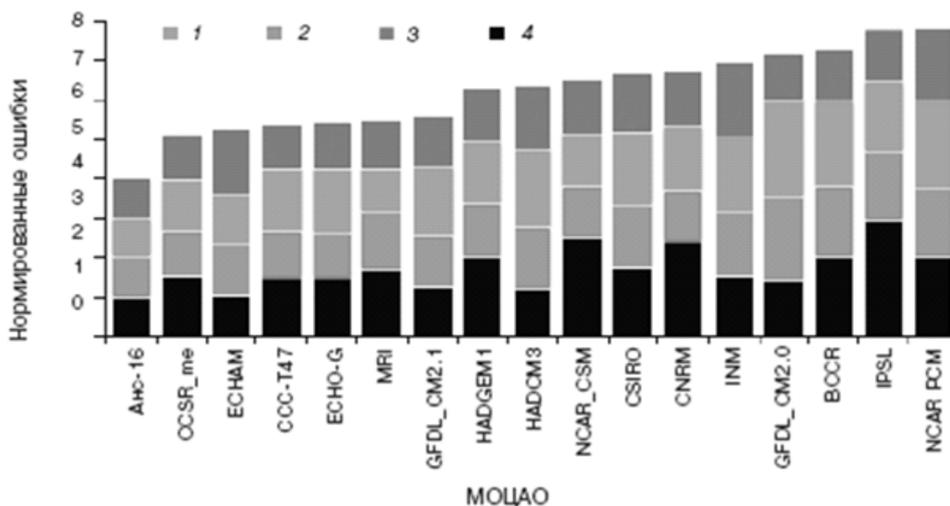


Рис. 3.2. Средние за год среднеквадратические ошибки температуры приземного воздуха на континентах (1), температуры воды поверхности океанов (2), осадков (3) и давления на уровне моря (4), рассчитанные по 17 МОЦАО в Северном полушарии для периода 1980–1999 гг.

Были выбраны пять наиболее известных и используемых моделей из семнадцати приведенных, средние статистические ошибки которых были с нашей точки зрения незначительными как для данных по температуре воздуха, так и для осадков (табл. 7).

Использовались модели с близким разрешением. Кроме того, учитывалось наличие результатов моделирования по выбранным сценариям антропогенных выбросов. Рассматривались данные по трем общепринятым сценариям антропогенного воздействия на глобальный климат — A2, A1B и B1 в соответствии

с номенклатурой МГЭИК. Результаты моделирования были использованы для среднемесячных значений температуры воздуха и сумм осадков за период, принятый как период климатических норм 1931–1960, и тридцатилетние периоды XXI века 2010–2039 гг., 2040–2069 гг., 2070–2099 гг.

В сценариях предложены несколько сюжетных линий будущего развития мира. Сценарии антропогенного воздействия на глобальный климат включают широкий диапазон основных определяющих факторов будущих выбросов — от демографических до технологических и экономических событий (рис. 3.3).

Результаты моделирования климатических условий с учетом различных сценариев представлены на веб-сайте МГЭИК¹. С этого веб-сайта делались

выборки данных моделирования, которые использовались в дальнейших анализах и расчетах. Модельные данные климатического периода 1931–1960 гг. (климатические нормы — КН) использовались для тестирования выбранных моделей для целей подготовки климатических данных в модели расчета углеродного бюджета.

Моделирование углеродного бюджета проводится по условным пространственным единицам (ПРЕ), включающим в себя пересечения административных и лесных районов. Полученные данные методом ГИС-технологий усреднялись для этих пространственных единиц. Модельные средние значения КН температуры воздуха по ПРЕ сравнивались с КН по данным наблюдений, чтобы оценить возможность применения модельных прогнозных результатов.

¹ <http://www.ipcc-data.org>.

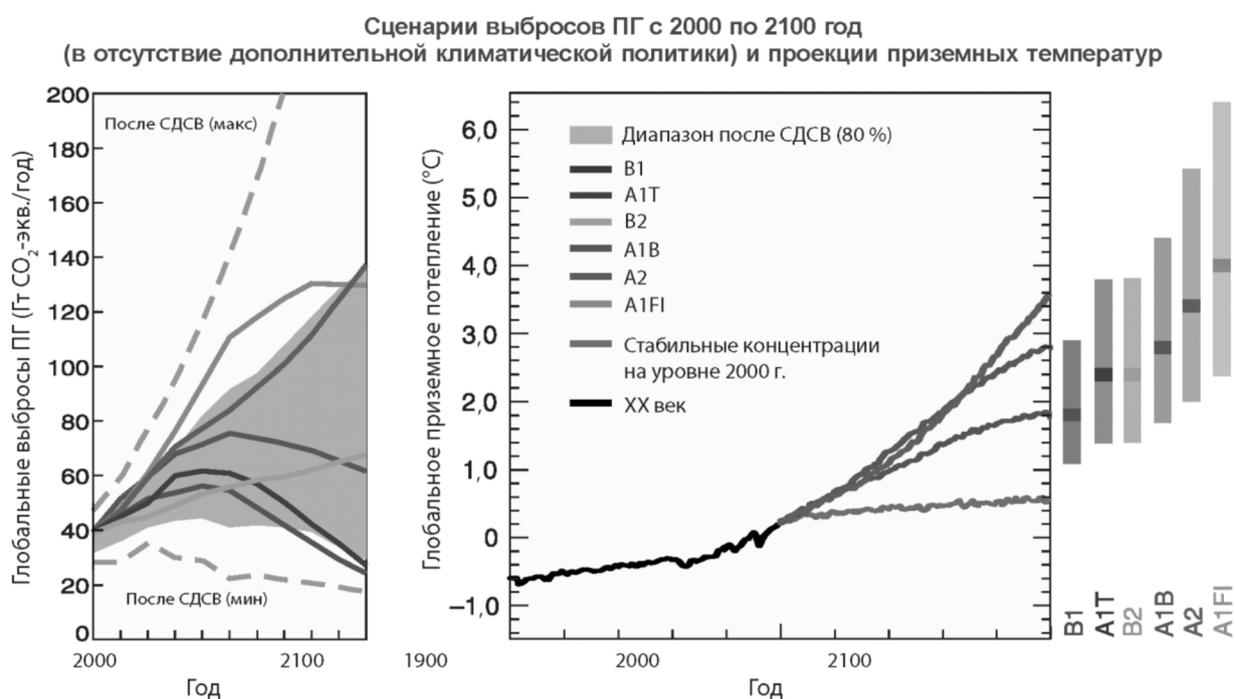


Рис. 3.3. Сценарии выбросов парниковых газов МГЭИК (по²)

² Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп i, ii и iii в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы по изменению климата / ред. Пачаури Р. К., Райзингер А. Женева: МГЭИК, 2007. 104 С.

Используемые модели недостаточно удовлетворительно воспроизводят средние годовые температуры, что видно из рис. 3.4. Отмечается большой разброс ошибок по всей территории России по всем моделям. Особенно значительные отклонения наблюдаются в восточных районах России, в северных и центральных районах Европейской части и южных районах Западной Сибири ошибки меньше, но тоже могут достигать 5°C. При этом в южных районах модели занижают значения температуры, а в северных и восточных районах дают более высокие значения.

Для средних годовых температур отмечаются значительные ошибки в модельных данных по отношению к климатическим нормам по данным наблюдений, в работе рассмотрены возможные изменения средней температуры воздуха и годовых сумм осад-

ков по ансамблю трех моделей для XXI века при трех сценариях антропогенных воздействий на климат.

Карты изменений средних годовых температур представлены на рис. 3.5 для трех периодов XXI века — периода 2010–2039 гг. (а), 2040–2069 гг. (б), 2070–2099 гг. (в) и при трех различных сценариях антропогенного воздействия. Средние годовые температуры в начале века претерпят изменения на достаточно большой территории России, особенно на юге и в восточных регионах по данным с учетом всех сценариев, при этом по наиболее жесткому сценарию температуры повысятся в большинстве регионов России. Уже к середине века средняя годовая температура воздуха увеличится, практически, на всей территории, а к концу века увеличение температуры может достигнуть 6°C по отношению к современным данным.

Для территории России характер распределения изменения осадков представлен на рис. 3.6. Годовое количество осадков уже с начала века будет увеличиваться по отношению к климатическим нормам прежнего периода (1931–1960 гг.) на всей территории России, особенно, в ее восточных регионах. Такие результаты дают все рассматриваемые сценарии.

Увеличение осадков достигнет 40% относительно современных данных. Из литературных источников¹ следует, что увеличение в целом произойдет за счет зимних осадков.

¹ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М., 2008. 89 с.

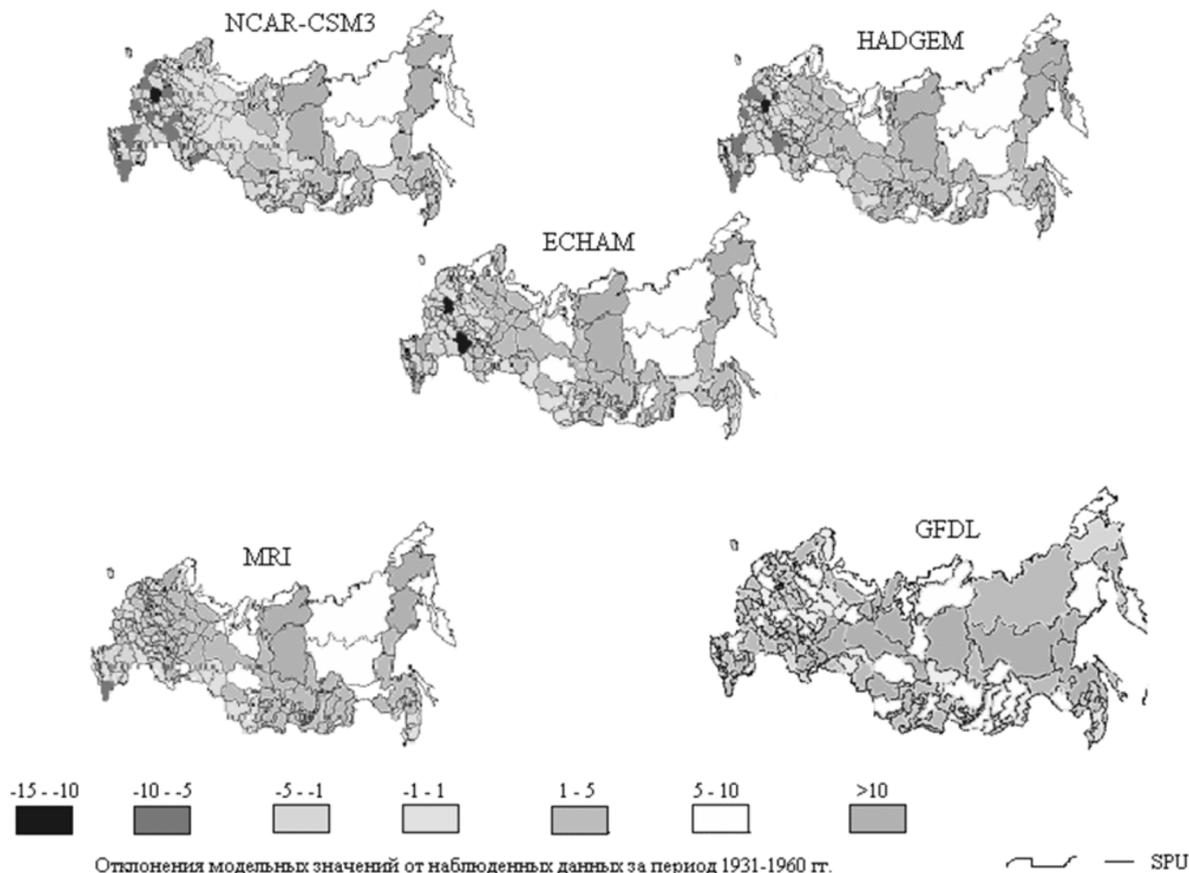


Рис. 3.4. Ошибки моделей СМIP3 при воспроизводстве полей средних годовых температур воздуха

Исследования некоторых авторов^{2,3} показывают, что применение ансамблей моделей приводит к лучшим результатам, и выбор моделей или их ансамблей должен подбираться под определенные задачи и учитывать, что модели по-разному воссоздают климатические данные в различные сезоны года.

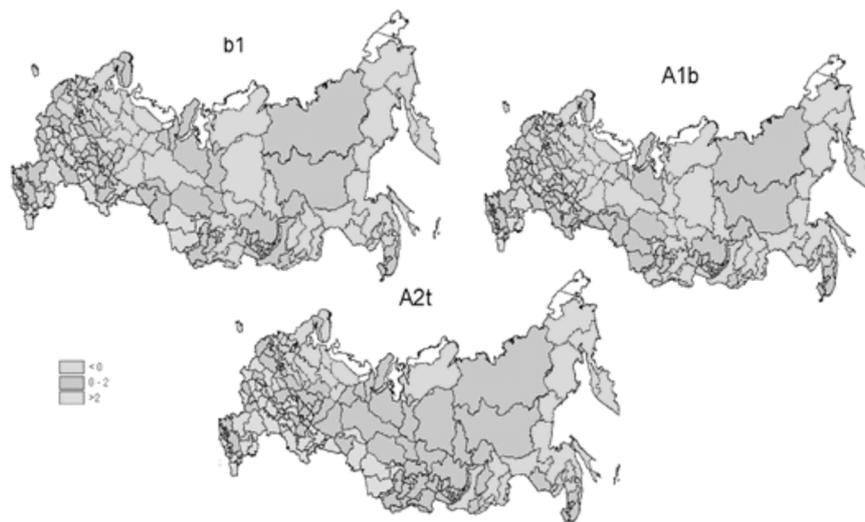
При воссоздании характеристик теплого периода года со средними суточными температурами выше

² Кислов А.В. и др. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-европейской равнины в условиях потепления XXI века, М., Макс-Пресс, 2008, 290 с.

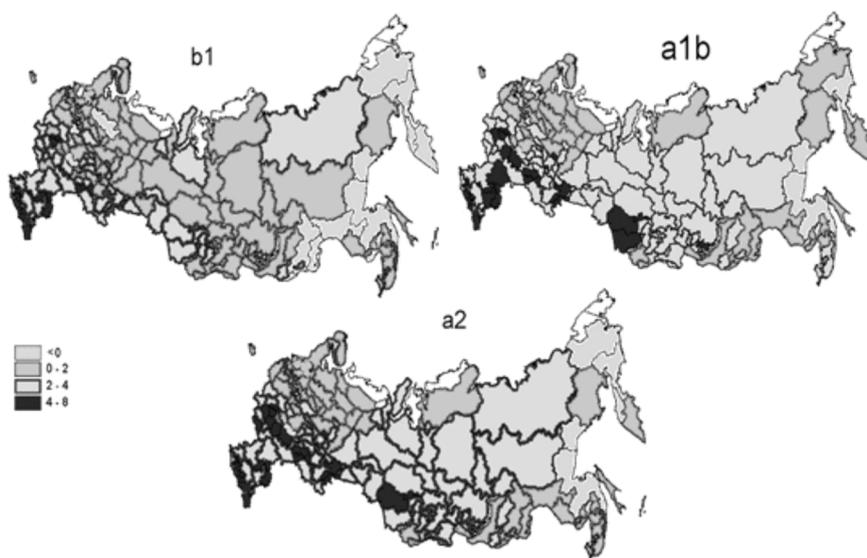
³ Торопов П.А. Оценка качества воспроизведения моделями общей циркуляции атмосферы климата Восточно-Европейской равнины // Метеорология и гидрология, № 5, 2005, с. 5–21.

55°C (вегетационного периода) анализ ошибок показал достаточно неплохие результаты по трем моделям. Были получены численные сценарии изменения годовых температур воздуха и осадков по выбранному ансамблю моделей для каждой из пространственных единиц. Эти сценарии в дальнейшем были использованы: 1) для определения модификаций хода роста лесных насаждений России при климатических изменениях; 2) оценки изменений условий пожароопасного сезона; 3) прямого ввода в модель СВМ-CFS3 при прогнозных расчетах. С помощью перечисленных операций был обеспечен учет влияния климата при получении прогнозов углеродного бюджета управляемых лесов на уровне региона.

а) 2010–2039 гг.



б) 2070–2099 гг.



в) 2070–2099 гг.

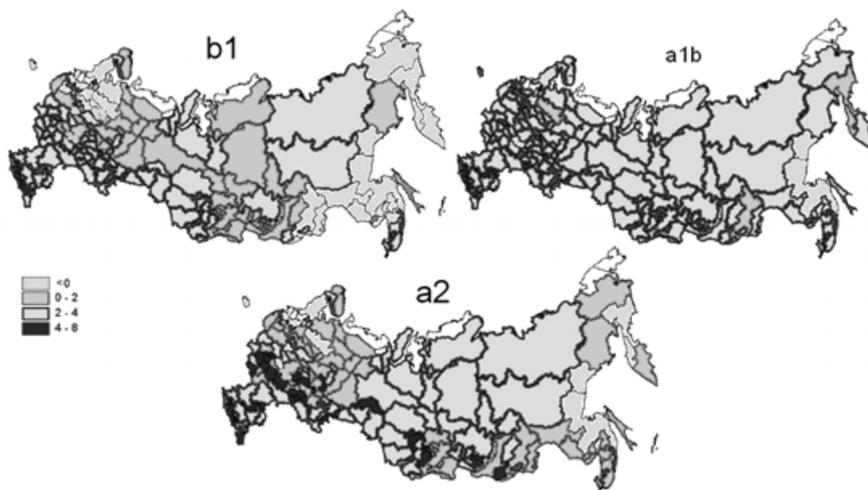
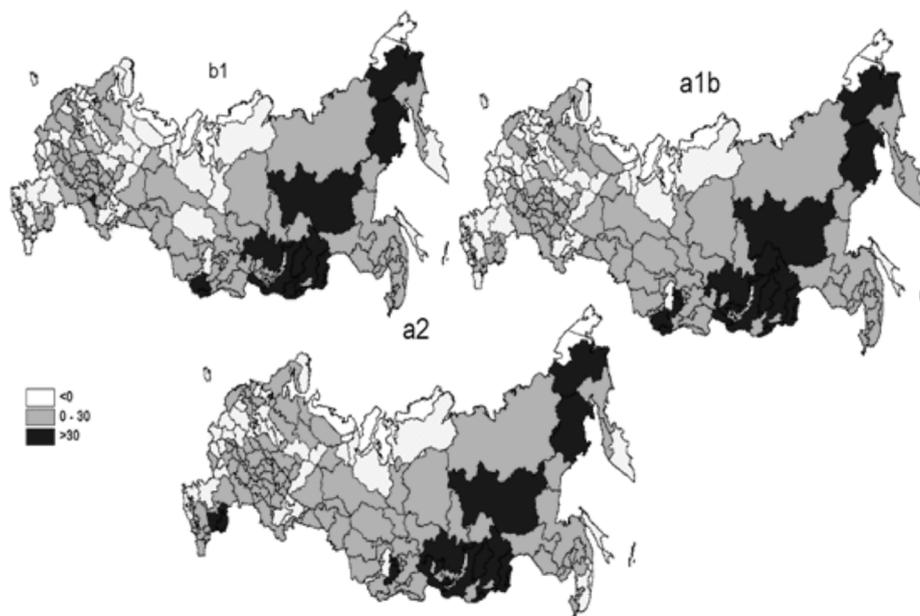
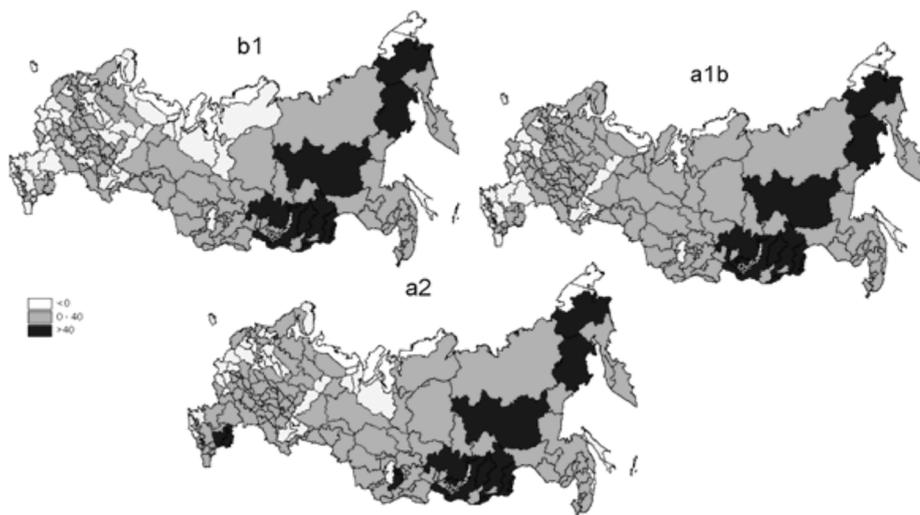


Рис. 3.5. Изменение средних годовых температур (°С) по отношению к современному климату, (b1 — мягкий, a1b — средний, a2 — жесткий сценарии)

а) 2010–2039 гг.



б) 2040–2069



в) 2070–2099

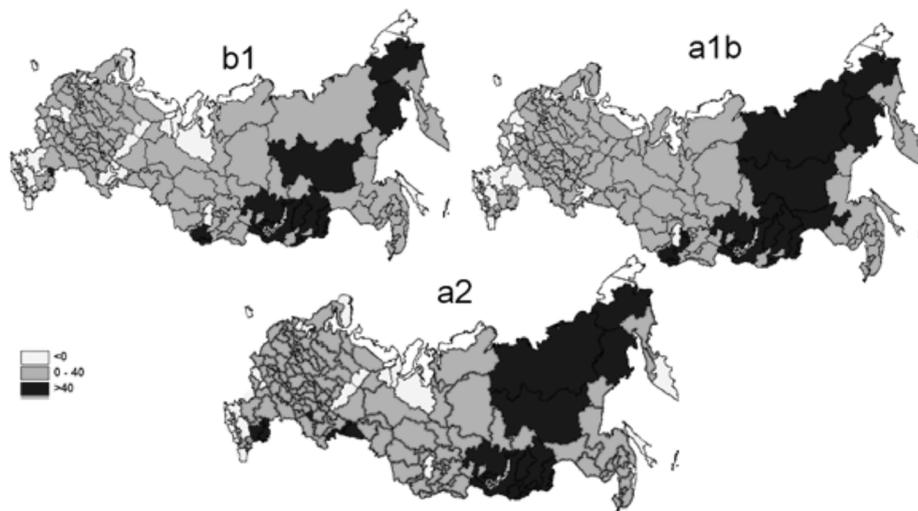


Рис. 3.6. Изменение годовых сумм осадков (%) по отношению к современному на территории России (b1 — мягкий, a1b — средний, a2 — жесткий сценарии)

Ход роста лесных насаждений и процессы разложения мертвого органического вещества с учетом влияния изменений климата

При прогнозировании изменений хода роста лесных насаждений использовались три климатических сценария. Это жесткий (A2), средний (A1B) и мягкий (B1) сценарии развития климатических событий. Для прогнозных расчетов использовались данные ожидаемых изменений климата (среднегодовых температур и суммарного количества осадков) в ближайшей перспективе. А именно, использовались прогнозные данные по возможному изменению климата для 2025 года.

Таблицы хода роста являются основой любой модели динамики лесного фонда. Это таблицы, отражающие скорость роста древостоев. Наша задача заключалась в изменении таблиц хода роста в соответствии с изменениями климатических сценариев. Такие изменения отражают зависимость динамики биомассы лесов от климатических изменений.

Необходимо напомнить общую структуру данных, прежде чем приступить к описанию процедуры обновления таблиц хода роста. Неделимой единицей анализа в моделях динамики лесного фонда является совокупность лесных насаждений данной преобладающей породы, привязанная к пространственной единице. Пространственных единиц по всей России

выделено 160 и представляют они собой пересечения границ субъектов РФ и лесных районов. Каждая пространственная единица (ПРЕ) включает древостой, образованные одной или несколькими группами пород. Таблица хода роста описывает рост определенной группы пород в конкретной ПРЕ.

В соответствии с выбранными сценариями изменений климата производилась подготовка обновлений для таблиц хода роста. На первом этапе были построены графики зависимости объема деловой древесины спелых и перестойных возрастов лесных насаждений от текущих значений показателей климата. То есть были получены графики зависимости объема деловой древесины от среднегодовой температуры и количества осадков. Такие зависимости были получены по трем группам пород: лиственным, хвойным без лиственницы и лиственницы.

Для всех случаев были построены регрессионные уравнения. Оказалось, что наилучшим образом искомые зависимости описываются для температур полиномом второй степени (рис. 3.7), а для осадков – линейной функцией (рис. 3.8).

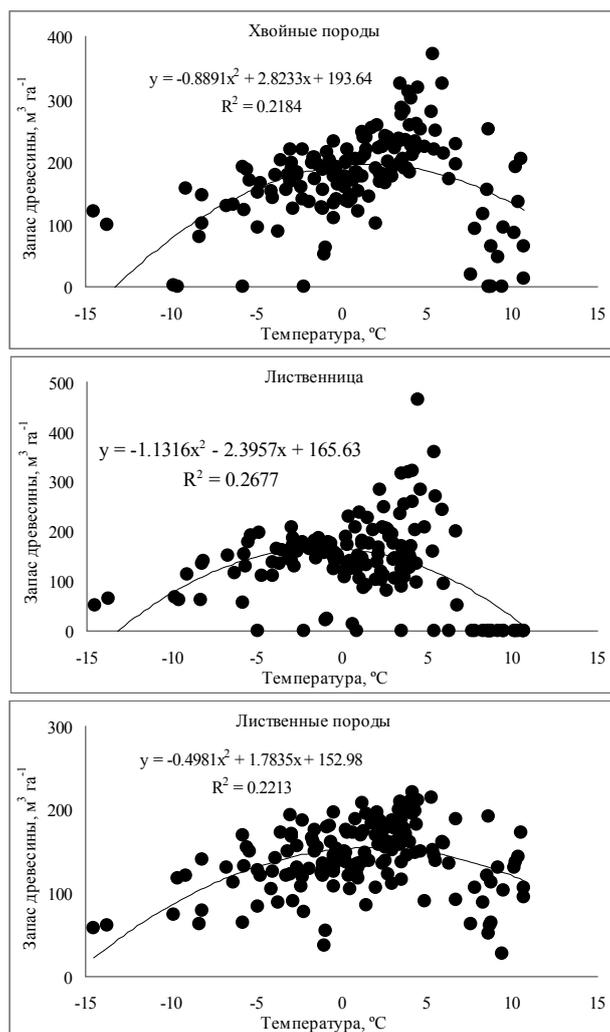


Рис. 3.7. Зависимости запасов деловой древесины (м³/га) от среднегодовых температур (°C) для трех групп пород

Величина достоверности аппроксимации (R^2) в зависимости запаса от среднегодовых температур для разных групп пород составляет величину большую 0.218 и выше, что показано на рис. 3.7 и 3.8. В то же время, для зависимостей биомассы от среднегодового количества осадков показатель достоверности связи значительно ниже ($R^2 < 0.117$), что свидетельствует о незначительной связи биомассы спелого леса со среднегодовым количеством осадков. Поэтому в дальнейшем анализе эффекта климата на показатели скорости роста древостоя (таблиц хода роста) используется только показатель среднегодовой температуры.

Следующий этап подготовки данных был расчет теоретических значений показателей запаса для выбран-

ных групп пород с использованием найденных функциональных зависимостей запаса от среднегодовых температур. Такие зависимости были построены для текущего климата, а также для каждого из трех сценариев изменения климата. Из прогнозных значений среднегодовых температур использовались среднегодовые температуры на 2025 г. Этот срок оптимальным образом характеризует изменение климата, ожидаемое в течение прогнозного периода (2010–2050 гг.).

Далее расчетные данные были сведены в таблицу, в которой в строках были представлены все ПРЕ, а в столбцах расчетные показатели запаса спелых и перестойных по трем группам пород для каждого из четырех сценариев развития климатических событий (включая климат «без изменений»).

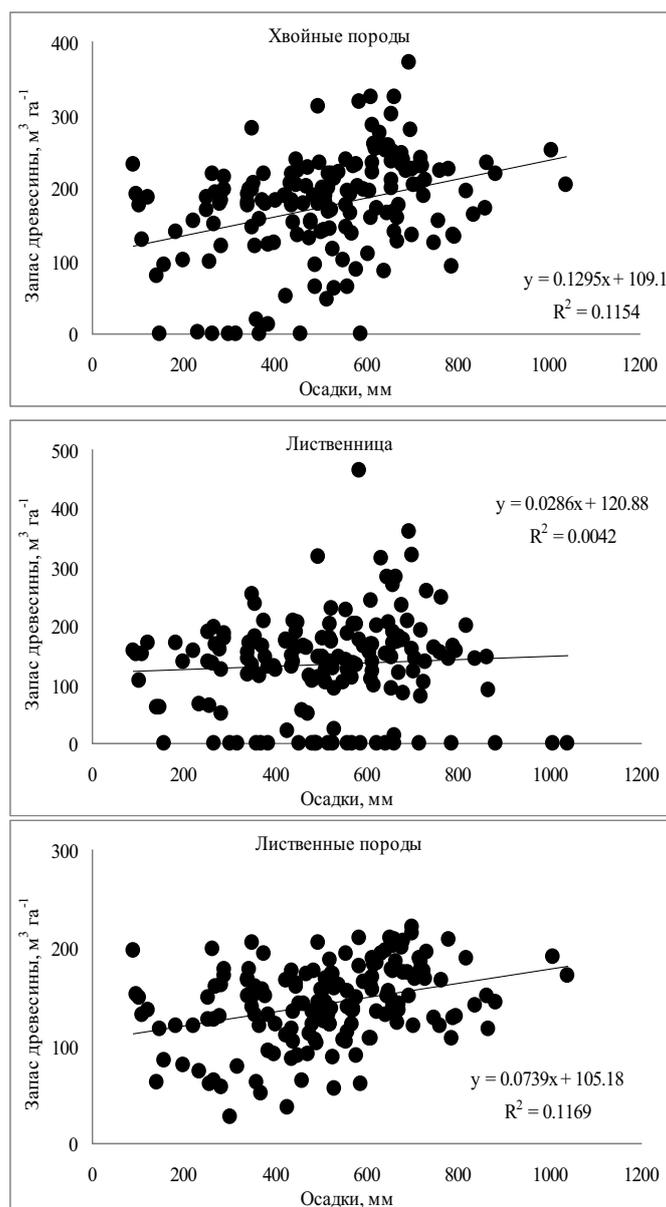


Рис. 3.8. Зависимости запасов деловой древесины ($\text{м}^3/\text{га}$) от среднегодового количества осадков ($\text{мм}/\text{год}$) для трех групп пород

Следующим этапом были оценены разности расчетных значений запасов для текущего климата и для каждого из трех сценариев на 2025 г. Эти разности были добавлены к эмпирическим (полученным из

базы данных ГУЛФ) значениям запасов спелых и перестойных и таким образом внесены поправки таблиц хода роста для каждого из сценариев. (Пример приведен в табл. 3.3).

Пример расчета коэффициента поправки таблицы хода роста группы хвойных пород без лиственницы для одной пространственной единицы (Алтайский Край, Район Западносибирской лесостепи).

SPU ID	Эмпирическая величина запаса спелых и перестойных ($\text{м}^3/\text{га}$)	Расчетная величина запаса для текущего климата	Расчетная величина запаса на 2025 г. по жесткому сценарию ($\text{м}^3/\text{га}^{-1}$)	Дельта	Дельта в долях	Среднегодовая температура 2025 года по текущему климату	Среднегодовая температура на 2025 год по жесткому сценарию
1	176.41	195.54	192.92	-2.62	-0.013	0.97	3.41

На рис. 3.9. показан пример исходной и измененной в соответствии с выбранным сценарием кривой хода роста. При жестком сценарии изменения климата для данного региона запас хвойных несколько снизится. Если при текущем значении среднегодовых температур запас спелых и перестойных групп возраста хвойных пород (без лиственницы) составляет $160 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$, то при повышении температуры на $3.41 - 0.97 = 2.44^\circ\text{C}$ в этом регионе к 2025 г. запас соответствующих возрастных групп хвойных составит $158 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$, что на $2 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$ меньше, чем при текущем климате. Такие поправки были в таблицы хода ро-

ста для всех ПРЕ, всех пород и всех сценариев изменения климата. Результирующие таблицы хода роста были использованы в расчетах прогнозов лесного фонда при соответствующих сценариях изменения климата по модели СВМ-CFF3.

Существенное влияние на скорости процессов разложения мертвого органического вещества (МОВ) может оказать эффект климатических изменений, что скажется на углеродном бюджете лесов. Модель бюджета углерода СВМ-CFS3 учитывает динамику пулов мертвой органики и, таким образом, требует в явной форме задания климатических сценариев.

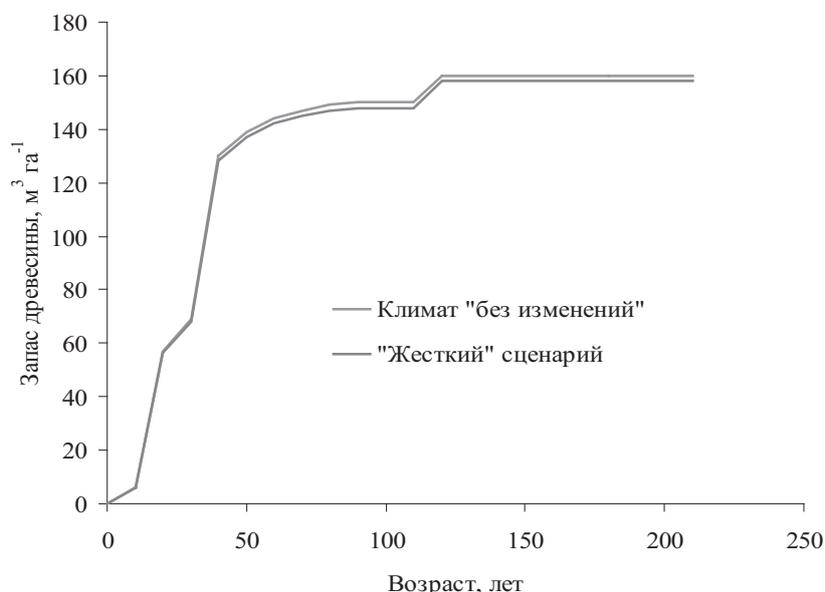


Рис. 3.9. Ход роста сосны в лесостепной зоне Алтайского края

Были рассчитаны климатические данные (среднегодовая температура и среднегодовое количество осадков) на каждый прогнозный год (прогноз до 2050 года) для учета влияния прогнозируемых изменений климата на процессы разложения мертвой органики (МОВ). Для этого были построены линейные функции изменения показателей климата, которые и были использованы для расчета показателей. В результате были построены таблицы изменения климата в каждой ПРЕ на каждый год расчетного периода. Эти та-

блицы были введены в файл импорта модели СВМ-CFS3. Таким образом, если в блоке моделирования бюджета углерода по пулу биомасс используется разное изменение таблиц хода роста для всего прогнозного периода, то в блоках моделирования мертвого органического вещества (мертвая древесина, подстилка, почва) переопределение климатических параметров происходит прямым способом для каждого года модельной имитации.

Результаты модельных оценок по Алтайскому региону

В ходе проведенного исследования были составлены долгосрочные прогнозы климатической функции лесов по Алтайскому краю и Республике Алтай с применением Канадской модели СВМ-CFS3.

Худшие результаты показала динамика изменения ситуации с поглощением/эмиссией CO_2 лесами *Алтайского края* за период исследования — 2010–2050 гг.

Поскольку бюджет углерода управляемых лесов является динамическим параметром, зависящим, в числе прочих факторов, от возрастной структуры лесных насаждений, следует рассмотреть и базовый прогноз, характеризующий углеродный бюджет лесов при отсутствии каких-либо изменений — его современная версия. Согласно этому прогнозу, поглощение углерода пулом биомассы управляемых лесов края убывает от современных 0,766 млн.т С год⁻¹ до 0,364 млн т С год⁻¹ к 2050 г.

С учетом прогнозируемого роста уровня природопользования, расширения ареала и интенсивности рубок, возрастающего количества лесных пожаров (в том числе, провоцируемым и процессом повышения наземной температуры, ветрами и сменой стабильности дождей осадков) в зоне управляемых лесов Алтайского края уже в 2017 году по сценарию В1 с минимальным воздействием на окружающую среду углеродный сток преобразуется в эмиссию CO₂.

Помимо обозначенных причин, в настоящее время происходит адаптация управляемых лесов России к текущему уровню лесозаготовок, формируется новая устойчивая возрастная структура лесов с увеличенной долей старовозрастных насаждений. Все это постепенно приводит к снижению поглощения углерода лесами и постепенному приближению к состоянию баланса по углеродному циклу. Результаты прогноза показывают, что стимулирующий по отношению к стоку углерода эффект снижения лесозаготовок уже начинает иссякать, и к 2050 г. углеродный бюджет лесов России приблизится к тем же величинам, которые имели место в конце 1980-х годов.

В 2018 году эмиссия начинает преобладать над углеродным стоком в лесах Алтайского края по сценарию А2, в 2019 — по сценарию А1В. С незначительными сменами на положительные значения в начале 2020х годов по сценарию А1В и в начале 2040х годов по сценарию А2, эмиссия диоксида углерода доминирует в лесах края в большую часть рассматриваемого времени, что, в первую очередь, связано со старовозрастностью и деградацией, увеличением нарушенности существующего лесного массива.

Сценарий А1В в конце прогнозного периода приводит к наибольшей конверсии управляемых лесов Алтайского края в источник углерода. В первой половине прогнозного периода более негативен сценарий В1. Причина такой реакции полного бюджета углерода лежит в реакции на глобальное потепление пулов мертвого органического вещества. Как отмечалось в разделе 2.3.1 настоящего отчета, для большей части территории России, включая Ал-

тайский край, прогнозируемое увеличение температуры идет на фоне увеличения количества осадков. Эти тенденции создают более благоприятные условия для разложения различных фракций мертвого органического вещества, в первую очередь, мертвой древесины и подстилки, что приводит к уменьшению размеров этих пулов и их конверсии в источник углерода для атмосферы.

В целом, с ростом средней годовой температуры воздуха на 5°С длительность пожароопасного сезона может увеличиться на 30 дней. В Алтайском крае, районе Западносибирской лесостепи, при жестком А2 сценарий изменений климата к 2025 г. будет наблюдаться увеличение среднегодовых температур для данного места с 0.97 до 3.41. Согласно сценарию А2 получаются средние сценарные значения эмиссии углекислого газа от -0,084 млн т С год⁻¹ в 2018 году до -0,273 млн т С год⁻¹ в 2050 году.

Эффект климатических изменений оказывает существенное влияние на скорости процессов разложения мертвого органического вещества, что напрямую связано с углеродным бюджетом лесов.

На большей части территории Алтайского края к 2050 году прогнозируется сток углерода от мертвой древесины и почвы. Например, в Алтае-Саянском горно-таежном районе сток от мертвой древесины составит -0,044 млн т С год⁻¹ при современном сценарии или -0,097 по сценарию А1В. Сток CO₂ от почвы в процессе почвенного дыхания к 2050 году в Западно-Сибирском подтаежно-лесостепном районе Алтайского края может составить -0,015 млн т С год⁻¹ по сценарию В1 и -0,021 млн т С год⁻¹ по сценарию А1В.

Согласно прогнозным расчетам по модели СВМ-CFS3 максимальные значения выбросов CO₂ придутся на 2024 год по сценарию В1, когда прогнозируется преобладание в лесном массиве старовозрастных деревьев, поддержание возрастающих темпов рубок и большое количество лесных пожаров. При последующем выравниваемом уровне нарушающих воздействий происходит адаптация всей совокупности лесов региона, в результате чего возникает устойчивое соотношение площадей лесов различного возраста. Суммарные для региона запасы углерода лесов стабилизируются, а региональный баланс углерода лесов приближается к нулевому (потери с нарушениями компенсируются приростами запасов углерода в молодых лесах). После 2043 года уровень нарушений лесов в Алтайском крае со временем увеличивается, а значит, совокупность лесов начинает терять углерод и вновь превращается в источник углекислого газа для атмосферы. Таким образом, уровень нарушающих воздействий становится фактором, который управляет бюджетом углерода лесов.

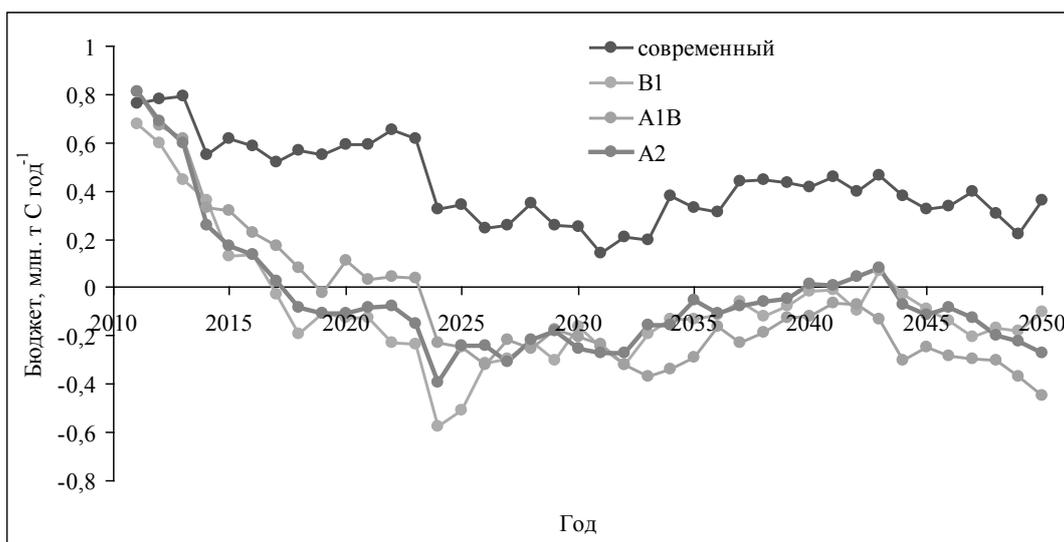


Рис. 3.10. Модельные оценки изменения бюджета углерода (нетто-сток) в Алтайском крае на перспективу до 2050 года. В области положительных значений отображается сток углерода в леса, в области отрицательных значений – источник выбросов

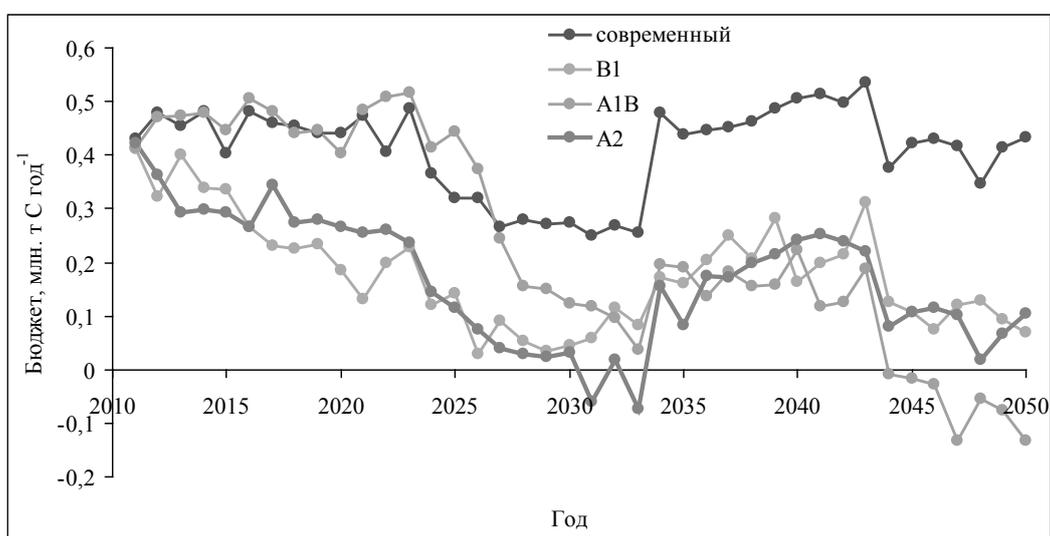


Рис. 3.11. Модельные оценки изменения бюджета углерода (нетто-сток) в Республике Алтай на перспективу до 2050 года. В области положительных значений отображается сток углерода в леса, в области отрицательных значений – источник выбросов

Сходные причины изменения динамики объемов поглощения / эмиссии CO_2 за период исследования в 2010–2050 гг. наблюдается в лесном покрове **Республики Алтай**. Этот регион находится на втором месте из рассматриваемых территорий по количеству отрицательных лет стока CO_2 в лесах. До 2031 года прогнозируется небольшое, но поглощение углерода лесами Республики Алтай по всем сценариям. В 2031 и в 2033 году по сценарию А2 происходит эмиссия парникового газа за счет высокой эмиссии CO_2 в лесной подстилке, мертвой древесине и биомассе (Алтае-Саянский горно-таежный район). В 2044, 2046–2050 гг. по сценарию А1В по тем же причинам выделения мертвой древесиной, подстилкой и биомассой эмиссия углекислого газа прогнозируется в Алтае-Саянском горно-таежном районе и с добавлением выделения CO_2 почвой – в Алтае-Саянском горно-лесостепном районе в 2045 и 2049 годах.

Леса Республики Алтай подвержены различным нарушающим воздействиям: рубкам, лесным пожарам, вспышкам вредителей, ветровалам и так далее. Именно эти воздействия приводят к гибели либо деградации лесов, потерям запасов углерода и эмиссиям углекислого газа в атмосферу. Однако эти потери ожидаются быть обратимыми на средний по сценариям период 2032 – 2043 гг. Когда на вырубках, гарях и местах других нарушений начинают восстанавливаться молодые леса, происходит постепенная компенсация запасов углерода при росте биомассы и пополнении пулов углерода мертвой древесины, подстилки и почвы. Если уровень нарушений снижается, то совокупность лесов обретает способность к поглощению дополнительных количеств углерода и становятся его стоками. Это сохраняется до достижения древесиной возраста спелости и начала повторных рубок и повреждений, что отражено на понижении линий угле-

родного поглощения по всем сценариям динамики объемов поглощения / эмиссии CO₂ с 2043 года в лесах Республики Алтай.

Проведение модельного анализа влияния изменения климата на углеродный бюджет управляемых лесов Алтайского региона позволяет сделать следующие фундаментальные выводы, имеющие важное значение для управления лесами:

- Современный сток в лесах, вызванный снижением лесопользования в начале 1990-х годов, в среднесрочной перспективе начнет уменьшаться в связи с исчерпанием поглотительного потенциала лесов.

- Климатические изменения негативно сказываются на стоке углерода в управляемых лесах региона, в первую очередь за счет потерь в пулах мертвого органического вещества при активизации его разложения и лесных пожаров.

Очевидно, что необходимо уже в ближайшее время разработать комплекс мер (региональную программу) по адаптации лесов к климатическим изменениям, сохранению их углерод-депонирующей функции, с учетом задач по промышленной эксплуатации лесов, сохранения лесных экосистем (поддержание биоразнообразия, водорегулирующие и другие функции).

4. ЛЕСНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АЛТАЯ

4.1. ГИС И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСАМИ

Картографические методы анализа и исследования данных находят все большее применение в различных сферах профессиональной деятельности. В настоящее время сложный процесс создания карт благодаря автоматизации с помощью геоинформационных технологий стал значительно проще и доступнее. Геоинформационные системы (ГИС) предоставляют широкие возможности компьютерного моделирования и анализа пространственных и связанных с ними описательных (атрибутивных) данных. В целом, геоинформационные системы представляют собой набор компьютерных технологий и программных средств, обеспечивающих общие модели и методы ввода, обработки, анализа и вывода пространственной и связанной с ней атрибутивной информации. Эти модели и методы зависят только от природы и свойств самой пространственной информации и не зависят от конкретной предметной области.

Таким образом, в геоинформационных системах используются предметно-независимые модели пространственных данных и, соответственно, общие методы их обработки и анализа. К примеру, в теории ГИС векторная модель данных представляет все пространственно-распределенные объекты с точки зрения их геометрии, где положение и форма объектов задаются в координатном виде в какой-либо системе координат. Логически связанные и геометрически подобные объекты организуются в слои. Самые общие методы обработки векторных пространственных данных, такие, например, как оверлейные операции, операции буферизации, основываются опять же на чисто геометрическом анализе взаимного расположения объектов и их формы. То же самое справедливо и для других моделей пространственных данных: так, для растровой модели данных используется набор операций матричной алгебры; для модели TIN (Triangulated Irregular Network), наряду с другими, предусмотрены операции получения профилей и сечений, вычисления площади поверхности. В арсенал современных ГИС входят средства работы с трехмерными объектами — построение 3-мерных моделей и поверхностей.

Именно это абстрагирование от конкретной предметной области на уровне моделей пространственных данных и операций с ними и есть сильная сторона ГИС, превращающая геоинформационные системы в универсальную технологию.

Одной из традиционных сфер применения геоинформационных технологий является управление лесами и мониторинг лесных территорий. Для автоматизации лесоустроительных работ и управления

лесами разрабатываются специализированные программные комплексы на базе ГИС, позволяющие вести лесоустроительную документацию в электронном виде, включая все необходимые карты и описания, достоверно отражающие текущее состояние лесопокрытых территорий. В функции таких ГИС также входит оперативное получение карт любых качественных и количественных изменений лесов. В целом, использование геоинформационных технологий в этой области многократно повышает информированность как управляющих структур, так и населения о состоянии лесов и служит основой для обеспечения рационального использования леса, планирования развития лесных территорий и своевременного реагирования на различные неблагоприятные ситуации и нарушения правил лесопользования (лесные пожары, затопления, болезни лесов).

Постоянный мониторинг лесов является одной из задач управления лесами. С другой стороны, мониторинг лесов осуществляется также институтами леса и экологическими организациями, конечной целью которых является сохранение лесов, как важного ресурса. В задачи экологов входит изучение изменения состава лесных пород, выявление причин гибели леса, наблюдение за процессами зарастания лесом нелесных территорий. Для автоматизации решения этих задач также необходима разработка специализированных программных систем на базе ГИС, с постоянной актуализацией карт лесопокрытых территорий. Ядром таких систем будут являться прикладные геоинформационные системы, управляющие пространственными и описательными данными по лесам и выполняющие специализированную обработку и анализ этих данных.

Прикладные ГИС мониторинга лесов, предназначенные как для научных, так и для хозяйственных целей, используют практически одни и те же базы пространственных и описательных данных, отображающие состояние лесных территорий. В базу пространственных данных этих ГИС входят общие векторные картографические слои, отражающие топографию, и тематические векторные слои, представляющие границы территориальных единиц современного лесоустройства (лесных районов, лесничеств, кварталов, выделов). Атрибутивная база данных содержит таксационные описания единиц лесоустройства и экономические данные.

Автоматизированная система лесоустройства и мониторинга лесов должна обеспечивать следующие функции:

- ведение и оперативное обновление пространственных и атрибутивных данных по лесостроительству;
- обслуживание фиксированных пространственных и логических запросов по лесным территориям;
- генерацию отчетов с созданием карт текущего состояния лесных;
- генерацию отчетов с созданием карт фактических изменений лесов по разным параметрам, например, изменений площади лесов, их породного и возрастного состава, как вследствие хозяйственной деятельности человека, так и вследствие неблагоприятных природных явлений (пожаров, затоплений, заболачивания территорий, распространения вредителей, болезней и др.);
- прогнозное моделирование количественных и структурных изменений лесов на базе математических и имитационных моделей с созданием соответствующих карт;
- экономические расчеты, касающиеся текущих и прогнозируемых изменений, а именно: вычисление ущербов и отложенных выгод в результате тех или иных лесохозяйственных мероприятий.

Для обновления баз пространственной и атрибутивной информации в прикладных ГИС мониторинга лесов должны активно использоваться данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в частности, материалы космической съемки высокого и среднего разрешения. Для этого необходимо разработать и отладить технологии получения, отбора, подготовки и дешифрирования спутниковых снимков.

Данные дистанционного зондирования должны проходить несколько этапов обработки разного уровня:

- калибровка и ортокоррекция;
- географическая привязка;
- дешифрирование;
- оцифровка результатов дешифрирования.

Эти виды работ частично могут поддерживаться средствами самой прикладной ГИС, а частично — отдельными программными комплексами, совместимыми с ГИС по выходным данным.

Блоки прогнозного моделирования, экономических расчетов и генерации отчетов, также могут быть реализованы отдельно от ГИС и интегрироваться в единую автоматизированную систему мониторинга лесов.

Поскольку автоматизированные системы мониторинга лесов представляют собой сложные и достаточно дорогостоящие программные комплексы, состоящие из разнородных программ, предпочтительной для них является многоуровневая архитектура, с несколькими серверами приложений, поставляющими пользовательским приложениям специализированные функции обработки данных и вывода результирующих отчетов. Доступ потребителей к системе может осуществляться через Web-интерфейсы.

Таким образом, использование автоматизированных систем мониторинга лесов, построенных на базе геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли, будет способствовать постоянной актуализации и повышению степени достоверности информации о лесных территориях и состоянии лесов, а это, в свою очередь, будет служить основой для принятия оперативных управленческих решений в этой сфере и, в целом, сохранению и благоприятному развитию лесов.

4.2. ЛЕСНАЯ ГИС АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА

В данном исследовании были решены следующие задачи:

1. Подбор данных дистанционного зондирования из архивных каталогов спутниковых изображений среднего разрешения за период 1999-2011 гг.

2. Предварительная обработка спутниковых изображений (СИ), составление мультивременных разносезонных композиций (зима-лето, 1999-2011).

3. Изучение перспективных моделей оценки динамики лесов исследуемых регионов, сбор материалов по структуре и динамике лесной растительности регионов.

4. Изучение комплекса дешифровочных признаков по модельным регионам и литературы по составу и характеристикам лесной растительности модельных регионов.

5. Классификация мультивременных СИ с применением алгоритмов n-мерного анализа, основанного на методах нечеткой логики.

Для изучения рецентного и ретроспективного состояния лесной растительности по спутниковым изображениям, источник данных должен отвечать ряду критериев. В любом случае, выбор спутниковой системы определяется регулярностью съемки земной поверхности, длиной периода работы, обзорностью, соответствующей масштабу территории исследования, необходимым спектральным и пространственным разрешением. Объектом исследования в работе являются крупные территориальные образования. Для таких объектов одним из показателей корректности дешифровки является степень дробности используемых данных. Наиболее приемлемым вариантом в данном случае, представляется использование СИ среднего разрешения с высокой регулярностью съемки для подбора сопоставимых по сезонно-фенологическим критериям фрагментов.

В качестве основного источника данных ДЗЗ среднего разрешения использовались архивные

СИ (см. табл. 4.1), полученные в результате работы сенсора MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) работающего на платформе спутника TERRA (EOS AM-1). Платформа AM-1 была

запущена в декабре 1999 г. для оперативного мониторинга состояния поверхности суши, океана и атмосферных процессов.

Таблица 4.1

Компоновка разносезонных мультивременных пакетов из сцен TERRA/MODIS

2000-2011	Алтайский край.
Зона/Проекция	44UTM
Зима 2000	2002_058_0510
Лето 2000	2002_255_0530
Зима 2011	2011_022_0540
Лето 2011	2010_243_0540

Позднее, в мае 2002 г. был запущен парный EOS AM-1 спутник AQUA (EOS PM-1), предназначенный в основном для контроля процессов, связанных с динамикой гидросферы Земли. Обе платформы эффективно функционируют по настоящее время

в рамках программы NASA Earth Observing System (EOS). Оба спутника осуществляют полное покрытие съемки Земли за 1-2 суток (Рис. 4.1). Пространственный захват съемки составляет несколько тысяч км по обеим осям.

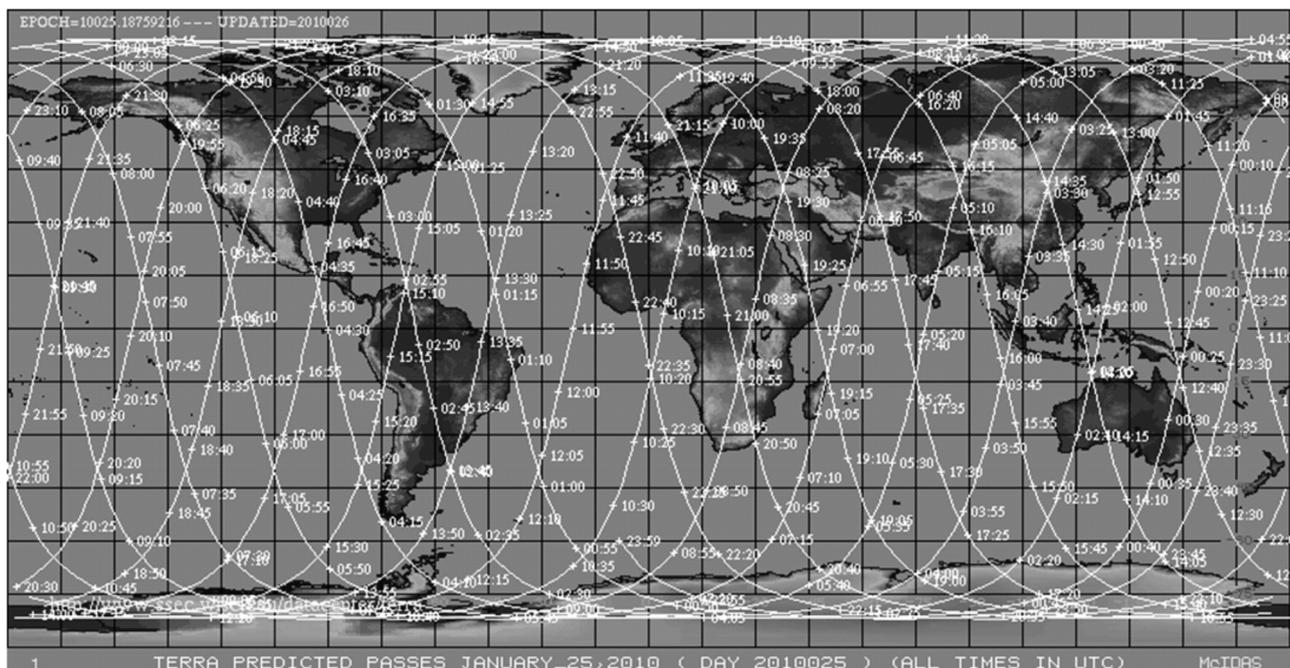


Рис. 4.1. Суточные треки платформы «Терра»

За более чем 10 лет работы орбитального и наземного сегментов системы MODIS TERRA накоплен беспрецедентный массив данных, доступ к которым осуществляется общественно открытым способом через центры распространения данных. Система регулярного предоставления информации функционирует с апреля 2001 г., однако до конца 2002 г. публично распространяемые данные были регулярными но не всегда ежедневными. Подбор СИ производился через информационную систему программы Rapidfire GSFC, включающую ежедневный анализ очагов горения на поверхности Земли и публикацию метаданных сцен MODIS. Обзорные изображения сцен визуально оценивались по состоянию атмосферы над районами исследований. Обилие материалов съемки позволяет выбрать сцены с минимальными помехами в виде облачности, атмосферной дымки и прочих факторов,

искажающих спектральные характеристики отраженного от поверхности Земли излучения. Автоматический анализ чистоты изображений по процентной доле облачности на сценах, как правило, не позволяет оценить пространственное распределение атмосферных помех. Таким образом, для подбора качественных СИ наиболее целесообразным является экспертный способ оценки пригодности данных.

Подбор наиболее качественных по спектральным характеристикам сцен MODIS производился по двум источникам (Рис. 4.2). Сцены начала 2000-х годов в основном подбирались по базе метаданных, ведущейся с момента появления изображений MODIS в свободном доступе. База включает наиболее «чистые» на значительном по масштабам пространстве летние и в несколько меньшей степени зимние сцены. Сцены отбирались в основном на террито-

рию России. Основным критерием отбора было отсутствие облачности и минимум атмосферной дымки на как можно большей территории и, по возможности, расположенной близко к осевой части сцены, где угол съемки близок к надиру, а спектральные и пространственные искажения минимальны. Векторные маски безоблачных фрагментов сцен объединены в слой графической базы данных на основе ГИС MapInfo. В атрибутивной таблице содержится информация по номенклатуре сцен и их территориальная привязка.

Рецентные данные подбирались путем экспертного отбора сцен, сопоставимых по фенологическим показателям с изображениями начала 2000-х гг. Были проанализированы ежесуточные наборы метаданных в соответствующих временных интервалах, специфичных по состоянию атмосферы для каждого из исследуемых регионов. В результате были отобраны сцены, наиболее отвечающие критериям качества спектральных и пространственных характеристик.

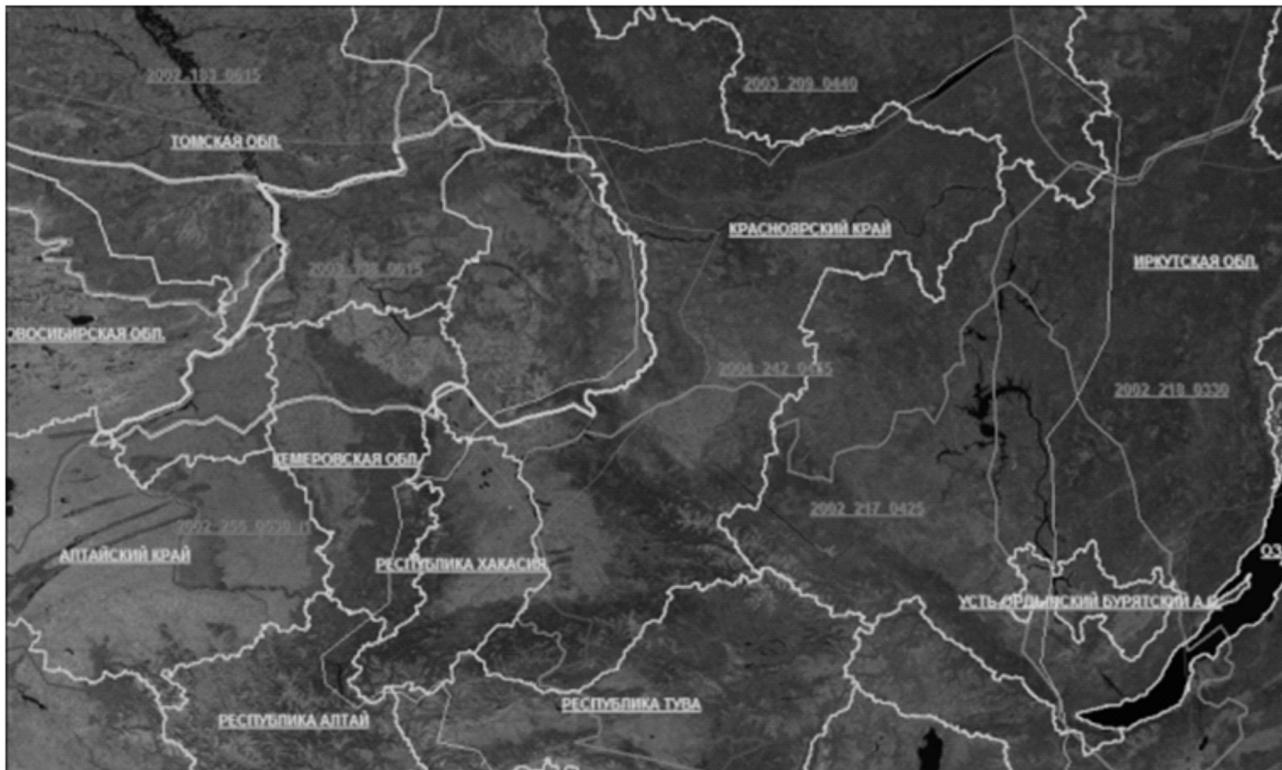


Рис. 4.2. Фрагмент графической базы метаданных сцен MODIS. Белым контуром даны границы административного деления РФ. Цветными контурами обозначены векторные маски сцен

Подобранные сцены MODIS загружались через web-интерфейс системы распространения данных «Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System (LAADS)» Годдардовского центра космических полетов (Goddard Space Flight Center). Нами были использованы данные уровня предобработки 1A и 1B. Минимальный уровень предобработки позволяет наиболее полно использовать спектральные характеристики изображений, неизбежно ограничиваемые в более высокоуровневых продуктах обработки СИ. Данные уровня 1A ранних коллекций MODIS проходили радиометрическую калибровку и координатную привязку по баллистическим характеристикам. После приведения подобранных сцен к уровню 1B (стандартная радиометрическая и пространственная коррекция) дополнительно производилась пространственная синхронизация мультитемпоральных композиций. Композиции лето-зима включают спектральные каналы 1,2 зимних сцен и 1,2,6 каналы летних.

Финальный этап предварительной обработки включал при необходимости точную пространственную коррекцию и синхронизацию разносезонных сцен алгоритмами на основе полиномиальных преобразований координат и корреляционных алгоритмов пространственной синхронизации растровых изображений. Подготовленные для классификационных работ растровые пакеты преобразованы из формата HDF в формат GeoTIF с 32-битной размерностью спектральных каналов. Также проводилась предклассификационная подготовка векторных масок фрагментов территорий регионов для уточнения полноты покрытия в пределах соответствующих территориально-административных единиц и дифференциации фактически лесопокрытых и безлесных территорий.

Для тематической обработки полученных композиций использовалась методика нейросетевой классификации СИ, которая включает алгоритмы нечеткой логики. Основным инструментом обработки данных являются искусственные нейронные сети,

используемые для ординации, классификации и тематической интерпретации данных. Использование нейронных сетей позволяет построить классификационно-ординационную диаграмму свойств элемен-

тов изображения, которая представляет собой топографическое отображение классов на плоскость с сохранением их топологических свойств.

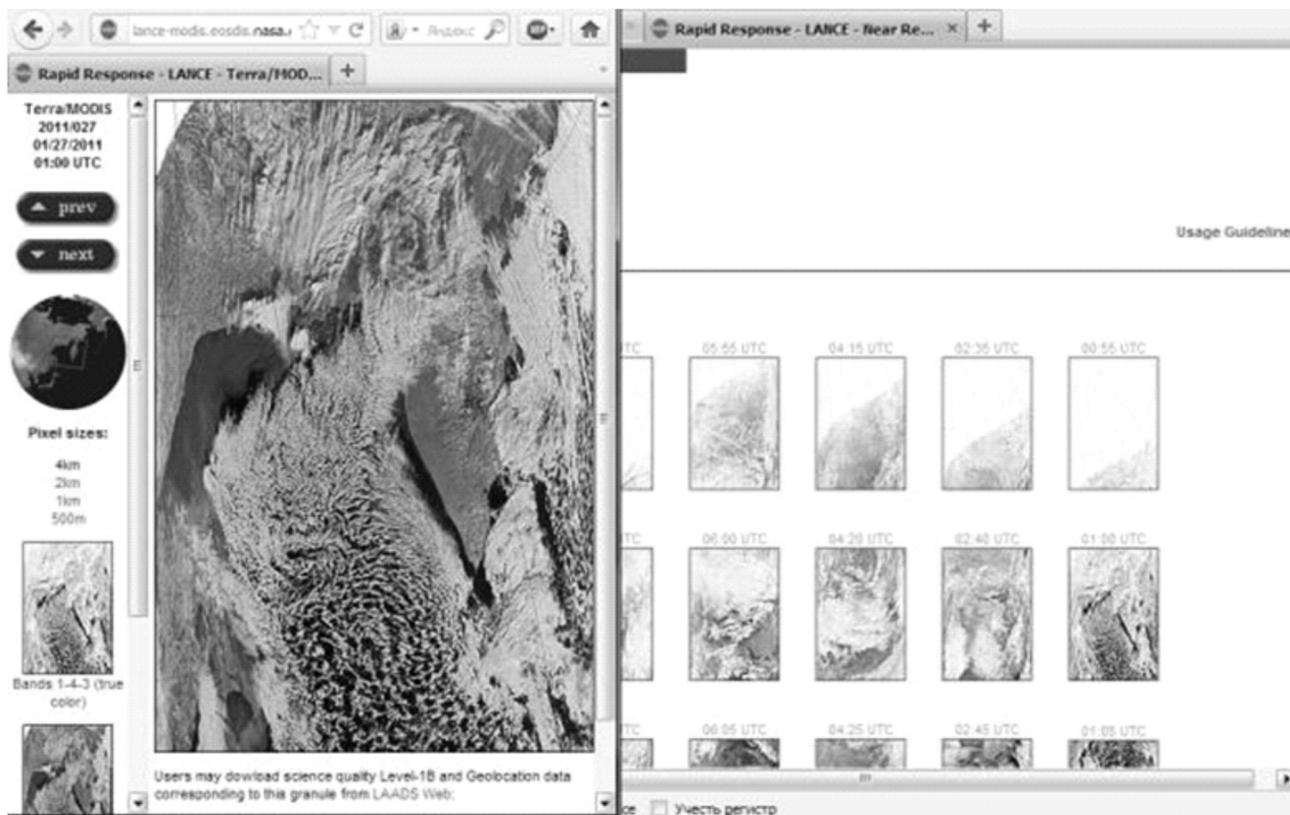


Рис. 4.3. Ежесуточные отображения сцен MODIS

Для классификации данных ДЗЗ использовался метод, разработанный А.А.Савельевым (Кафедра моделирования экологических систем экологического факультета Казанского государственного университета). Метод основан на тематической калибровке генеративного топографического отображения классов яркостей снимка, полученного методом, являющийся развитием аппарата SOM (Самоорганизующиеся карты Кохонена) — Generative Topographic Mapping или GTM, (Bishop и др., 1998). Метод реализован в программах NeRis, Timan и ScanEx Image Processor. Тематическая обработка композиций включала ряд процедур, результатом которых было составление картматериалов рецентного состояния лесопокрываемых территорий и оценка изменений на ретроспективу глубиной до 10 лет. Направленное обучение нейронной сети осуществлялось путем создания эталонных выборок элементов СИ. Эталонирование

обучающих выборок проводилось на ключевых участках, включающих весь комплекс пространственной инфраструктуры исследуемых регионов. Далее проводилась классификация многоканальных спутниковых изображений, элементы которого характеризуются абсолютными значениями спектральной яркости, и создание в качестве результата 8-битного растрового слоя, содержащего относительные значения в пространстве признаков нейронной сети. Завершающая стадия обработки включала процедуры конволюционной фильтрации результирующего слоя и процедуры выявления текстурно-контекстуальных признаков. Результаты проведенных классификационных процедур и постобработки направлялись на векторизацию (трассировка) и получение векторного слоя в формате MIF/MID для передачи в практически любые ГИС-пакеты для дальнейшей геоинформационной обработки (рис. 4.4).

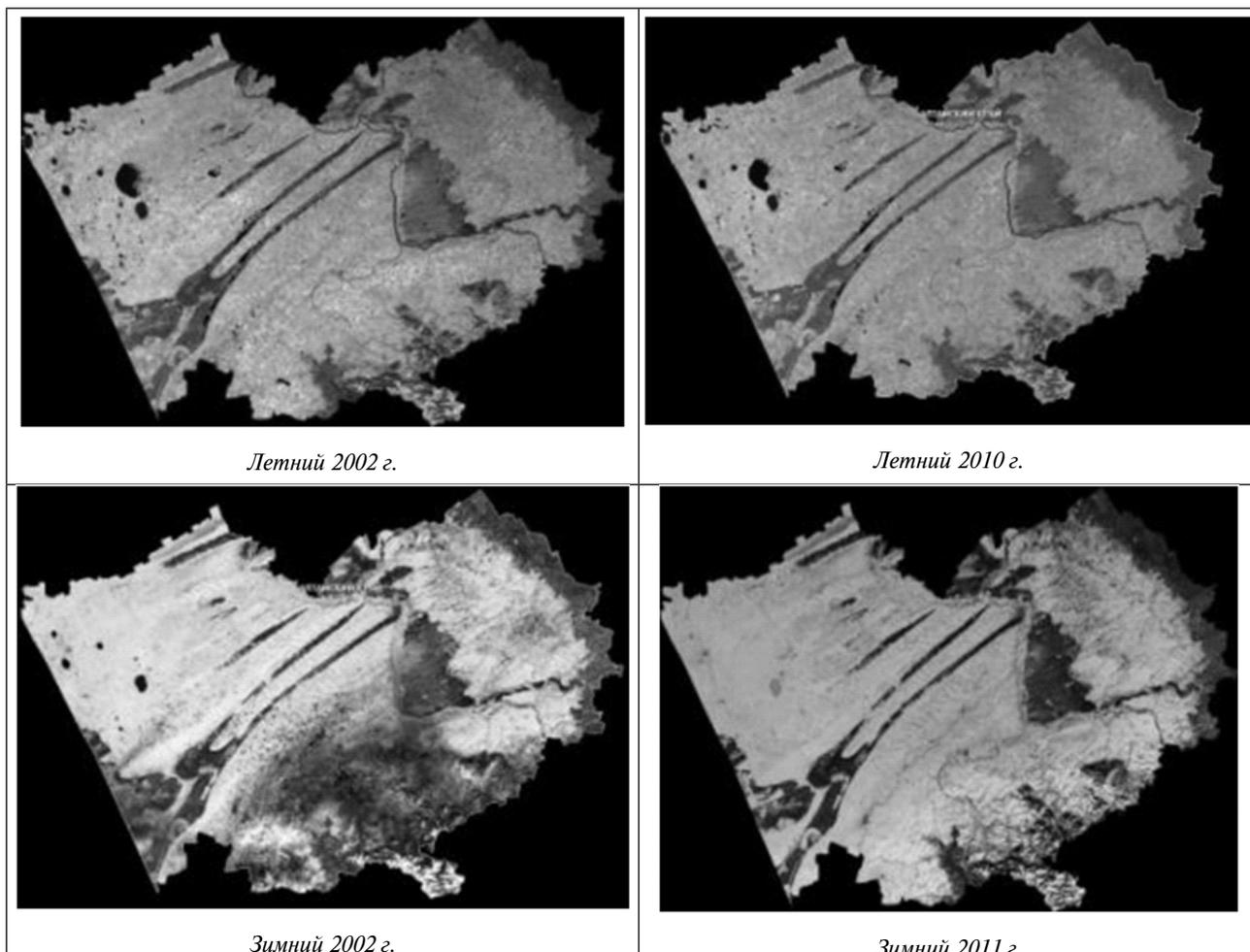


Рис. 4.4. Результаты классификации на примере Алтайского края.

Улучшение информационного обеспечения, наличие широкого круга методов и привлечение многовариантных подходов при моделировании географических систем¹ позволяет расширить возможности изучения отмечаемых глобальных изменений природной среды. Современные геоинформационные технологии позволяют реализовывать конструктивно-прикладные функции географии, выявлять специфику пространственно распределенной информации в целях детализации климатических условий территории для различных временных срезов. Разработка разнообразных моделей, отражающих структурные особенности взаимосвязанных и взаимообусловленных климатических факторов и других компонентов экосистем, позволяет выявлять потенциальные тенденции (сценарии) развития, учет которых необходим для решения проблем устойчивого развития территорий.

Региональные оценки современного проявления глобального потепления во внутриконтинентальных районах России (юго-восток Западной Сибири и Алтайская горная область) свидетельствуют о его заметной величине. Увеличение средней годовой температуры воздуха мст. Барнаул за 166 лет при аналитическом выравнивании временного ряда

линейной функцией (линейный тренд) составляет 2,8°C, или 1,8°C за 100 лет. Выявлено заметное увеличение темпов прироста температуры: от 0,0147°C/год в течение 1838-1958 гг., до 0,0336°C/год за 1958-2004 гг. Потепление проявляется большей частью зимой и весной: средняя температура теплого периода (IV-X) увеличилась на 2,3°C за 166 лет наблюдений (1,4°C за XX в.); холодного (XI-III) — на 3,4°C (2,2°C соответственно).

С 1970 по 2003 гг. суммы активных температур ($t > 10^{\circ}\text{C}$) возросли на 260°C в лесостепной зоне Алтая, 250°C — в Новосибирской области, что соответствует повышению годовой температуры примерно на 0,8°C. К концу 2025 г., при повышении среднегодовой температуры воздуха на 1°C, увеличение сумм активных температур может составить до 300°C.

Подобная оценка близка к значениям, прогнозируемым *Naëley Sep1ге* (ЦК) для Алтае-Саянского экорегиона². Многие прогнозные расчеты и сценарии ожидаемых климатических изменений подтверждают сохранение тенденции потепления с возможным уси-

¹ Тихонов В. С. Моделирование в картографии. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 405с.

² Харламова Н. Ф., Михайлова Л. А. Оценка роли климатических изменений в эволюции природной среды внутренних районов Евразии с использованием ГИС- технологий / Университетская география: Материалы Юбилейной научной конференции (9-10 декабря 2004г.): Посвящается 250-летию Московского государственного университета. — М.: Географический факультет, 2005. — С. 294- 300.

лением¹. Выявление экологических последствий подобных изменений входит в число актуальных проблем географии, поскольку изменения климата могут способствовать крупномасштабным преобразованиям природной среды. Наиболее эффективным путем выявления кризисных экологических ситуаций и поиска путей их ликвидации является региональный подход в ландшафтно-экологическом прогнозировании².

Появление ГИС означало коренной переворот в инструментарии моделирования географического пространства, реализацию принципиально нового способа его описания и представления в форме цифровых моделей. По мере развития геоинформационных технологий, цифровые модели ГИС стали альтернативой единственному средству моделирования географического пространства в виде карт и, что еще более важно, решения пространственных задач, так как позволили заменить графические (образно-знаковые) модели объектов земной поверхности цифровыми, а в ряде приложений вытеснили традиционные картографические модели из тех областей, где их использование невозможно или нецелесообразно³. Сформировавшееся на основе ГИС направление геоинформационного картографирования и новый объем гидрометеорологической информации, накопленный за последние несколько десятилетий, послужили толчком для составления серии новых карт по оценке термических ресурсов и условий увлажнения территории региона. Актуализация имеющейся информации приобретает особое значение в связи с происходящими климатическими изменениями и необходимостью создания прогнозных моделей.

По определению Ю. Г. Симонова «предметом исследования геоинформатики является состав и структура географических данных в их пространственно-временной координации». Предметом исследования данного проекта является состав и структура климатических данных и их пространственное моделирование. Блок программ, реализующий в ГИС функции анализа и моделирования, является ядром всей системы. Появившийся в ArcGIS дополнительный модуль GeostatisticalAnalyst позволил интегрировать инструменты геостатистики в среду ГИС, предоставив для моделирования поверхности серию детерминистских и геостатистических методов с возможно-

стью количественно описать качество полученных моделей.

Разработка проекта, направленного на моделирование компонентов природной среды выполняется с использованием ArcGIS 8.3, Idrisi32 и статистического пакета Statistica 6.0. Банк данных, включает гидрометеорологические параметры на изучаемый район и сопредельные территории, цифровую модель рельефа и серию производных карт, а также космические снимки.

При выполнении пространственного моделирования пользователю ГИС-пакетов приходится искать ответы на ряд теоретико-практических вопросов:

- какой способ моделирования больше подходит для решаемой задачи;
- существует ли в выбранном программном обеспечении средство для его реализации, или его необходимо разрабатывать;
- какие необходимо выбрать данные, сколько и где их собрать для принятого способа моделирования;
- как оценить достоверность результатов моделирования, осуществить верификацию модели.⁴

Для характеристики термического режима была выбрана сумма активных температур выше +10°C ($\Sigma t > 10^\circ\text{C}$), режима увлажнения — коэффициент увлажнения Д. И. Шашко (Md). Выбор показателей обусловлен экологической значимостью данных геофизических факторов, определяющих условия вегетации растительности, формирования почв, а также используемых для оценки биоразнообразия, динамики экосистем и ландшафтов.

При моделировании поверхностей особое значение приобретает выбор алгоритма интерполяции. В данной работе был использован метод регрессии. Достоинство данного метода в том, что он в наибольшей мере способен отразить взаимосвязи между климатическими параметрами и физико-географическими факторами.

Определены эмпирические зависимости сумм активных температур выше +10°C ($\Sigma t > 10^\circ\text{C}$) и коэффициента увлажнения Д. И. Шашко (Md) как функций высоты (Z), широты (ϕ) и долготы (λ) местности⁵.

$$\Sigma t > 10^\circ\text{C} = f(z, \phi, \lambda)$$

Для этой цели выполнен корреляционный и множественный регрессионный анализы данных с использованием пошаговой регрессии. Оценка значимости и адекватности модели выполнялись по стандартной методике (табл. 4.2).

¹ Региональные изменения климата и угроза для экосистем, выпуск 1, Алтай-Саянский экорегион. Ноябрь 2001 г., 'МЖР, Москва, Россия. Бышев В. И., Нейман В. Г., Романов Ю. А. О разнонаправленности изменений глобального климата на материках и океанах // Доклады Академии наук, 2005, Т. 400, №1. — С. 98-104. Ревякин В. С., Харламова Н. Ф. Изменения климата Внутренней Азии в XIX-XXI вв. / Забайкалье в геополитике России. Материалы между. симпозиума «Изменения климата и окружающей среды Центральной Азии» 1 сен. 2003 г., г. Чита. — Улан-Удэ: Изд-во Буриятского научного центра СО РАН, 2003. — С.57-63.

² Монин А. С., Сонечкин Д. М. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы — М.: Наука, 2005. — 191 с.

³ Коломыц Э. Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. М.: Наука, 2003. — 371 с.

⁴ География, общество, окружающая среда. Том VII. Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование / Под ред. А. М. Берлянта и проф. Ю. Ф. Книжникова. — М.: Изд. Дом «Городец», 2004 б. — 624 с.

⁵ Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 1: Учебное пособие для студ. вузов. — М.: Изд. центр «Академия», 2004. — 352 с.

Коэффициенты корреляции зависимостей сумм активных температур и коэффициента увлажнения Д. И. Шашко от физико-географических параметров

Регион	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ / определяющие факторы	Md / определяющие факторы
Алтайский край	0,81 (г,ф,Х)	0,82 (2Д)
Республика Алтай	0,92 (2,ф)	0,67 (2,ф)

В процессе моделирования конструировались цепочкообразные модели, каждый новый элемент которых создавался на основе результата реализации предыдущего элемента. Такое конструирование позволяет на любом этапе при построении карт корректировать набор показателей (например, был исключен из расчетов показатель экспозиции склонов и уклонов поверхности вследствие недостаточной информативности) и производить комплексный анализ, необходимый для познания всего явления, характеризуемого целым набором показателей в их взаимной связи. Использовались также сетевые комбинации,

когда на единой информационной базе параллельно реализуется ряд алгоритмов, из которых на завершающей стадии формируется один окончательный картографический результат¹. Например, использование сетевых комбинаций для создания моделей увлажнения по различным расчетным уравнениям привело к созданию целого набора идентичных цифровых карт.

¹ Михайлова Л. А., Харламова Н. Ф. ГИС-технологии для моделирования компонентов природной среды Сибирского региона / ГЕО-Сибирь-2005. Т. 4. Геоинформатика: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 г., Новосибирск. — Новосибирск: СГГА, 2005. С. 73-77.

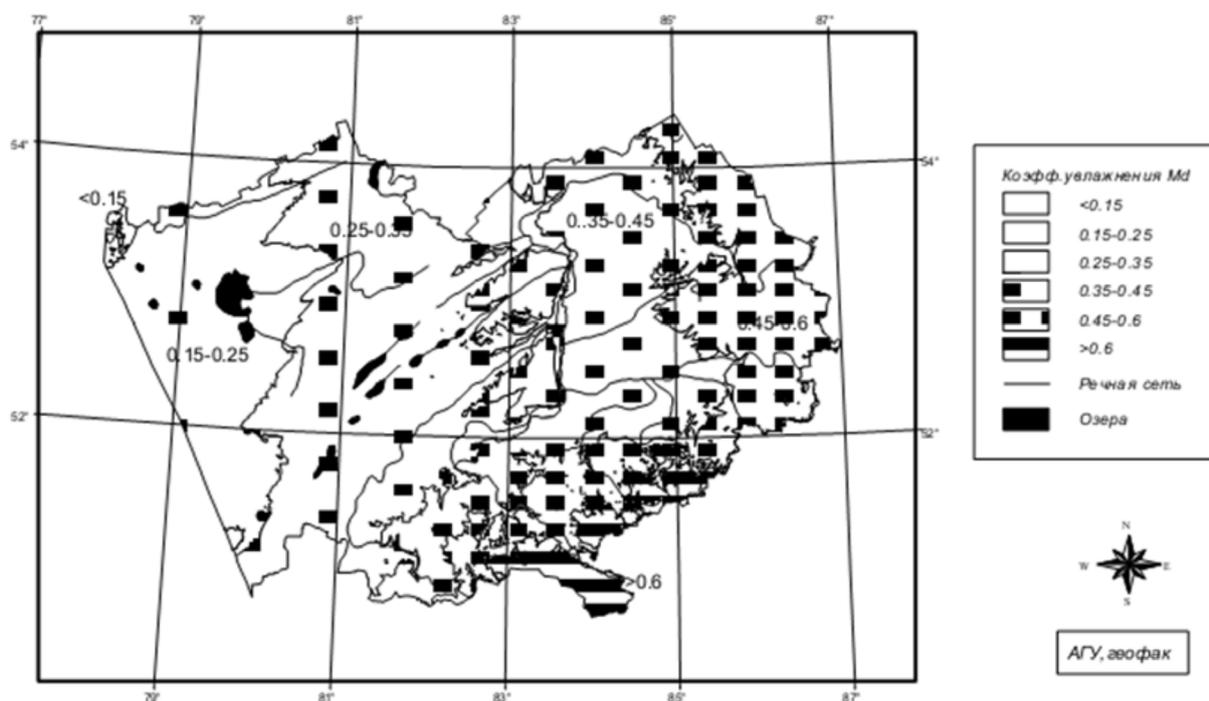


Рис. 4.5. Условия увлажнения территории Алтайского края (по Д.И.Шашко, в зависимости от физико-географических параметров)

Например, одна из моделей коэффициента увлажнения Md (рис. 4.5) была получена в результате вычисления множественной линейной регрессии коэффициента увлажнения от основных физико-географических параметров: долготы и высоты местности.

Установленные зависимости позволили перейти к созданию моделей термических условий и условий увлажнения территории Сибирского региона (Новосибирская область, Алтайский край и Республика Алтай) для современных условий и различных сценариев развития климата.

На основе созданных моделей выполнен расчет соотношения площадей, характеризующихся опреде-

ленными ресурсами тепло- и влагообеспеченности, для различных временных срезов (рис. 4.6).

Рассчитанные величины потенциальных климатических изменений использовались при составлении прогностических карт для различных сценариев климатических изменений:

сценарий — $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ соврем. + 10% годовых осадков;

сценарий — $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ соврем. + 20% годовых осадков;

сценарий — $\Sigma t > 10^\circ\text{C} + 300^\circ\text{C} + 10\%$ годовых осадков;

сценарий — $\sum t > 10^{\circ}\text{C} + 300^{\circ}\text{C} + 20\%$ годовых осадков.

Анализ соотношения площадей с различными термическими ресурсами позволяет прогнозировать их возможные значительные изменения. Для верификации созданных моделей использованы глобальные месячные значения нормированного разностного

вегетационного индекса (КОУ1) с разрешением 1° за период наблюдений с 1982 по 2000 гг.¹

¹ Золотокрылин А. Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. — 246 с.; Ревякин В. С., Харламова Н. Ф. Региональные изменения климата и природной среды Центральной Азии / Мировой океан, водоемы суши и климат // Труды XII съезда Русского географического общества. Т. 5. — СПб, 2005. — С. 369–377.

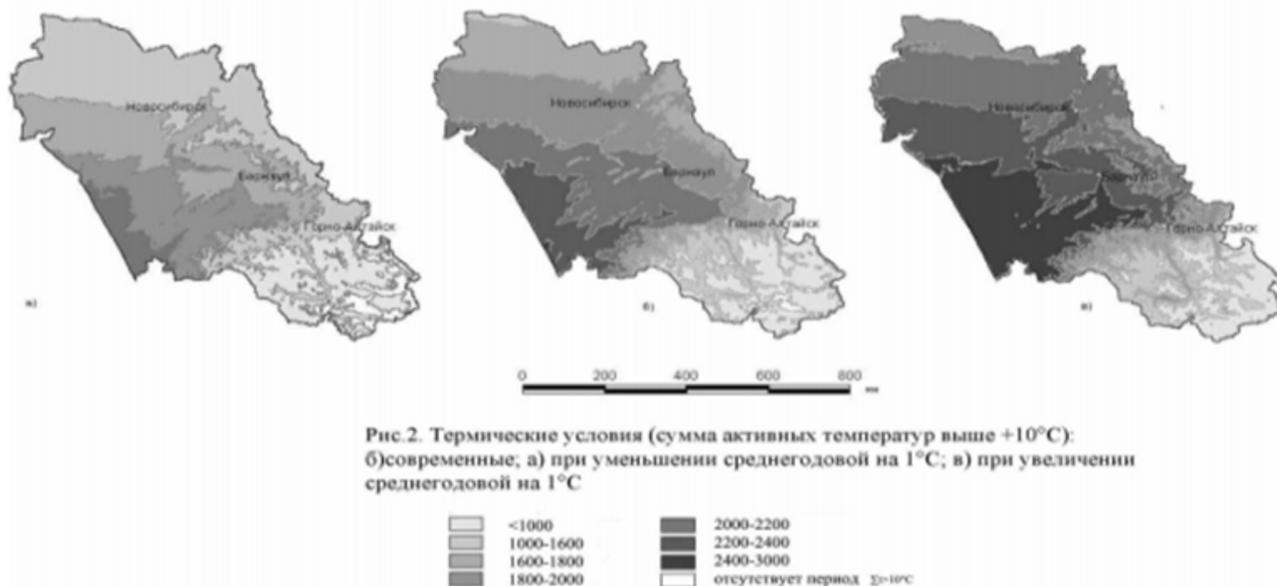


Рис. 4.6. Термические условия и условия увлажнения территории алтайской части Сибирского региона.

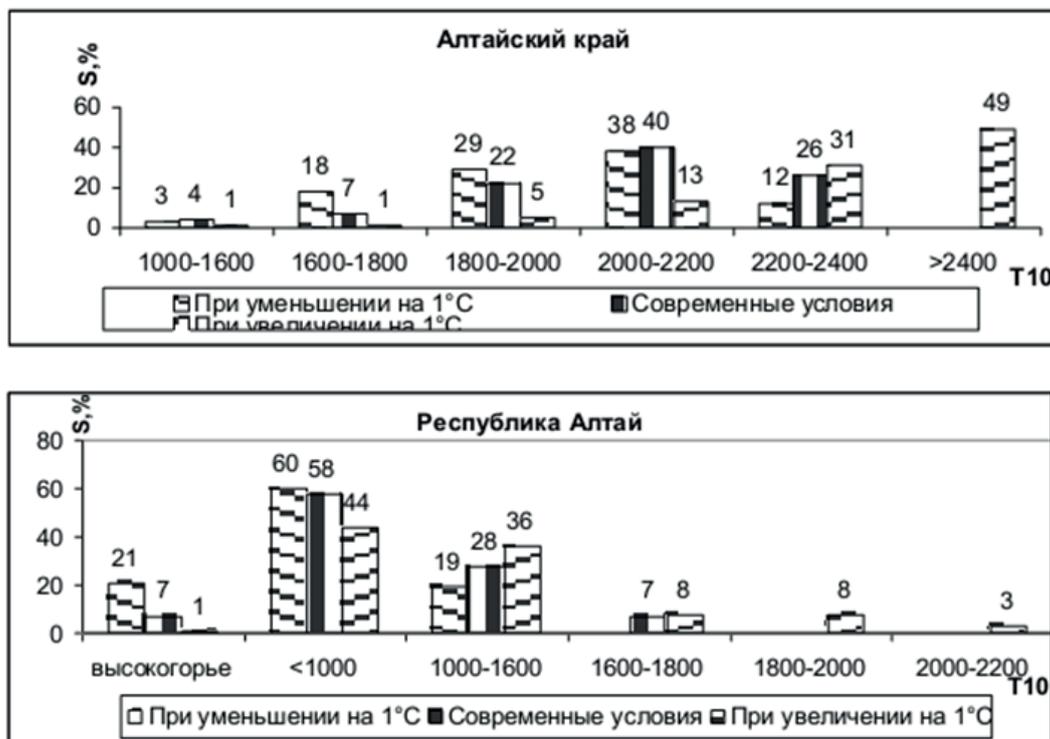


Рис. 4.7. Изменение площадей с определенными термическими ресурсами для различных климатических вариантов

Климатический фактор является важнейшим управляющим фактором воздействия на совокупность материальных и энергетических ресурсов, необходимых для существования любой экосистемы. Компоненты сложных многоуровневых биогеоце-

нозов обладают разной скоростью ответной реакции на климатические изменения, что может приводить к нарушению их развития и увеличивать неустойчивость. В таком случае любое дополнительное, непродуманное антропогенное воздействие способно по-

служить «спусковым крючком» для нарушения установившихся взаимосвязей, деградации и привести к серьезным экологическим последствиям. Поэтому так важна задача оценки влияния наблюдаемых климатических изменений на компоненты природных систем, функционирование отраслей сельского хозяйства (уязвимость, адаптационные возможности). Изменение климатических условий оказывает воздействие на состояние водных ресурсов, многолет-

ней мерзлоты, горного оледенения и другие компоненты природных территориальных систем.

Выполнение географического анализа и моделирования при исследовании пространственно-временных процессов и явлений средствами ГИСТехнологий позволяет не только получить одномоментный результат, но, пополняя данные, изучать проблему в развитии, предлагать различные модели решения и выбирать из них оптимальные.

4.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСОВ РЕГИОНА ПО ДАННЫМ РАСШИФРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Результаты дешифрирования спутниковых данных для классификации лесов по Алтайскому краю представлены на Рис. 4.8.

Особенности лесопользования Алтайского края (АК) определяются географическим положением. В основном используются мягколиственные ресурсы (береза). При этом достаточно хорошо налажена лесопожарная охрана региона. Опашка, раннее предупреждение, визуальный контроль производятся в соответствующих масштабах. При этом сами лесные ресурсы АК сильно трансформированы на предшествующих этапах лесопользования, лесохозяйственной деятельности. В степных и лесостепных районах велика доля саженных лесов, преимущественно сосновых. Леса предгорий практически лишены светло- и темнохвойных пород, которые занимают положение на крутых склонах, обрывах, фрагментарно в долинах рек. Леса мелколиственные сильно замусорены непромысловыми породами. Это в основном леса той части предгорий, которые разрабатывались в 80-е годы 20 века.

Наблюдается достаточно сильное развитие березовых и сосново-березовых насаждений на заброшенной пашне по следующим причинам:

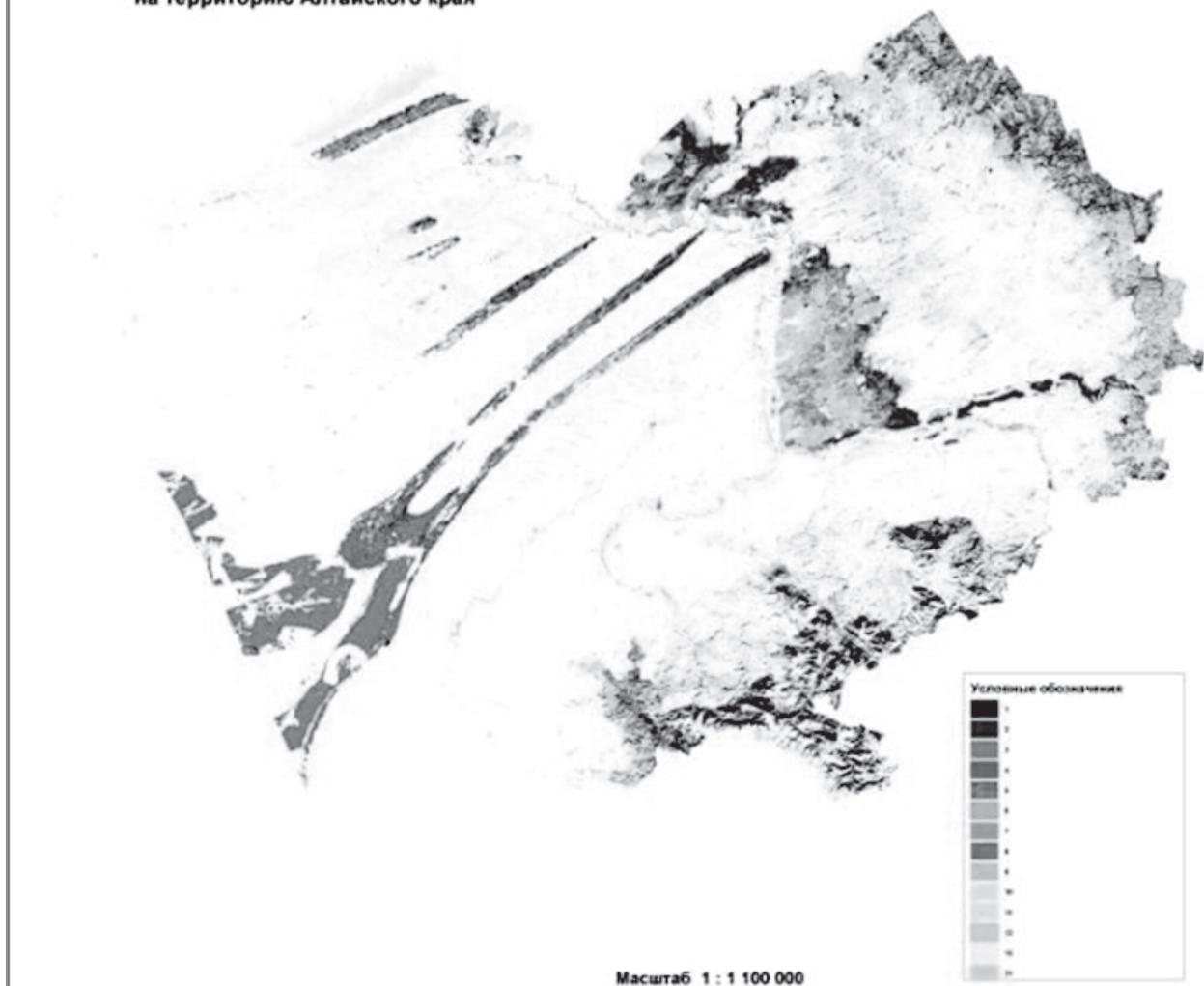
1. Удаленность и труднодоступность, непригодность под с/х освоение из-за бедности почв или неблагоприятности водного режима.
2. Достаточно частое (около 20 процентов) исчезновение собственника, имеющего пай в виде земельного надела (вблизи населенных пунктов).

Факторы лесовосстановления также связаны с тем, что в горной части юга АК наблюдается период интенсивного прирастания кедровников и лиственницы, что можно связать с климатическими трендами.

Остепненный юго-восток гораздо более интенсивно изменяется с тенденцией лесовосстановления по сравнению с восточной горной территорией, примыкающей к Кузнецкому Алатау. В последней, особенно в южной части, видны признаки развития древесных сообществ по площадям предшествующих вырубок 80-90 годов 20 века.

Алтай по своей лесной ситуации резко делится по физико-географическим регионам. Выделяется равнинный Алтай, вплоть до левого берега Оби, в пределах которого очень четко виден аридный экотоп. Севернее лесостепные образования еще присутствуют, южнее — только вдоль по ленточным борам. И заканчивается он, упираясь в рудный Алтай, где начинает идти обратный процесс, поскольку с горного массива происходит хорошее обводнение. Здесь, преимущественно в виде больших массивов, встречаются сосняки, выработавшие за счет длительного пирогенного воздействия защитные функции. Одни деревья сгорели, другие состарились, кроны ушли высоко, и верховые пожары им не страшны. В связи с этим возникает сложность: при посадке молодых лесов может возникнуть ухудшение устойчивости к пирогенному фактору, поскольку молодые леса могут передавать огонь на большие расстояния.

**Результаты дешифрирования лесной растительности
по материалам космической съемки
спектрорадиометра MODIS TERRA
на территорию Алтайского края**



исходный номер	доминирующие породы	сопутствующие породы	возраст мин	возраст макс	сомкнутость	бонитер	напочвенный покров
1	Кедр, пихта		спелые	перестойные	высокая	высокий	травяные, мохово-травяные
2	Сосна		спелые	перестойные	высокая	высокий	злаковые, реже лишайниковые
3	Сосна		приспевающие	спелые	средняя	средний	незначителен или отсутствует
4	Пихта	Кедр, осина, ель	спелые	перестойные	высокая	высокий	травяные, мохово-травяные
5	Ель	пихта береза	спелые	перестойные	высокая	средний	травяно-кустарничковые
6	Ель	береза, осина	приспевающие	спелые	средняя	средний	травяно-кустарничковые
7	Сосна	береза, осина	молодые	приспевающие	средняя	средний	травяно-кустарничковые
8	Береза осина	хвойные во втором ярусе	спелые	перестойные	высокая	высокий	травяные, мохово-травяные
9	Береза осина	возможны хвойные во 2 ярусе	приспевающие	спелые	высокая	средний	травяно-кустарничковые
10	береза	осина	молодые	приспевающие	средняя	средний	травяные
11	береза		молодые	приспевающие	средняя	низкий	травяные
12	Степные березняки (осинники)				низкая	низкий	остепненные
13	Редколесья и кустарники				крайне низкая	низкий	остепненные (пойменные)
31	Лиственница	кедр, пихта	спелые	перестойные	средняя	средний	травяные, травяно-моховые

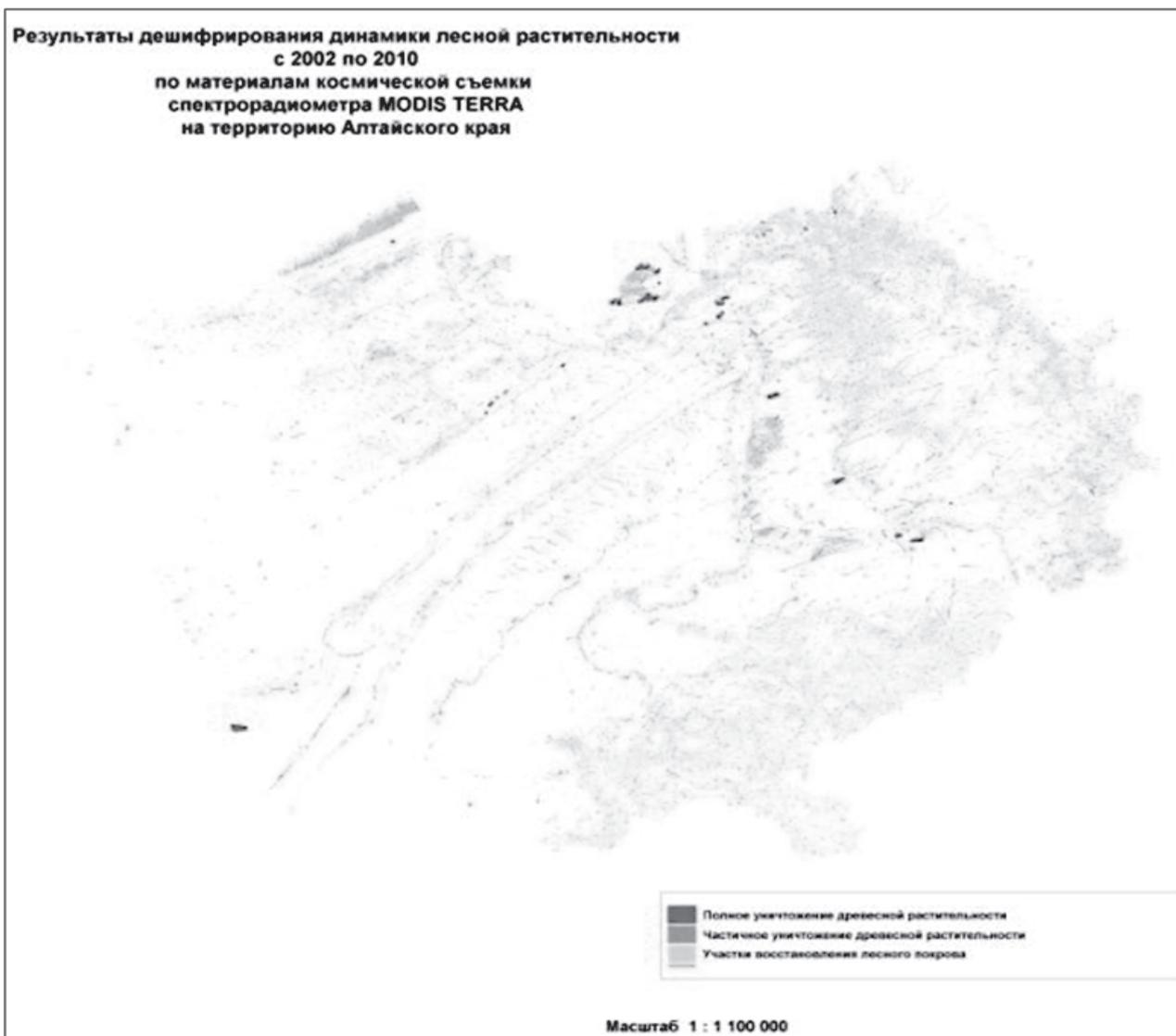


Рис. 4.8. Результаты дешифрирования спутниковых данных по Алтайскому краю

Кроме этого, за последние 10 лет в равнинной части Алтая достаточно большое количество объектов сформировалось в пределах мелких долинно-бессточных или временных водотоков. Это, в основном, кустарники, кусты лоха, караганы, появляется тополь и береза. В основном, эти участки приурочены не к территориям брошенных пашен, а именно брошенных пастбищ и сенокосов, которые сейчас интенсивно не эксплуатируются. То есть это борта балок, прихотливые участки пойм, которые сложно распахиваются, это вад и соровые долины, которые подсолонены, осолонцованы. За этот счет пахотное производство там невыгодно.

На севере степной зоны равнинного Алтая за последние 10 лет формируется заметный прирост древесной растительности, преимущественно березово-осиновые леса. В районах ленточных боров есть несколько фрагментов нарушений. Ближе к Казахстану они связаны с пирогенной активностью, ближе к Оби — это, в основном, вырубки, хотя есть и незначительные гари.

В долине Оби истари развивались высокопойменные леса на высоких террасах. В регионе доми-

нируют преимущественно смешанные лесные насаждения, включая значительную долю сосняков. Эти леса испытывают максимальный пресс как рекреационный, так и хозяйственно-бытовой, лесохозяйственный. Активно идут рубки. В ряде случаев замечено несоблюдение сроков примыкания. Эти леса неожиданно при анализе динамики показали очень хорошую положительную динамику, в основном за счет зарастания гарей 20 и 30-летней давности. Это хорошо видно на карте динамики. Сейчас гари несопоставимы по размеру с прошлыми размерами.

За этими лесами идет зона полого-наклонных равнин в предгорьях Кузнецкого кряжа. Сама по себе эта зона лесостепная. Много лесов по долинам балок и по оврагам. По карте динамики видно, что эти леса начинают отвоевывать себе все более широкие территории за счет опушечного эффекта, то есть зарастания опушек. В то же время, в самих предгорьях наблюдается зарастание полей и вырубок, что соответствует Залесовскому району, в котором проводилась экспериментальная работа по зарастанию пашни. Некоторые из этих заросших пашен видны даже на нашем космическом снимке.

На самом краю, наверху идет зарастание последствий лесохозяйственной деятельности 70-х — 90-х годов. Там нет современных рубок и хозяйственной активности. Поэтому видно только зарастание опушек, осветленных фрагментов лесов, зарастание их хвойными лесами. Та же тенденция наблюдается в пределах горного Алтая.

Кроме того, на этой территории существенную роль в динамике играют лиственница и кедр, которые в последнее время начали активно развиваться. Можно отметить, что остепненные склоны рудного Алтая не покрываются лесом. То есть становятся более плотными, более сомкнутыми те участки, которые уже исконно покрыты лесом. А южные и восточные экспозиции склона, лишенные древесной растительности, такими и остаются. Идет перестройка внутри структуры самого растительного покрова рудного Алтая.

Разработка конкретных мероприятий по адаптации лесного сектора Алтайского региона к изменениям климата может базироваться на подготовленной в рамках данного исследования комплексной лесной геоинформационной системе. Это позволит определять территории наиболее высоких рисков, например, пожароопасности лесных районов, и выделять приоритетные направления борьбы с лесными пожарами, распространением лесных болезней, вредителей, планировать лесозаготовки с учетом рисков для лесозаготовителей от потери коммерческой древесины, а также осуществлять управление лесами с учетом экосистемных и других функций лесов, в том числе в области создания углерод-депонирующих насаждений для привлечения инвестиционных ресурсов с мирового углеродного рынка.

Сафонов Георгий Владимирович,
Стеценко Андрей Владимирович,
Шишин Михаил Юрьевич

Редактор — *Сафонова Е. В.*

Лес и изменение климата:
региональная стратегия адаптации (на примере Алтая)

Подписано в печать 01.08.2016.
Формат 60×90/8. Печ. л. 8,5.

Издательство «ТЕИС»
115407, Москва, Судостроительная ул., 59