

Оценка лесов Сибири в условиях глобальных изменений



ИНСТИТУТ ЛЕСА им. В. Н. Сукачева СО РАН

**ОЦЕНКА ЛЕСОВ СИБИРИ
В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Ответственный редактор
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор В. А. Соколов

Санкт-Петербург
Научно-технологические
2023

УДК 630.6
ББК 43
О-93

V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE SIBERIAN BRANCH

Рецензенты:

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН Г. С. Вараксин
доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. Л. Шевелев*

Авторы:

*Соколов В. А., Фарбер С. К., Щепашенко Д. Г., Мухортова Л. В., Соколова Н. В.,
Кривобоков Л. В., Астапенко С. А., Буренина Т. А., Втюрина О. П., Корягина Е. А.,
Кузьмик Н. С., Ложенко М. Д., Люто А. А., Мартынов А. А., Мурзакматов Р. Т.,
Онучин А. А., Пашкеева О. Э., Сергеева О. В., Тютюкова Е. А., Хиневич Л. А.*

О-93 **Оценка лесов Сибири в условиях глобальных изменений** / отв. ред.
д-р с.-х. наук, профессор В. А. Соколов – СПб.: Научно-технологические
2023. – 326 с.: ил. – Авт. указаны на обороте тит. л.

**ASSESSMENT OF SIBERIAN FORESTS
UNDER GLOBAL CHANGES**

Действующее лесное законодательство убедительно показывает несостоятельность лесопользования и лесной политики в России.

В результате исследований разработаны рекомендации по организации лесного хозяйства с учетом произошедших изменений в лесном комплексе, экономических требований, экологических ограничений и новых знаний в области лесопользования и лесопользования.

В сфере лесного комплекса особое внимание необходимо уделить лесной экономике и, прежде всего, эколого-экономической оценке лесных ресурсов и биосферных функций леса с учетом глобальных изменений.

Книга рассчитана на специалистов в области лесопользования, лесопользования, лесоводства, экономики и охраны природы, а также работников лесного сектора, преподавателей и студентов лесотехнических вузов и биологических факультетов университетов.

Табл. 36. Илл. 23. Библиогр.: 395 назв.

Утверждено к печати
Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 21-46-07002 «Стратегия адаптивного управления бореальными лесами Сибири в условиях глобальных изменений».

Editor-in-Chief
Doctor of Sciences in Agriculture,
Professor V. A. Sokolov

ISBN 978-5-907804-02-9

© Коллектив авторов, 2023
© Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2023

Saint Petersburg
Naukoemkieologii
2023

UDC 630.6
BBK 43
O-93

Reviewers:

Doctor of Sciences in Agriculture, Professor, Academician of the RANS G. S. Varaksin
Doctor of Sciences in Agriculture, Professor S. L. Shevelev

Authors:

V. A. Sokolov, S. K. Farber, D. G. Schepaschenko, L. V. Mukhortova, N. V. Sokolova,
L. V. Krivobokov, S. A. Astapenko, T. A. Burenina, O. P. Vtyurina, E. A. Koryagina,
N. S. Kuzmik, M. D. Lozhenko, A. A. Lyuto, A. A. Martynov, R. T. Murzakmatov,
A. A. Onuchin, O. E. Pashkeeva, O. V. Sergeeva, E. A. Tyutkova, L. A. Khinevic

O-93 **Assessment of Siberian Forests under Global Changes:** monograph /
Editor-in-Chief Doctor of Sciences in Agriculture, Professor V. A. Sokolov –
SPb.: Naukoemkieologii, 2023. – 326 p. l.

The current forest legislation in Russia highlights significant shortcomings in forest management and forest policies.

As a result of extensive research, forestry management recommendations have been developed that consider recent changes in the forest sector, economic demands, environmental constraints, and the latest insights in forest management and exploitation.

Special focus should be on the economics of the forest industry to begin with the ecological and economic assessment of forest resources and biosphere functions of forests in light of global changes.

The book is primarily designed for specialists in forest management, forest inventory, forestry, economics, and nature conservancy as well as for workers of the forest sector. Furthermore, it serves as a valuable reference for educators and students at forest engineering universities, colleges and biological faculties of universities.

Tables 36. Fig. 23. Bibl.: 395 references.

Approved for publication
by V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS

The reported study was funded by the Russian Scientific Fund according to Research Project No. 21-46-07002.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (Соколов В. А., Фарбер С. К., Щепашенко Д. Г.)	7
1. Структура и динамика лесов	14
1.1. Структура и динамика лесов Сибири (Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В., Мурзакматов Р. Т., Хиневич Л. А.)	14
1.2. Нарушенность лесов Центральной Сибири за период с 1955 по 2020 гг. (Фарбер С. К., Соколова Н. В., Тютюкова Е. А., Люто А. А., Астапенко С. А., Мартынов А. А.)	29
1.3. Экологическое значение внешних воздействий (Фарбер С. К., Мартынов А. А.)	57
1.4. Оценка зоологического биоразнообразия мелких млекопитающих (на примере территории Енисейского края Красноярского края) (Люто А. А.)	61
2. Лесное районирование (Фарбер С. К., Соколов В. А., Кривобоков Л. В.)	69
3. Оценка древесных ресурсов	94
3.1. Эколого-экономическая доступность и оценка древесных ресурсов (Соколов В. А., Фарбер С. К., Соколова Н. В.)	95
3.2. Эколого-экономическая оценка древесных ресурсов на примере Красноярского края (Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В.)	108
3.3. Физико-химические характеристики древесины здоровых и угнетенных деревьев Pinus sibirica Du Tour (Тютюкова Е. А.)	120
4. Оценка защитных лесов	130
4.1. Кедровые леса (Соколов В. А., Соколова Н. В., Втюрина О. П.)	133
4.2. Рекреационные леса (Кузьмик Н. С., Соколов В. А., Фарбер С. К.)	143
4.3. Водоохранные леса (Онучин А. А., Буренина Т. А., Соколов В. А.)	150
5. Леса Сибири в процессе Парижского соглашения	159
5.1. Общие положения (Соколов В. А., Щепашенко Д. Г.)	159
5.2. Экспериментальные оценки роли лесных экосистем Центральной Сибири в бюджете углерода (Мухортова Л. В.)	172
5.3. Оценка изменений бюджета углерода лесных экосистем за последние 20 лет на примере тестовых участков в средней тайге и в подтаежной зоне (Мухортова Л. В., Щепашенко Д. Г., Фарбер С. К., Кривобоков Л. В., Сергеева О. В., Ложенко М. Д., Корягина Е. А., Пашкеева О. Э.)	179
5.3.1. Объект и методы исследования: актуализация материалов лесоустройства и расчеты запасов углерода в компонентах лесных экосистем	179
5.3.2. Изменения запасов углерода в лесах на примере тестовых полигонов в средней тайге и в подтаежной зоне Центральной Сибири	200
6. Оценка лесов на территориях проживания коренных малочисленных народов севера (Соколов В. А., Соколова Н. В., Фарбер С. К.)	205
7. Прогноз динамики лесов	212
7.1. Методические подходы к прогнозированию динамики лесов (Соколов В. А., Втюрина О. П.)	212
7.2. Прогноз развития лесов Красноярского края по модели G4M (Щепашенко Д. Г.)	222
8. Стратегия развития лесного сектора Сибири в условиях глобальных изменений (Соколов В. А., Фарбер С. К., Соколова Н. В.)	229
Заключение (Соколов В. А., Фарбер С. К., Щепашенко Д. Г.)	247
Литература	254
Приложения	290

CONTENTS

Introduction (Sokolov V., Farber S., Schepaschenko D.).....	7
1. Forest Structure and Dynamics	14
1.1. Siberian Forest Structure and Dynamics (Sokolov V., Vtyurina O., Sokolova N., Murzakmatov R., Khinevich L.).....	14
1.2. Disturbance of the Central Siberia Forests from 1955 to 2020 (Farber S., Sokolova N., Tyutkova E., Lyuto A., Astapenko S., Martynov A.).....	29
1.3. Ecological Importance of External Impacts (Farber S., Martynov A.).....	57
1.4. Assessment of the Ecological Biodiversity of Small Mammals: the Case of the Yenisei Ridge (Lyuto A.).....	61
2. Forest Zoning (Farber S., Sokolov V., Krivobokov L.).....	69
3. Wood Resources Assessment	94
3.1. Ecological and Economic Accessibility and Wood Resources Assessment (Sokolov V., Farber S., Sokolova N.).....	95
3.2. Ecological and Economic Assessment of Wood Resources: the Case of Krasnoyarsk Krai (Sokolov V., Vtyurina O., Sokolova N.).....	108
3.3. Physiochemical Features of the Wood of Vigorous and Weakened Trees <i>Pinus sibirica</i> Du Tour (Tyutkova E.).....	120
4. Assessment of Protective Forests	130
4.1. Cedar Forests (Sokolov V., Sokolova N., Vtyurina O.).....	133
4.2. Ecological and Economic Assessment of Recreational Forest: the Case of Krasnoyarsk City (Kuzmik N., Sokolov V., Farber S.).....	143
4.3. Water Protection Forests (Onuchin A., Burenina T., Sokolov V.).....	150
5. Siberian Forests in the Paris Climate Agreement Process	159
5.1. General Provisions (Sokolov V., Schepaschenko D.).....	159
5.2. Pilot Evaluations of the Role of the Central Siberia Forest Ecosystems in the Carbon Budget (Mukhortova L.).....	172
5.3. Change Assessment of the Forest Ecosystem Carbon Budget over the Past 20 year: the Case of the Middle Taiga and Subtaiga Test Plots (Mukhortova L., Schepaschenko D., Farber S., Krivobokov L., Sergeeva O., Lozhenko M., Koryagina E., Pashkeeva O.).....	179
5.3.1. Research object and methods: updating of forest inventory data and calculations of carbon stock in forest ecosystem components.....	179
5.3.2. Changes in carbon stocks in forests: the case of the Central Siberia middle taiga and subtaiga test sites.....	200
6. Assessment of Forests in Territories of Indigenous Minority of the North (Sokolov V., Sokolova N., Farber S.).....	205
7. Forest Outlook	212
7.1. Methodological Approaches to Forecasting Forest Dynamics (Sokolov V., Vtyurina O.).....	212
7.2. Forecast of the Developing Forests of Krasnoyarsk Krai by the G4M model (Schepaschenko D.).....	222
8. Development Strategy of the Siberian Forest Sector under Global Change (Sokolov V., Farber S., Sokolova N.).....	229
Conclusions (Sokolov V., Farber S., Schepaschenko D.).....	247
Reference.....	254
Appendix.....	290

ВВЕДЕНИЕ

Бореальные леса Сибири, как значительная часть крупнейшего биома планеты, выполняют важнейшие биосферные функции, формируют углеродный и водный баланс территорий, служат источником сырьевых и пищевых ресурсов, оказывают большое влияние на формирование культуры и традиций народов, населяющих лесные регионы, обладают огромным потенциалом развития экономики.

Современная парадигма природопользования формировалась много лет и была формально закреплена в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Конференцией ООН по окружающей среде и развитию. В лесном секторе много лет господствовала идея постоянства лесопользования, но смена социально-экономической системы, в том числе и в России, подорвала ее устои. Из существующих ныне представлений о прогрессе лесного комплекса наиболее употребительной оказалась устойчивость развития — sustainable development, а также формулирование целей устойчивого развития — Sustainable Development Goals (SDGs). На базе предложений по устойчивости развития сформирована идея адаптивного управления, являющегося модификацией лесопользования в связи с постоянно изменяющимися экологическими и социально-экономическими условиями.

Глобализация мировой экономики, геополитические коллизии современности и климатические факторы оказывают существенное влияние на состояние и функционирование лесов, вызывая необходимость формирования соответствующей лесной политики, обеспечивающей сбалансированность экономических, экологических и социальных интересов. Решение этих проблем невозможно без соответствующих знаний о природе лесных экосистем, их динамике и современных представлений о лесах как составных частей глобальной природной системы, в которой человек играет все возрастающую роль.

Очевидно, что лесная политика и все соответствующие законодательные и нормативно-правовые акты должны учитывать природу лесов и специфику лесообразовательного процесса, включая

естественные и антропогенные сукцессии, динамику растительности. Кроме того, за последние десятилетия существенно изменилась пирологическая ситуация в лесах в связи с изменением климата и усилением антропогенной нагрузки, нарушилась природная цикличность и приуроченность возгораний, а значит, и изменились пирогенные сукцессии (Фуряев и др., 2012). Появились и продолжают расширяться, с одной стороны, площади техногенно нарушенных лесов, а с другой стороны — площади заброшенных сельхозугодий, которые зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

В связи с этим первоочередной задачей фундаментальных исследований в лесоведении должен быть анализ и изучение последствий антропогенного воздействия на лесообразовательный процесс и динамику лесной растительности. Это позволит получить знания о закономерностях формирования насаждений при поливариантном использовании лесных ресурсов и провести корректировку нормативно-правовой базы лесопользования с учетом региональных природных, этнических и культурно-исторических особенностей.

В последние десятилетия ситуация ухудшилась в связи с реформой лесного хозяйства, передачей лесов в аренду, уменьшением количества работников лесного хозяйства, непосредственно занятых в лесу, бюрократизацией лесного хозяйства. В результате лесопользование приобрело криминогенный, стихийный характер получения краткосрочной прибыли с игнорированием традиций и без соблюдения лесоводственных требований. Частые «новаторские» изменения правил лесопользования искажают классические понятия лесоводства и снижают контроль за лесопользованием, переводя его в область формальной отчётности.

В этой ситуации необходимо принять политическое решение о разработке принципов устойчивого, эффективного лесопользования и, самое главное, выдерживать их на всех уровнях — от принятия нормативных документов до контроля за их исполнением. Эффективность лесопользования не может быть определена без эколого-экономической оценки лесных ресурсов и учета их доступности.

Понятия эколого-экономической доступности и оценки лесных ресурсов введены нами в теорию и практику лесного хозяйства в 90-х годах прошлого века (Основы..., 1997; Соколов и др., 1994). Эти понятия возникли в результате развития теории многоцелевого лесопользования и повышающейся экологической роли лесов. Вследствие утраты монопольного положения древесного ресурса среди остальных «весомых и невесомых» лесных ресурсов и неуклонной интенсификации лесного хозяйства экологические факторы начинают играть существенную роль в организации лесопользования и приближаются по своему весу к экономическим.

Экологические факторы, лимитирующие использование лесных ресурсов, объективно существуют в природе. Некоторые из них отражены в государственных законодательных актах, например, распределение защитных лесов на категории защитности, некоторые — в ведомственных нормативных актах, например, особо защитные участки различного назначения. Разнообразное сочетание экологических и экономических факторов, например, затраты на транспортировку, и будет определять доступность для использования лесных ресурсов в конкретных условиях времени и пространства.

Суть эколого-экономической оценки лесов заключается в определении качественных и количественных показателей, характеризующих природные блага лесных экосистем и денежных эквивалентов этих показателей (Лебедев, 1998). Данные эколого-экономической оценки лесов должны быть важнейшей составной частью лесного кадастра и базой при формировании экономических лесных отношений.

Сложность эколого-экономической оценки лесов заключается в том, что дополнительно к оценке лесных ресурсов подлежат оценке средоформирующие и социальные функции лесов. Оценка этих функций является комплексной и малоразработанной проблемой, практически не освещенной в действующем лесном законодательстве. Исследования этих функций леса практически не связывались с их экономической оценкой. Дополнительная сложность заключается в том, что эффект от них

проявляется за пределами отрасли лесного хозяйства. Дополнительный доход от экологических функций леса может формироваться в других отраслях, например, сельском, водном и охотничьем хозяйствах.

Траектории от текущего состояния лесов к будущему неопределены, поэтому лесоводам предстоит выработать основы адаптивного управления для будущих лесов (Дубенок, Лебедев, 2021). Управление (достижение цели) заключается в последовательной корректировке текущего планирования. В основе принятия управленческих решений лежат первичные данные. Для управления объектом хозяйствования — лесной отраслью или лесным хозяйством отдельного предприятия, в качестве первичных данных используются материалы лесоустройства. Методы таксации предполагают в том числе дешифрирование аэрокосмических снимков с итоговой детализацией показателей на уровне таксационных выделов. При этом анализируются прямые признаки изображения объекта дешифрирования и косвенные, главным образом, связанные с местоположением (с формами рельефа). Спектральная яркость пикселей изображения отдельных объектов также является косвенной характеристикой растительного покрова. Использование спектральных индексов, в т. ч. вегетационного индекса NDVI, как показано в ряде литературных источников, позволяет по спутниковым изображениям проводить классификацию типов растительности и выявлять их динамику во времени. Возможно, что с определенной достоверностью по спектральным индексам можно будет определять и некоторые таксационные показатели насаждения выдела. Однако, дистанционные данные содержат не всю требуемую информацию. Часть такой информации представлена на картографических материалах, например, принадлежность лесов к тем или иным хозяйственным категориям, а часть может быть получена наземными методами, например, возрастная структура насаждений. Следует поэтому признать, что на сегодняшний день лесоустроительные данные — это наиболее полная и достоверная информация о состоянии лесов, и что достойной альтернативы материалам массовой таксации не существует.

Управленческие решения в лесном хозяйстве базируются не только на анализе первичных лесотаксационных материалов. Другой не менее важной составляющей является знание закономерностей жизни леса, которые лесоводственная наука обобщает в виде теории лесообразовательного процесса. Текущие во времени изменения — сукцессии, относятся ко всем аспектам жизни леса, и закономерности лесообразовательного процесса следует принимать во внимание при принятии управленческих решений. Знание особенностей сукцессионных циклов должно стать основой региональных нормативов лесного хозяйства, в частности их следует учитывать в Правилах рубок и Рекомендациях по лесовосстановлению.

Сукцессии, как правило, вызваны внешним воздействием, но протекают, повинаясь биологическим особенностям леса и экологическим условиям. В Сибири из внешних нарушений наиболее значимы лесные пожары, рубки, вредители леса и экстремальные погодные условия. Именно эти воздействия зачастую кардинально прерывают текущий цикл сукцессии с результатом в виде гибели древостоя, формирующего лесную экосистему. Лесные климатические сукцессии — следствие изменения режимов тепла и влаги. Одновременной гибели лесных экосистем в этом случае на начальных этапах обычно не происходит. Но при достижении определенных пределов (tipping point) тепло и влага становятся ведущими факторами, лимитирующими направление лесообразовательного процесса. Для управления лесами важно понимать, а значит необходимо выявить величины климатических показателей, превышение которых уже будет заметно влиять на состав и продуктивность лесов. Закономерности лесообразовательного процесса и основные виды сукцессий к настоящему времени изучены достаточно подробно. Однако требуются их систематизация и корректировка с целью учёта изменения климата и режимов нарушений.

С. А. Нестеров (2005) определяет адаптивное управление как процесс контроля параметров системы с целью достижения определенного (оптимального) результата при начальной неопределенности и изменяющихся внешних условиях. Понятие «адаптивное управление» является

нечётким, что позволяет трактовать его достаточно разнопланово по отношению к различным объектам. Относительно объекта «лес» наиболее адекватным представляется определение, фигурирующее в экономико-математическом словаре. По мнению Л. И. Лопатникова (2003), управление является адаптивным, когда желательное состояние системы определяется на основе предшествующего процесса управления, т. е. на основе накопления опыта и «обучения».

Управление лесами может считаться адаптивным тогда, когда посредством управленческих решений последовательно достигаются цели ведения лесного хозяйства. При этом на каждом этапе происходит контроль состояния (эко)системы и коррекция (адаптация) управленческих решений. Предмет управления — лес живет по законам лесообразовательного процесса. Он выполняет экологические функции и предоставляет экосистемные услуги. Посредством учета лесообразовательного процесса, а также лесных функций управление лесом приобретает черты приспособления (адаптации). Отсюда следует, что адаптивное управление лесами формируется:

- на основе данных о лесах (прошлого и современного состояния);
- через оценку значимости ресурсных и экологические функций лесов;
- прогнозного состояния лесов и анализа сценариев хозяйственного вмешательства.

Посредством адаптивных управленческих решений последовательно корректируется состояние леса с получением в итоге насаждений с целевыми показателями. Какие насаждения при этом принимаются за целевые — вопрос, также требующий конкретизации. Полагаем, что в качестве целевого можно рассматривать насаждение, обеспечивающее максимально возможный положительный эффект от выполнения ресурсных и экологических функций (услуг). Таким образом, выбор оптимального сценария адаптивного управления осуществляется по критериям минимизации затрат и максимизации стоимости леса. Само же управление лесами осуществляется посредством лесохозяйственных

мероприятий и является ответом на внешние воздействия, в качестве которых следует учитывать основные — естественные (лесные пожары, вредители и болезни леса, климатические изменения) и антропогенные (рубки, загрязнение природной среды). Экосистемно-ориентированное лесное хозяйство не имеет целью быстрого извлечения монетарного дохода. При переходе от использования леса как ресурса к ответственному управлению лесами эффективность лесного хозяйства должна возрастать (Писаренко, Страхов, 2012).

1. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЛЕСОВ

1.1. Структура и динамика лесов Сибири

Структура лесного фонда характеризуется количественными и качественными показателями, которые раскрывают эколого-экономическое содержание лесов конкретного объекта. Для характеристики структуры лесного фонда используются разнообразные распределения земель в форме таблиц, а также лесные карты тематического характера.

Структурообразующими признаками лесной растительности являются древесная порода, возраст, ярусность, полнота, запас, характер размещения деревьев, происхождение (семенное, порослевое, искусственное), степень повреждения естественными вредителями, стихийными силами и воздействием человека, тип условий местопроизрастания (сюда входят рельеф, климат, почвогрунты, гидрологические условия). Всевозможное переплетение этих признаков и их изменчивость во времени ведут к большому разнообразию растительных ассоциаций. Тем не менее можно выделить ведущие структурообразующие факторы, являющиеся основой, на которой формируются все остальные.

Исходными условиями формирования растительных формаций следует считать климатические и литогенные условия внешней среды, которые, складываясь из многих компонентов и взаимно трансформируя свои лесорастительные качества (климат через особенности рельефа, рельеф через особенности климата), позволяют развиваться только в заданном направлении остальным факторам структурообразования. Для горных лесов важен еще специфический литогенный фактор формирования структуры растительности — тектонический, поэтому так велика роль ландшафтного подхода при изучении крупных таксонов растительного покрова или больших участков земной поверхности.

Общая площадь лесного фонда Сибирского федерального округа (СФО) равна 372,8 млн га, в том числе покрытая лесом — 217,7 млн га (табл. 1). На долю лесов СФО приходится 27,4% покрытых лесом земель

России и 6,6% покрытой лесом площади мира, что свидетельствует о глобальном значении лесов Сибири.

Территория СФО имеет наибольшую лесистость в России — 53,9%. В 1914 г. лесистость Сибири была ориентировочно 52% (Орлов, 1924). В Западной Сибири из-за заболоченности велика доля нелесных площадей — 39,6%, в Восточной Сибири этот показатель равен 14,8%.

География породного состава лесов Сибири неравномерная и отражается в значительной мере на характере размещения лесной промышленности и деревоперерабатывающих производств. Наибольшая концентрация их приурочена к сосновым и елово-пихтовым лесам Южной Сибири.

Производительность лесов Сибири характеризуется средним классом бонитета III,8, по хвойным она еще ниже — IV,0. Значительна доля низкопроизводительных насаждений V, Va и ниже классов бонитета — 32,1%, в то время как высокопроизводительных (II класс бонитета и выше) — 7,6% (Основы..., 1997).

Огромные площади представлены насаждениями лиственницы (31,2%). Они размещены в основном в северных и центральных районах Восточной Сибири. Древесина лиственницы не нашла еще должного спроса из-за трудностей ее заготовки и переработки. Проблема использования древесины лиственницы имеет не менее важное значение, чем освоение ресурсов мягколиственных пород.

Структура лесного фонда характеризуется не только площадью лесов, но и запасами древесины в них (табл. 2). Запас древесины основных лесообразующих пород СФО равен 27,6 млрд м³, в том числе запас спелых и перестойных — 12,7 млрд м³. Это составляет от идентичных показателей по России соответственно 33,2 и 28,9%.

Динамика площади лесов Сибирского федерального округа

Субъекты РФ	Год учета	Покрытые лесом земли, тыс. га						
		итого	хвойные	сосна	ель, пихта	кедр	лиственница	мягколи- ственные
Красноярский край	1966	105802,8	87304,5	11234,9	14153,3	10322,3	51594,0	18498,3
	2020	104987,5	79897,1	13534,0	12944,4	9676,9	43741,8	18085,6
Республика Хакасия	2020	2849,9	2019,6	217,6	558,6	843,6	399,8	822,4
Иркутская область	1966	51984,6	43976,4	15737,8	3995,4	5776,7	18466,5	8008,2
	2020	62780,8	45688,3	15474,5	4880,1	6919,9	18413,8	12124,1
Республика Тыва	1966	7725,7	7471,1	112,5	53,8	3573,1	3731,7	254,6
	2020	8068,2	7334,1	88,0	69,7	3250,8	3925,6	276,0
Алтайский край	1966	4734,3	3480,5	1002,7	729,3	948,6	799,9	1253,6
	2020	3727,9	1523,8	1080,9	304,2	39,0	99,7	2090,3
Республика Алтай	2020	3700,1	2829,4	63,8	456,1	1099,1	1210,4	753,6
Кемеровская область	1966	3842,5	2399,3	74,0	2134,3	183,8	7,2	1443,2
	2020	5116,7	2244,9	145,7	1920,2	169,1	9,9	2860,5
Новосибирская область	1966	2030,9	880,8	781,6	56,1	41,5	1,6	1149,3
	2020	4575,1	1014,9	897,8	68,7	45,0	3,4	3522,1
Омская область	1966	2296,4	767,7	566,8	72,6	127,7	0,6	1528,4
	2020	2658,2	959,1	690,4	132,2	134,6	1,9	1696,8
Томская область	1966	16317,3	8327,1	4584,0	749,3	2990,1	3,7	7990,2
	2020	19233,3	10312,7	5578,5	1084,1	3642,2	7,9	8852,4
Всего по СФО	1966	194734,5	154607,4	34094,3	21944,1	23963,8	74605,2	40125,8
	2020	217697,7	153823,9	37771,2	22418,3	25820,2	67814,2	51083,8
	Изменения	22963,2	-783,5	3676,9	474,2	1856,4	-6791,0	10958,0

Примечание: в 1966 г. Республика Хакасия входила в состав Красноярского края, Республика Алтай – в состав Алтайского края.

Динамика запасов насаждений Сибирского федерального округа

Субъекты РФ	Год учета	Запасы, млн м ³							
		итого	хвойные	запас спелых и перестойных	сосна	ель, пихта	кедр	лиственница	мягколиствен- ные
Красноярский край	1966	14197,50	12529,86	11263,71	1657,64	2107,58	1459,36	4911,91	1127,22
	2020	11419,48	9534,77	6722,15	1455,41	1468,75	465,02	3332,97	1228,26
Республика Хакасия	2020	441,88	362,13	127,53	6,62	51,96	46,22	22,73	39,53
Иркутская область	1966	7970,47	7282,11	5792,78	2189,90	504,76	669,60	2085,48	343,04
	2020	8642,68	7365,98	4153,02	1421,96	546,50	328,97	1855,59	686,87
Республика Тыва	1966	1030,68	1005,90	863,27	17,38	6,24	356,14	466,46	17,05
	2020	1138,50	1102,36	446,34	12,04	6,81	14,48	413,01	22,30
Алтайский край	1966	744,83	601,90	417,68	22,87	82,51	113,44	109,56	89,30
	2020	536,54	285,40	105,02	71,07	23,88	0,74	9,33	131,41
Республика Алтай	2020	701,38	598,69	258,22	2,07	59,13	40,33	156,69	73,53
Кемеровская область	1966	502,92	342,39	349,46	1,50	209,22	19,77	0,21	118,76
	2020	666,55	308,78	145,60	1,91	138,62	4,95	0,12	183,78
Новосибирская об- ласть	1966	183,72	84,39	92,59	17,96	3,62	3,43	0,10	67,48
	2020	562,15	128,47	63,88	52,19	7,9	3,56	0,23	193,06
Омская область	1966	271,19	90,99	193,76	27,39	7,93	22,38	0,02	136,04
	2020	640,41	144,16	45,88	26,14	13,95	0,19	5,60	315,40
Томская область	1966	2271,37	1307,61	1730,13	431,33	140,20	403,07	0,28	755,25
	2020	2844,92	1597,39	678,66	420,47	136,34	121,04	0,81	1004,68
Всего по Сибири	1966	27172,68	23245,15	20703,38	4365,97	3062,06	3047,19	7574,02	2654,14
	2020	27594,49	21428,13	12746,30	3469,88	2453,84	1025,50	5797,08	3878,82
	Изменения	421,81	-1817,02	-7957,08	-896,09	-608,22	-2021,69	-1776,94	1224,68

В Сибири находятся основные площади насаждений кедр — 25,8 млн га или 66,5% кедровников России. Это наиболее ценная и охраняемая порода Сибири. В кедровниках запрещены промышленные рубки. К этой проблеме мы еще вернемся.

Возрастная структура лесного фонда представляет собой распределение покрытых лесом земель по преобладающим древесным породам и группам возраста. Это внешний порядок распределения насаждений по территории. Внутренний порядок организации ценозов характеризуется возрастной структурой древостоев и является важным показателем их строения, определяющим выбор способов рубки, и в конечном итоге — оборот хозяйства. В настоящее время по общепринятой классификации древостои подразделяются на разновозрастные, условно разновозрастные и разновозрастные (Семечкин, 1963; Фалалеев, 1985; Основы..., 1997 и др.).

Распространено мнение, что в Сибири широко представлены разновозрастные древостои (Фалалеев, 1985). Однако массовые данные лесоустройства не подтверждают это положение. Например, доля участия разновозрастных насаждений в лесопокрытых землях Восточно-Саянского горно-таежного района равна 4% (Соколов, 1985). По исследованиям Е. П. Данюлиса (1969), в сосняках Иркутской области они составляют 24%. В то же время сплошная выборка сосновых выделов больших массивов Приангарья, проведенная Н. Е. Суприяновичем (1977) по материалам лесоустройства, показала, что доля разновозрастных древостоев здесь лишь 9,3%. Материалы лесоустройства на территории Усть-Илимского лесопромышленного комплекса свидетельствуют, что в сосняках это число не превышает 2%. Приведенные данные объясняют абсолютное преобладание в районе сплошнелесосечного способа рубок. В то же время вышесказанное не исключает необходимости проведения несплошных рубок в разновозрастных древостоях.

Леса как биологический объект находятся в постоянном развитии под влиянием природно-исторических и антропогенных факторов. Ретроспективное изучение развития леса необходимо для оценки результатов деятельности человека в лесу, постановки задач мониторинга лесов

и прогнозирования структуры лесного фонда на ближнюю и отдаленную перспективу. Динамика сибирских лесов изучена весьма слабо. Следует отметить, что ранее при лесоустройстве прослеживались изменения в лесном фонде за ревизионный период (обычно за 10–12 лет), хотя анализ динамики лесов делался шаблонно и поверхностно. То же самое можно сказать и о прогнозе структуры лесного фонда на десятилетний срок, который не учитывался при повторном лесоустройстве. На уровне отдельных лесных районов подобного рода исследования вообще не проводятся.

Важность и необходимость изучения динамики лесного фонда официально признана лесоустроительными инструкциями 1964, 1986, 1995 годов. В «Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Часть II» (1995) указывается, что результаты анализа динамики лесного фонда служат основанием для определения приоритетов в лесоустроительном проектировании, направленных на устранение негативных тенденций в лесах. Однако лесоустроительные инструкции 2007, 2018 и 2022 годов игнорируют необходимость исследования динамики лесов, что свидетельствует о недооценке составителями лесообразовательного процесса.

Показатели динамики лесного фонда являются объективной основой для оценки хозяйственной деятельности человека в лесу (Dengler, 1923; Орлов, 1928; Воронин, 1960; Шейнгауз, 1976; Рийникс, 1987; Соколов и др., 1994; Динамика..., 2013 и др.). В то же время они являются стартовой базой для осуществления прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов. Практика лесоустройства показывает, что формальный анализ динамики лесного фонда не мог служить основой дальнейшего проектирования. К такому же выводу пришел и А. С. Шейнгауз (1986). Его методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда актуальны и сегодня, но до сих пор не востребованы практикой. Это еще одно свидетельство экстенсивности лесного хозяйства в Сибири и на Дальнем Востоке.

По А. С. Шейнгаузу (1986), методы анализа динамики лесного фонда разделяются на 2 группы:

а) по материалам учета лесного фонда;

б) по материалам лесоустройства.

Первая группа позволяет производить анализ по административно-хозяйственным единицам, по которым составляются формы учета лесного фонда, начиная от лесохозяйственного предприятия и кончая в целом Россией. Вторая группа приемлема для отдельных лесохозяйственных предприятий или их частей.

В настоящее время делаются попытки разработки стратегии адаптивного управления бореальными лесами Сибири в условиях глобальных изменений (Соколов и др., 2021). Решение этой проблемы невозможно без оценки динамики лесов, природных и антропогенных воздействий на лесные экосистемы за максимально возможный период. Началом этого периода был принят 1966 год, когда был проведен первый единовременный учет лесов Сибири. Сведения о динамике лесного фонда СФО за период с 1966 по 2020 годы, т. е. за 54 года приведены в таблицах 1 и 2.

За этот период произошли весьма существенные изменения.

Покрытые лесом земли увеличились по Сибири на 23 млн га или 11,8%. Увеличение произошло в период с 1961 по 1983 гг., т. е. после принятия лесоустроительной инструкции 1964 г. По этой инструкции были смягчены требования по отнесению древостоев к хвойным, а редколесий и кустарников — к покрытой лесом площади. Это позволило перекрыть (несколько искусственно) потери в покрытых лесом землях от пожаров, вредителей леса и прочих стихийных явлений, а также сплошных рубок.

Тем не менее общий запас насаждений, особенно спелых и перестойных, снизился, соответственно, на 1,8 и 8,0 млрд м³ или 7,8 и 38,4%. Текущий прирост насаждений не смог превысить потери запаса от стихийных бедствий и рубок. Объем последних неуклонно возрастал: в 1960 г. в Сибири было заготовлено 63,1 млн м³ древесины, в 1970 — 84,3, в 1980 — 93,0, в 1990 — 102,0 млн м³. В 1993 г. начался резкий спад объема рубок. В 2008 г. размер рубок составил только 43,0 млн м³. Затем начался новый рост объема рубок, который в 2019 г. достиг 70,2 млн м³. Всего за прошедшие годы было заготовлено около 4,6 млрд м³ ликвидной

древесины. Вырубались в основном хвойные древостои, поэтому площадь и запас лиственных пород увеличились.

С учетом потерь древесины при рубках было изъято значительно больше. Исследования (Соколов, 1979, 1981, 1983), проведенные в лесах Восточного Саяна, показали, что потери древесины при лесозаготовках составляли в среднем 25% от запаса до рубки. Исследования А. С. Смольянова (1978) в Красноярском Приангарье показали, что потери древесины в этом районе составляют 36,5% от ликвидного запаса. А. С. Исаев (1978) отмечал, что потери древесины в сырьевых базах леспромхозов Сибири и Дальнего Востока равны 30% ликвидного запаса древостоев. В равнинных темнохвойных лесах Сибири потери деловой древесины достигли 32 м³ на 1 га. Э. Н. Фалалеев (1985) отмечал, что потери деловой древесины в Приангарье, в пределах Красноярского края и Иркутской области, составляют 40 м³ на 1 га. Аналогичны данные по Усть-Илимскому лесопромышленному комплексу за период с 1973 по 1988 годы (Дворяшин, Соколов, 1990).

Итак, с учетом потерь при рубке леса по ориентировочным подсчетам за анализируемый период из лесов Сибири было изъято около 6,0 млрд м³ общего запаса насаждений. Еще около 2 млрд м³ потерь корневого запаса насаждений объясняется воздействием пожаров, очагов вредителей леса, ветровалами, эмиссиями. Уменьшение площади и запасов лиственных древостоев объясняется как раз воздействием крупных лесных пожаров на северных неохранных территориях (так называемых зонах контроля).

Потери древесины приводят к сильному захламлению вырубок. Это затрудняет или делает невозможным проведение лесокультурных работ и значительно увеличивает пожарную опасность в лесу (Исаев, 1980; Соколов, 1978, 1979, 1981, 1983; Косицын и др., 2003 и др.).

В целом по Сибири антропогенный пресс еще не оказал необратимого давления на леса. Этот вывод не может быть обращен к отдельным локальным территориям. Динамика лесного фонда по таким крупным административным единицам как субъекты РФ или Сибирь в целом не позволяет получить ряд глубоких характеристик и несет в себе систематические ошибки, которые практически невозможно определить.

Сочетание множества факторов природного и антропогенного характера, которые зачастую вообще не учитываются исторически и территориально (пожары, ветровалы, очаги вредителей леса, эмиссии и др.), не позволяет во многих случаях достоверно определить причины многих изменений в лесном фонде. Поэтому более надежным вариантом будет анализ динамики лесного фонда по отдельным экорегионам или лесохозяйственным районам (Скудин, 2000).

По мнению Л. Н. Ващука и А. З. Швиденко (2006, с. 5), «Динамика лесных пространств аккумулирует все природные и антропогенные воздействия на лес и в конечном итоге является зеркалом состояния лесов, особенностей функционирования лесных экосистем и основных тенденций их развития. Результаты ее изучения являются объективной основой для оценки взаимодействия человеческого общества и леса и, в частности, хозяйственной деятельности человека в лесу, служат информационной основой для прогнозирования использования и воспроизводства ресурсов на ближнюю и отдаленную перспективы».

Динамика лесов Сибири относительно стабильна, но связано это не столько с целенаправленным влиянием человека, сколько с благоприятным ходом естественного возобновления на не покрытых лесом землях в таежных условиях.

Далее более детально рассмотрим динамику лесного фонда на примере Красноярского края, наиболее репрезентативного для условий Сибири (табл. 3, 4).

За последние 56 лет было вырублено насаждений на площади 4,5 млн га с общим запасом 900 млн м³, пройдено пожарами 12,5 млн га, уничтожено вредителями и болезнями леса 3,7 млн га, и сотни тысяч гектаров отчуждены из лесного фонда для создания инфраструктуры, не связанной с лесным хозяйством (зоны затопления ГЭС, ЛЭП, дороги, гражданское и промышленное строительство и др.).

За истекший период покрытые лесом земли уменьшились на 1,0 млн га, по хвойным насаждениям — на 19 млн га. Общий запас древесины хвойных уменьшился на 24,8%, в том числе спелых и перестойных — на 34,7%.

Динамика лесного фонда Красноярского края

Год	Площадь, млн га			Запас древесины, млрд кубм			Лесопользование, млн кубм		
	общая	покрытая лесом	в т. ч. хвойных	общий	в т. ч. хвойных	из них спелых и перестойных	расчетная лесосека	фактически вырублено	в т. ч. хвойных
1966	145,4	105,8	87,3	14,2	12,5	10,1	69,7	21,6	20,8
1973	144,9	107,3	89,6	13,5	11,9	9,9	71,4	22,7	21,8
1978	147,1	111,6	94,0	13,8	12,1	10,2	80,1	23,9	22,6
1983	160,6	112,0	94,3	13,9	12,4	11,1	80,2	21,4	19,9
1988	161,8	111,3	94,0	13,8	12,3	10,0	80,2	23,3	21,9
1993	155,8	102,1	79,0	11,2	9,6	6,8	66,4	15,7	14,2
1998	158,7	104,9	68,8	11,5	9,7	6,9	66,4	11,3	9,8
2003	158,7	104,9	68,8	11,5	9,7	6,8	77,5	10,3	8,8
2010	158,7	105,0	79,9	11,5	9,7	6,8	77,5	11,1	9,2
2011	158,7	105,1	80,0	11,5	9,7	6,8	77,5	12,0	9,8
2012	158,7	105,1	79,9	11,5	9,7	6,8	77,5	13,7	11,2
2013	158,7	105,1	68,8	11,7	9,8	6,8	81,7	13,4	11,0
2014	158,7	105,1	68,8	11,5	9,6	6,8	81,9	15,3	12,7
2015	158,7	105,1	68,7	11,5	9,6	6,8	81,9	16,7	13,6
2016	158,7	105,0	68,7	11,5	9,6	6,8	81,9	18,6	15,2
2017	158,7	104,9	68,4	11,4	9,5	6,7	82,4	23,2	19,4
2018	158,7	104,9	68,4	11,4	9,5	6,7	103,2	21,2	16,7
2019	158,7	104,8	68,3	11,4	9,5	6,7	119,8	17,5	13,8
2020	158,7	104,8	68,3	11,3	9,4	6,6	117,6	19,1	14,9

Таблица 4

Данные о воспроизводстве лесов, лесных пожарах и погибших насаждениях в Красноярском крае

Год	Лесовосстановление, тыс. га		Лесные пожары		Погибшие насаждения, га	
	всего	в т. ч. лесные культуры	количество, шт.	площадь, тыс. га	вредители и болезни леса	антропогенные факторы
1991	80,7	19,8	465	15,8		
1992	80,6	19,1	700	56,3		
1993	77,4	16,1	1200	109,9		
1994	93,6	13,7	1213	131,8		
1995	88,8	14,5	987	27,8	150500	144
1996	63,4	12,2	1092	267,8	135800	106500
1997	63,9	9,3	870	96,6		
1998	63,6	10,9	553	12,4	14400	
1999	64,8	11,3	1195	67,6		
2000	55,3	11,3	535	7,4	1900	
2001	56,1	12,8	798	15,4		
2002	45,2	11,5	592	15,6		
2007	60,4	10,2	733	32,7	8672	
2008	58,0	10,3	1057	23,6	4693	481
2009	57,9	10,3	511	6,5	1528	
2010	49,0	7,0	658	8,6	1149	
2011	56,3	7,4	1461	103,6	408	
2012	57,0	7,2	2409	420,3	2562	
2013	54,9	6,4	902	53,9	5125	80
2014	51,8	5,2	1583	151,8	1628	99

Год	Лесовосстановление, тыс. га		Лесные пожары		Погибшие насаждения, га	
	всего	в т. ч. лесные культуры	количество, шт.	площадь, тыс. га	вредители и болезни леса	антропогенные факторы
2015	50,4	4,8	1013	25,8	4171	153
2016	53,1	4,7	1458	209,8	35123	1751
2017	58,9	5,2	1609	503,2	26932	1485
2018	70,4	5,5	1639	1569,5	43335	309
2019	92,9	6,9	2059	2425,9	16336	15
202	99,9	10,7	1377	457,6	22256	165

Динамика лесного фонда свидетельствует об ухудшении качественного состава лесов. Причинами этого являются не глобальное потепление климата, а вполне предсказуемые антропогенные и природные факторы: рубки леса, пожары и очаги вредителей леса, естественные возобновительные процессы, отчуждение вследствие развития инфраструктуры и др.

В регионах Сибири, где преобладают спелые и перестойные насаждения, все еще продолжается период экстенсивного освоения и использования лесных ресурсов (Соколов, Фарбер, 2006; Динамика..., 2013). В результате длительной лесозаготовки, а также природных нарушений (пожары, вредители, болезни леса и др.) существенно ухудшилось качество лесосечного фонда — ускоренными темпами происходила смена коренных формаций на производные леса мягколиственных пород, что привело к дефициту сырья у крупных лесоперерабатывающих предприятий. Начиная с 1966 по 1988 г., объем рубок в Центральной Сибири неуклонно возрастал (табл. 5).

Таблица 5

Показатели заготовки древесины в Центральной Сибири

Год	Лесопользование, млн м ³		
	расчетная лесосека	фактически вырублено	в т. ч. хвойных
1966	69,7	21,6	20,8
1973	71,4	22,7	21,8
1978	80,1	23,9	22,6
1983	80,2	21,4	19,9
1988	80,2	23,3	21,9
1993	66,4	15,7	14,2
1998	66,4	11,3	9,8
2003	77,5	10,3	8,8
2010	77,5	11,1	9,2
2011	77,5	12,0	9,8
2012	77,5	13,7	11,2
2013	81,7	13,4	11,0
2014	81,9	15,3	12,7
2015	81,9	16,7	13,6
2016	81,9	18,6	15,2
2017	82,4	23,2	19,4
2018	103,2	21,2	16,7
2019	119,8	17,5	13,8
2020	117,6	19,1	14,9

Примечание — По данным территориального органа Росстата по Красноярскому краю, Республике Хакасия, Республике Тыва, государственных органов лесного хозяйства.

После распада Советского Союза и мирового кризиса 2008–2009 гг. объемы заготовки резко сократились. Постепенное увеличение их началось в 2014 г. Подобная картина наблюдалась по всем субъектам РФ в Сибири.

1.2. Нарушенность лесов Центральной Сибири за период с 1955 по 2020 гг.

Нарушения в лесных экосистемах возникают под влиянием естественных внешних воздействий — пожаров и вредителей леса. Сопоставимые по масштабам нарушения связаны с антропогенным воздействием — лесопользованием, строительством промышленных объектов, разведкой и добычей полезных ископаемых. Как следствие, решение многочисленных проблем лесопользования сопровождается необходимостью выявления произошедших изменений. Требуется понимание современного состояния лесов, а зачастую и состояния лесов на определенную дату или период времени прошлого. Изменение характеристик лесных экосистем, возникающее в результате внешнего воздействия, можно классифицировать как нарушенность.

Оценка нарушенности лесов обычно производится посредством анализа космических снимков (Воробьев и др., 2012; Hansen et al., 2013; Барталев и др., 2015 и др.). Оценочные показатели нарушенности лесных экосистем различаются. Э. А. Терехин (2017) предлагает шкалу, включающую ненарушенные (малонарушенные), слабонарушенные, средненарушенные, сильнонарушенные и разрушенные леса. Искусственные насаждения отнесены к дополнительной категории культурных лесных экосистем. Заметим, бальные системы оценок в силу нечеткости границ между классами субъективны. Предпочтительнее объективные количественные оценки. Е. Г. Суворов (1989) оценивает взаимоотношения ландшафтов темнохвойной тайги и соснового леса в Приангарье по занимаемым площадям. А. С. Шейнгауз (1994) нарушенность определяет как отношение

возраста насаждения к общему времени сукцессионного цикла до фазы климакса. Ю. Ф. Рожков, М. Ю. Кондакова (2021) оценивают нарушенность лесных экосистем по кривым распределения значений индексов лесистости. Оказалось, что на мультиспектральных космических снимках характер этих кривых для нарушенных участков отличается от нормального.

Использование космических снимков имеет временные ограничения. Для выявления нарушенности за период времени, превышающий дату появления космических снимков, источник информации должен быть иным. И в качестве такого рода информационного источника могут выступать материалы лесоустройства, содержащие максимально полную информацию о показателях лесотаксационных выделов. На основе данных массовой таксации можно выявить площадь появившихся за определенный период времени не покрытых лесом земель. Материалы лесоустройства лесничеств содержат все основные сведения о категориях земель и растительном покрове. Соответственно, по данным массовой таксации можно характеризовать растительные сообщества на уровне генерализации лесничества. Характеристика состояния лесов на уровне генерализации более крупных административных подразделений (края, области) предполагает наличие данных укрупненных лесотаксационных выделов. Такая работа уже была осуществлена в процессе выполнения международного проекта «Лесные ресурсы, проблемы окружающей природной среды и социально-экономического развития Сибири», выполненного в начале 2000-х годов в Международном институте прикладного системного анализа под руководством д.б.н. А. З. Швиденко. Материалы проекта содержат сведения, в т. ч. и о растительных сообществах Красноярского края, включая Республику Хакасия и Эвенкийский автономный округ, распределенные по иерархическим уровням эколого-экономического районирования. Первый уровень районирования — эко-регионы, границы которых проведены с учетом биоклиматических характеристик. Второй уровень — укрупненные по данным лесоустройства и скорректированные посредством дешифрирования по космическим снимкам выделы растительных сообществ (Фарбер, 2000).

На 2005 г. сведения о категории земель, площадях и характеристиках растительных сообществ содержатся в таксационных описаниях укрупненных выделов. При восстановлении характеристики насаждений по состоянию на 1955 г. (определение преобладающей породы и возраста древостоя) следует учитывать фазы и стадии лесообразовательного процесса, а также нормативы ведения лесного хозяйства:

1. Период лесовосстановления лиственных пород (береза, осина) на вырубках и гарях принят равным 2 годам, вне зависимости от прошлого состояния насаждения.

2. Период лесовосстановления светлохвойных пород (сосна, лиственница) на вырубках и гарях равен 5 лет (лесовосстановление без смены пород).

3. Период лесовосстановления темнохвойных пород (кедр, ель, пихта) на вырубках и гарях равен 7 лет (лесовосстановление без смены пород).

4. Распад лиственных березово-осиновых древостоев происходит при достижении возраста 100 лет. Одновременно с распадом 2-й ярус древостоя выходит из-под полога, образуя насаждение темнохвойной формации возрастом около 50 лет.

5. Создание лесных культур производилось на площадях, на которых естественное лесовосстановление задерживалось на срок, превышающий период лесовосстановления. Значение этого возраста принято равным 20 лет.

6. С учетом преобладания перестойных древостоев, возраста спелости и возраста пожарного созревания можно принять равными средние возрасты поступавших в рубку и сгоревших древостоев: для сосны, лиственницы, ели и пихты — 150 лет, кедра — 250 лет, березы и осины — 80 лет.

7. За 40–50 лет до 2005 г. запрета на рубку кедровых древостоев не было. Можно предположить, что культуры кедра создавались преимущественно на участках кедровых вырубок.

8. Состояние редины и кустарников от внешних воздействий зависит незначительно. Промышленная заготовка древесины здесь отсутствует, а пожары случаются в редких случаях засушливых и экстремально

жарких годов. Развитие редин и кустарников протекает по закономерностям ценогенных сукцесий. Преобладающие породы редин и кустарников и их возраст на 1955 г. поэтому не корректировались.

Посредством вычитания 50-ти лет от возраста насаждений получаем список выделов, растительные сообщества которых образованы в результате внешних воздействий — рубок, пожаров и вредителей леса. К ним относятся насаждения возрастом до 50 лет (послерубочные и послепожарные), не покрытые лесом земли (вырубки, гари). Заметим, что насаждения, погибшие от вредителей, могут восстанавливаться только по мере их уничтожения в огне пожара.

Лиственные — березовые и осиновые насаждения пирогенного происхождения. Именно эти выделы представляют направление послепожарной сукцессии со сменой пород. Далее по мере выпадения лиственного полога произойдет смена на коренные светлохвойные или темнохвойные породы деревьев.

Хвойные насаждения, как светлохвойные, так и темнохвойные в возрасте до 50 лет относятся к направлению сукцессии без смены пород. Сосняки и лиственничники при этом могут быть как послерубочные, так и послепожарные; кедровники, ельники и пихтарники — это послерубочные насаждения, сформировавшиеся из сохраненного при рубках подроста.

Нарушенность лесов рассматривается как изменение площади определенной категории земель за рассматриваемый период времени. В качестве единиц измерения могут выступать именованные величины площади, га; относительные — доли или проценты от площади. Условные обозначения:

— F_{1955} — площадь i -й категории земель по состоянию на 1955 г.;

— F_{2005} — площадь i -й категории земель по состоянию на 2005 г.;

— $F_{\text{общ}}$ — общая площадь земель, на которых потенциально возможна нарушенность;

— P_i — нарушенность i -й категории земель по отношению к площади F_{1955} ;

— $P_{\text{общ}}$ — нарушенность i -й категории земель по отношению к площади $F_{\text{общ}}$.

За 50-летний период наблюдается снижение площади, занимаемой хвойными насаждениями. И, напротив, площадь березняков и осинников выросла. Увеличение площади пихтарников в лесостепи происходит за счет сохранения подроста при заготовках древесины. Заметим, что лесорастительные условия в лесостепи для пихтовых насаждений неблагоприятные, что исключает возможность получения здесь товарных пихтовых древостоев. В целом, перераспределение площадей между насаждениями разных пород деревьев более значительно в южной тайге и уменьшается как в южном, так и в северном направлении. В степной зоне и в тундре перераспределение площадей между насаждениями сходит на нет.

За 50-летний период изменений площадей погибших насаждений в степи и тундре не выявлено. В зоне горной южной тайги, северной тайги, лесотундре наблюдается их увеличение, и наоборот — их снижение в южной и средней тайге (табл. 6).

Анализ таксационных показателей насаждений укрупненных выделов позволяет проследить не только перераспределение площадей между отдельными категориями земель, но также изменение запасов древостоев насаждений. Расчет запасов древостоев на 1955 г. произведен по уравнениям регрессии $M = f(A)$, где M — запас на 1 га, A — возраст (табл. 7).

На единицу площади связь запасов древостоя с возрастом прямая. Поскольку площади насаждений за 50 лет не остались постоянными, то и изменение запасов древостоев наблюдается как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В целом зафиксировано увеличение. Но в южной и средней тайге запас сосняков и пихтарников уменьшился, что объясняется относительно более масштабными лесозаготовками и последствиями лесных пожаров (табл. 8).

Таблица 6

Нарушенность лесов Красноярского края за 1955–2005 годы

Категория земель	Преобладающая порода	Площадь, га		Нарушенность, %	
		F_{1955}	F_{2005}	$P_i = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{1955})100$	$P_{общ} = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{общ})100$
Горная южная тайга					
Насаждение	Сосняк	1165144	1213	7,0	0,7
	Лиственничник	1148305	987	1,3	0,1
	Кедровник	4230625	1092	-2,2	-0,8
	Ельник	74685	870	18,8	0,1
	Пихтарник	2879745	553	-2,6	-0,6
	Березняк	1887728	1195	-1,8	-0,3
	Осинник	324328	535	-29,3	-0,8
	Погибшие насаждения	307852	123897	59,7	1,5
Всего F_0		12018412	12018412		
Другие земли		2218461	2218461		
Итого $F_{общ}$		14236873	14236873		
Степь					
Насаждение	Лиственничник	22382	22382	0	0
	Березняк	335347	335347	0	0
Всего F_0		357729	357729		
Другие земли		1662994	1662994		
Итого $F_{общ}$		2020723	2020723		

Категория земель	Преобладающая порода	Площадь, га		Нарушенность, %	
		F_{1955}	F_{2005}	$P_i = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{1955})100$	$P_{общ} = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{общ})100$
Лесостепь					
Насаждение	Сосняк	1596818	1458550	8,7	1,8
	Кедровник	21819	21819	0	0
	Ельник	76352	50425	34,0	0,3
	Пихтарник	66077	139398	-111,0	-0,9
	Березняк	1087113	1273137	-17,1	-2,4
	Осинник	164190	164190	0	0
Погибшие насаждения		103776	8626	91,7	1,2
Всего F_0		3116145	3116145		
Другие земли		4782559	4782559		
Итого $F_{общ}$		7898704	7898704		
Южная тайга					
Насаждение	Сосняк	8772692	6862697	21,8	5,6
	Лиственничник	3210224	2990026	6,9	0,6
	Кедровник	2864658	2784332	2,8	0,2
	Ельник	1329597	1341992	-0,9	-0,04
	Пихтарник	5315218	3650445	31,3	4,9
	Березняк	3300541	5964973	-80,7	-7,8
	Осинник	448833	739461	-64,7	-0,8
Погибшие насаждения		425489	1333326	-213,4	-2,6
Всего F_0		25667252	25667252		
Другие земли		8601528	8601528		
Итого $F_{общ}$		34268780	34268780		

Категория земель	Преобладающая порода	Площадь, га		Нарушенность, %	
		F_{1955}	F_{2005}	$P_i = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{1955})100$	$P_{общ} = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{общ})100$
Средняя тайга					
Насаждение	Сосняк	1925192	1708129	11,3	0,6
	Лиственничник	15944064	14139965	1,3	5,4
	Кедровник	6096709	6361290	-4,3	-0,8
	Ельник	1802525	2654971	-47,3	-2,5
	Пихтарник	21328	21328	0	0
	Березняк	3938306	4687804	-19,0	-2,2
Погибшие насаждения		1404925	1559562	-11,0	-0,5
Всего F_0		31133049	31133049		
Другие земли		2360948	2360948		
Итого $F_{общ}$		33493997	33493997		
Северная тайга					
Насаждение	Лиственничник	27824199	27219411	2,2	1,0
	Кедровник	545481	545481	0	0
	Ельник	2590752	2590752	0	0
	Березняк	2534024	2919860	-15,2	-0,6
Погибшие насаждения		426771	645723	-51,3	-0,4
Всего F_0		33921227	33921227		
Другие земли		25386143	25386143		
Итого $F_{общ}$		59307370	59307370		

Категория земель	Преобладающая порода	Площадь, га		Нарушенность, %	
		F_{1955}	F_{2005}	$P_i = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{1955})100$	$P_{общ} = ((F_{1955} - F_{2005})/F_{общ})100$
Лесотундра и редкостойная тайга					
Насаждение	Лиственничник	12519718	12607882	-0,7	-0,3
	Ельник	71178	71178	0	0
Погибшие насаждения		158354	70190	55,7	0,3
Всего F_0		12749250	12749250	0	
Другие земли		16293103	16293103		
Итого $F_{общ}$		29042353	29042353		
Тундра					
Насаждение	Лиственничник	1030427	1030427	0	0
	Ельник	17425	17425	0	0
Погибшие насаждения		0	0	0	0
Всего F_0		1047852	1047852		
Другие земли		54811057	54811057		
Итого $F_{общ}$		55858909	55858909		

Таблица 7

Зависимость запасов древостоев М от возраста А

Насаждение	Уравнение регрессии $M = f(A)$
Горная южная тайга	
Сосняк	$M = -0,0062A^2 + 1,9324A + 80,362; R^2 = 0,295$
Лиственничник	$M = -0,0011A^2 + 0,6664A + 124,05; R^2 = 0,206$
Кедровник	$M = -0,0035A^2 + 1,7307A + 20,177; R^2 = 0,265$
Ельник	$M = -0,0188A^2 + 5,4757A - 220,86; R^2 = 0,265$
Пихтарник	$M = -0,0116A^2 + 3,2486A - 32,27; R^2 = 0,634$
Березняк	$M = -0,0247A^2 + 4,2282A - 36,374; R^2 = 0,584$
Осинник	$M = -0,0457A^2 + 7,1386A - 84,232; R^2 = 0,655$
Степь, лесостепь	
Сосняк	$M = -0,0187A^2 + 4,3567A - 23,23; R^2 = 0,636$
Кедровник	$M = 0,7621A + 83,656; R^2 = 0,315$
Ельник	$M = 1,2632A + 53,684; R^2 = 0,263$
Пихтарник	$M = 2,1713A - 30,387; R^2 = 0,858$
Березняк	$M = -0,0107A^2 + 2,7773A - 4,2167; R^2 = 0,369$
Осинник	$M = 2,0559A + 3,6025; R^2 = 284$
Южная тайга	
Сосняк	$M = -0,0064A^2 + 2,487A - 8,0325; R^2 = 0,739$
Лиственничник	$M = -0,0039A^2 + 1,8796A + 7,7637; R^2 = 0,482$
Кедровник	$M = -0,0053A^2 + 2,4052A - 22,029; R^2 = 0,443$
Ельник	$M = -0,0082A^2 + 2,7915A - 28,981; R^2 = 0,394$
Пихтарник	$M = -0,0122A^2 + 3,4847A - 42,737; R^2 = 0,754$
Березняк	$M = -0,0124A^2 + 3,089A - 22,625; R^2 = 0,799$
Осинник	$M = -0,0243A^2 + 4,8919A - 42,36; R^2 = 0,799$

Насаждение	Уравнение регрессии $M = f(A)$
Средняя тайга	
Сосняк	$M = -0,0024A^2 + 1,2242A + 5,1445; R^2 = 0,522$
Лиственничник	$M = -0,0024A^2 + 1,0697A + 28,225; R^2 = 0,480$
Кедровник	$M = -0,0021A^2 + 1,2199A + 14,307; R^2 = 0,244$
Ельник	$M = -0,0098A^2 + 2,9593A - 83,195; R^2 = 0,578$
Березняк	$M = -0,0038A^2 + 1,5732A - 20,098; R^2 = 0,849$
Северная тайга	
Лиственничник	$M = -0,0007A^2 + 0,3875A + 19,22; R^2 = 0,176$
Кедровник	$M = -0,0031A^2 + 1,4606A + 2,2059; R^2 = 0,224$
Ельник	$M = -0,0078A^2 + 2,3227A - 48,379; R^2 = 0,289$
Березняк	$M = -0,0005A^2 + 1,2295A - 4,964; R^2 = 0,631$
Лесотундра, редкостойная тайга, тундра	
Ельник	$M = 0,4047A - 1,8328; R^2 = 0,958$
Лиственничник	$M = 0,1523A - 2,8614; R^2 = 0,277$

Таблица 8

Изменение запасов древостоев с 1955 по 2005 годы

Насаждение	Запас, м ³		Разность, % $\Delta M = ((M_{1955} - M_{2005}) / M_{1955}) \cdot 100$
	M_{1955}	M_{2005}	
Горная южная тайга			
Сосняк	185956843	213733451	-14,9
Лиственничник	190182295	209018364	-9,9
Кедровник	862151700	952946350	-10,5
Ельник	7625857	10089859	-32,3
Пихтарник	441872809	554793724	-25,5
Березняк	128527057	250973458	-95,3
Осинник	26335559	72521690	-175,4
Итого	1842652120	2264076896	-22,9
Степь			
Лиственничник	447643	1790573	-300,0
Березняк	18664127	35940368	-92,6
Итого	19111770	37730941	-97,4
Лесостепь			
Сосняк	167954220	267431950	-59,2
Кедровник	3332980	4561994	-36,9
Ельник	7703548	9983030	-29,6
Пихтарник	13131111	20912519	-59,3
Березняк	84874912	170835576	-101,3
Осинник	9790680	26044294	-166,0
Итого	286787451	49976936	-74,3

Насаждение	Запас, м ³		Разность, % $\Delta M = ((M_{1955} - M_{2005}) / M_{1955}) \cdot 100$
	M_{1955}	M_{2005}	
Южная тайга			
Сосняк	1661992023	1168134630	29,7
Лиственничник	605966511	655996434	-8,3
Кедровник	620171727	634963567	-2,4
Ельник	208141043	249575051	-19,9
Пихтарник	966890132	643259650	33,5
Березняк	209353553	546783605	-161,2
Осинник	27571613	101113801	-266,7
Итого	4300086602	3999826738	7,0
Средняя тайга			
Сосняк	198720988	169003952	14,9
Лиственничник	1635451801	1721472918	-5,3
Кедровник	829653711	966398137	-16,5
Ельник	193525509	290161253	-49,9
Пихтарник	4260165	3199170	24,9
Березняк	168705559	282075182	-67,2
Итого	3030317733	3432310612	-13,3
Северная тайга			
Лиственничник	1435011230	1501529060	-4,6
Кедровник	71919390	75823729	-5,4
Ельник	229045136	242415626	-5,8
Березняк	91299576	275240770	-201,5
Итого	1827275332	2095009185	-14,6

Насаждение	Запас, м ³		Разность, %
	M_{1955}	M_{2005}	$\Delta M = ((M_{1955} - M_{2005}) / M_{1955}) \cdot 100$
Лесотундра и редкостойная тайга			
Ельник	2002212	3558882	-77,7
Лиственничник	296094248	415548595	-40,3
Итого	298096460	419107477	-40,6
Тундра			
Ельник	250135	470467	-88,1
Лиственничник	24259810	29632800	-22,1
Итого	24509945	30103267	-22,8

Лесные пожары являются наиболее существенным экологическим фактором, определяющим современный растительный покров Центральной Сибири — во многом, результат взаимодействия пространственно-временной динамики крупных пожаров с физико-географическими и климатическими условиями (Валендик, 1996; Софронов и др., 2005). В последние десятилетия значительно возросли частота и масштабы лесных пожаров (см. табл. 4). Большинство малых и средних пожаров возникает в наиболее посещаемых участках лесного фонда, приуроченным к поселкам, дорогам, рекам, к местам проведения рубок и участкам интенсивных заготовок недревесных продуктов леса. Среди лесных пожаров антропогенного происхождения очень высока доля пожаров, порожденных сельскохозяйственными палами — 34,5% (Работа..., 2006; Профилактика..., 2011).

По данным ФГБУ «Авиалесоохрана», за период 1996–2002 гг. было установлено, что на долю природных пожаров (от гроз) в Приангарье приходилось 40–45% от всех пожаров. В настоящее время считается, что в среднем лишь 10% лесных пожаров возникают от молний, а остальные 90% — от человека (Волокитина и др., 2007). Крупные пожары от гроз, как правило, происходят в более удаленных местах. В годы катастрофической горимости эта закономерность нарушается, и крупномасштабные пожары встречаются на всей территории. В Приангарье наиболее подвержены пожарам от гроз сосняки лишайниковые, в них возникает более 8 пожаров на каждые 100 тыс. га в течение пожароопасного сезона. Частота возникновения природных пожаров в сосняках разнотравно-зеленомошных составляет 3,67 на 100 тыс. га. Хотя лиственничники разнотравные способны гореть лишь при 5 классе опасности по условиям погоды, частота возникновения пожаров от гроз также на высоком уровне — 1,44 на 100 тыс. га (Коршунов, 2002).

Устойчивая тенденция увеличения горимости объясняется не только ростом антропогенной нагрузки на леса, но и усилением изменений климата (Girona et al., 2023; Петрунин, 2022; Gauthier et al., 2015; Софронов, Волокитина, 2007). По данным обзоров Росгидромета о состоянии

и изменении климата России, современный период повышения температуры воздуха начинается с 1976 г., что подтверждается данными метеостанций, расположенных в районах проведения полевых исследований (табл. 9).

Таблица 9

Характеристика метеостанций в районах проведения полевых исследований

Сосняк Лиственнич- ник	Координаты		Высота над уровнем моря, м
	Северная широта	Восточная долгота	
Байкит	61°40′	96°22′	256,0
Богучаны	58°23′	97°27′	131,0
Бор	61°60′	90°02′	62,0
Тасеево	57°12′	94°33′	163,0
Туруханск	65°47′	87°56′	38,0

Положительный линейный тренд на увеличение среднегодовой температуры воздуха в районах проведения полевых исследований наблюдается с 1970-х гг. (рис. 1). На всех метеостанциях зафиксирован стабильный переход аномалий среднегодовых температур в область положительных значений после середины 1980-х гг. Среднегодовая температура воздуха, по данным метеостанции Туруханск, возросла с $-7,00$ °С в период 1950–1970 гг. до $-5,35$ °С в период 1990–2020 гг. Сравнение средних температур за аналогичные периоды на других метеостанциях также показало рост температуры воздуха: с $-4,19$ °С до $-2,65$ °С на метеостанции Бор; с $-2,80$ °С до $-0,90$ °С на метеостанции Богучаны; с $-6,98$ °С до $-5,38$ °С на метеостанции Байкит. Температурные данные с метеостанции Тасеево до 1988 г. отсутствуют. Максимальное

повышение среднегодовой температуры за период 1990–2020 гг. зафиксировано метеостанцией Богучаны ($1,9$ °С) по сравнению с периодом 1950–1970 гг. Кроме того, наблюдается высокая синхронность изменений температуры на разных метеостанциях: коэффициент корреляции $0,65$ – $0,92$.

Неравномерное распределение осадков по территории связано с особенностями атмосферной циркуляции и характером подстилающей поверхности. Минимальная годовая сумма осадков отмечена метеостанцией Богучаны, максимальная — метеостанцией Бор (табл. 10, рис. 2). Парные коэффициенты корреляции для временных рядов суммы годовых осадков менее значимы, чем для значений среднегодовой температуры воздуха: $0,30$ – $0,55$.

**Распределение среднемесячной суммы осадков
в районах проведения исследований, мм
(1966—2020 гг.)**

Метео-станции	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Байкит	27,9	20,3	23,43	27,4	39,9	48,0	58,4	75,2	57,9	55,8	46,1	33,6
Богучаны	16,56	12,32	10,94	18,36	32,53	39,43	51,03	49,6	42,6	28,23	26,09	20,76
Бор	37,94	27,37	29,18	32,66	48,12	56,53	65,40	73,18	65,95	62,3	54,67	45,99
Тасеево	16,77	13,51	12,70	18,8	31,60	43,16	54,75	48,17	41,8	31,46	31,10	23,33
Туруханск	33,88	27,29	32,95	33,51	38,67	53,65	61,34	76,62	66,38	74,1	50,28	44,33

Неуклонно возрастает площадь лесов Центральной Сибири с нарушенной и утраченной устойчивостью. Значительное воздействие комплекса неблагоприятных факторов абиотического и биотического характера объясняет преобладание высокой степени усыхания насаждений (более 40%). Повреждения древостоев хвое- и листогрызущими насекомыми и распространение очагов болезней леса (стволовые и комлевые гнили, некрозно-раковые болезни) охватывают площади, вполне соизмеримые по ущербу с площадями, пройденными лесными пожарами (табл. 11).

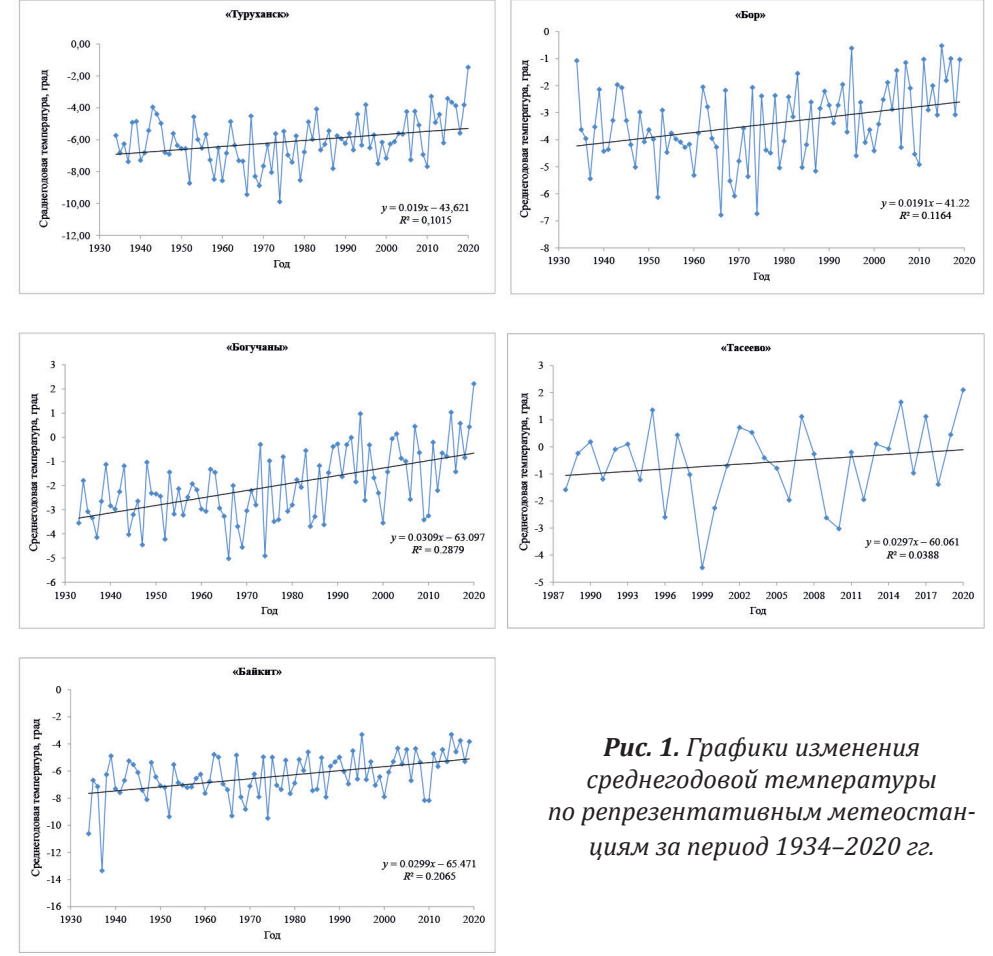


Рис. 1. Графики изменения среднегодовой температуры по репрезентативным метеостанциям за период 1934–2020 гг.

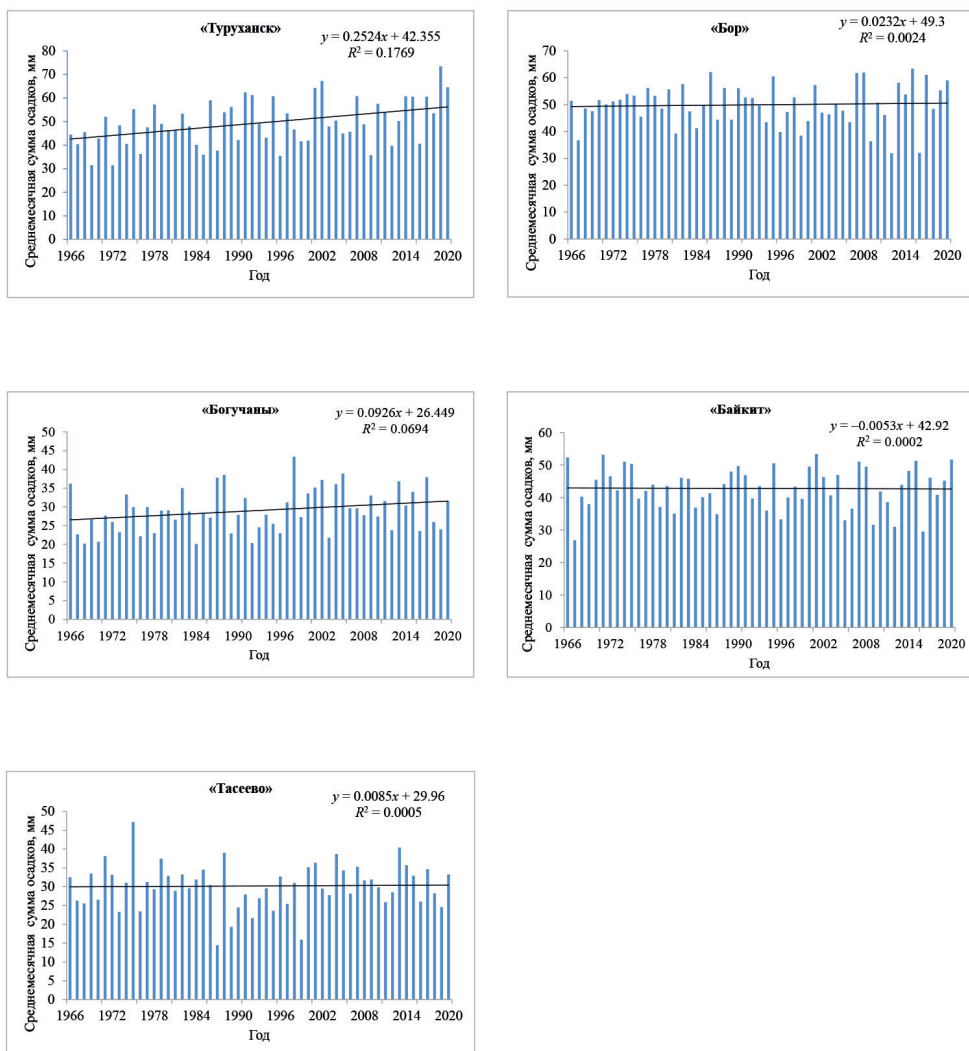


Рис. 2. Графики изменения среднемесячных сумм осадков по репрезентативным метеостанциям за период 1966–2020 гг.

По данным ФГБУ «Рослесозащита» в 2019 г. в Сибири очаги вредных организмов были выявлены на площади около 3 млн га. Отмечаются очаги размножения сибирского шелкопряда в нетипичных северных широтах. Более 10 лет в темнохвойные леса постепенно продвигается инвазивный вид — полиграф белопихтовый уссурийский. Насаждения, ослабленные хвоегрызущими видами насекомых, заселяются стволовыми вредителями, которые развиваются в коре и древесине ослабленных деревьев. Прокладка ходов в древесине или червоточины резко снижают сортность сортиментов. Помимо технического повреждения древесины, стволовые вредители способствуют проникновению грибных инфекций, вызывающих «засинение» и развитие гнилей. Основными возбудителями гнилей являются дереворазрушающие грибы: корневая губка (*Fomes annosus* Fr.), опенок (*Armillaria mellea* (Vahl) Quel.), трутовик Гартига (*Phellinus Hartigii* (All. et Schn.)). В смешанных темнохвойных насаждениях зараженность гнилями варьирует от 20% до 90%. (Исаев, 1963; Исаев, Уткин, 1963; Фалалеев, 1963).

В лесах Сибири за последние сто лет отмечено десять вспышек массового размножения сибирского шелкопряда. Зоогенные сукцессии имеют ряд отличий в сравнении с пирогенными. В результате объедания хвои темнохвойных деревьев гусеницами сибирского шелкопряда древостой засыхает, часть выпадает, образуя валеж. Как следствие, появляются вторичные зоо-, фитовредители, паразитирующие на сухостое, валеже и неповрежденных деревьях. В подстилку шелкопрядников поступает до 10 т/га сухой массы органических веществ в виде отпада (Баранчиков, Перевозникова, 2004, 2009; Перевозникова, Баранчиков, 2002). Практически вся биомасса бывшего насаждения становится сухой и поэтому пожароопасной. Естественным путем шелкопрядники уничтожаются в огне пожара, сгорает вся накопленная биомасса насаждений, погибают вторичные насекомые (Фуряев, 1966).

**Динамика очагов размножения насекомых-вредителей
за период 1956–2021 гг. в разрезе природных зон
Красноярского края и Республики Хакасия**

Природная зона	Вид вредителя	Площадь очагов карантинных и инвазивных видов, га								
		1956–1967	1968–1972	1973–1982	1988–1996	1997–2001	2002–2006	2007–2011	2012–2016	2017–2021
Средняя тайга	полиграф белопихтовый (уссурийский)							474,1	1559,6	7834,1
	сибирский шелкопряд	4904,8	12046,2		822,6	369,2	1668,8		181753,1	61032,1
	сосновая пяденица	5,2								
Южная тайга	полиграф белопихтовый (уссурийский)							1257,8	3691,5	6308,8
	сибирский шелкопряд	6509,7	10445,8		37,8	17,8				
	сосновая пяденица			400,0					19,6	
Горная южная тайга	полиграф белопихтовый (уссурийский)								113,8	989,4
	сибирский шелкопряд	395,4	430,8	168,6	1948,6	140,3	335,0	335,0		32621,2
	непарный шелкопряд	12118,4	4200,0	1058,0		1145,2	480,0	480,0		
Лесостепь	полиграф белопихтовый (уссурийский)								1671,1	2123,6
	сибирский шелкопряд	200,2	280,0				29,0			
	сосновая пяденица	1507,1		13640,2	160,3					
Степь	сибирский шелкопряд	500,7	1340,2	108,0		129,4	2365,3	1782,1	22,4	
	непарный шелкопряд					1325,8	7658,1			

Рост числа вспышек размножения очагов насекомых-вредителей специалисты Рослесозащиты связывают с погодноклиматическими изменениями, что частично подтверждается корреляционной зависимостью динамики очагов размножения основных хвоегрызущих видов насекомых в Красноярском крае от динамики многолетних среднегодовых температур в районах проведения полевых исследований (рис. 3–7). Максимальная площадь очагов размножения сосновой пяденицы — 14040 га, выявлена в период с 1973 по 1982 гг. с последующим ее затуханием в период с 1988 по 1996 гг. — 160 га. Очаги сибирского шелкопряда имеют циклический характер с максимальными значениями площади массового размножения насекомых в размере 39352 га в период 1968–1972 гг. и 17191 га в период 2002–2006 гг. Наибольшее значение площади очагов массового размножения сибирского шелкопряда — 93658 га, выявили в период 2017–2021 гг. Максимальное значение площади очагов непарного шелкопряда составило 10804 га в период 2002–2006 гг. В этот период стоит отметить синхронность вспышек непарного шелкопряда и сибирского шелкопряда (рис. 3). В период с 2002 г. по настоящее время возникли и стремительно распространяются очаги размножения полиграфа бело-пихтового уссурийского.

На рисунках 4–7 представлена динамика площадей очагов размножения сибирского шелкопряда, непарного шелкопряда и сосновой пяденицы в зависимости от среднегодовых температур воздуха по данным с метеостанций Богучаны, Тасеево, Байкит за период 1956–2020 гг. и динамика распространения полиграфа белопихтового уссурийского за период с 2009 по 2020 гг. Выбор разного временного отрезка для выявления наличия/отсутствия взаимосвязи температурных значений и площадей очагов размножения насекомых-вредителей обусловлен наличием данных о вспышках размножения. Сильная положительная корреляционная связь выявлена между площадью очагов полиграфа белопихтового (уссурийского) и значениями температуры воздуха ($r = 0,69$) (рис. 4). Корреляционной связи между температурой воздуха и площадями очагов

сибирского шелкопряда, сосновой пяденицы, непарного шелкопряда не обнаружено ($r = 0,14; -0,17; -0,27$, соответственно).

Отчуждение лесных территорий под строительство промышленных объектов и инфраструктуры, эмиссии вредных веществ в атмосферу, химические загрязнения лесных почв относятся к антропогенному фактору. Промышленное загрязнение лесной среды наиболее выражено в лесотундровой зоне, которая на протяжении многих десятилетий подвергается воздействию выбросов газа и пыли Норильским ГК. В 1996 г. площадь погибших или сильно деградировавших лесов составила 500 тыс. га, а площадь частично поврежденных насаждений в несколько раз больше. От вредных выбросов пострадали лесонасаждения, расположенные на расстоянии до 200 км от источника загрязнения, а на расстоянии 80–100 км выживаемость лесной растительности была близка к нулю.

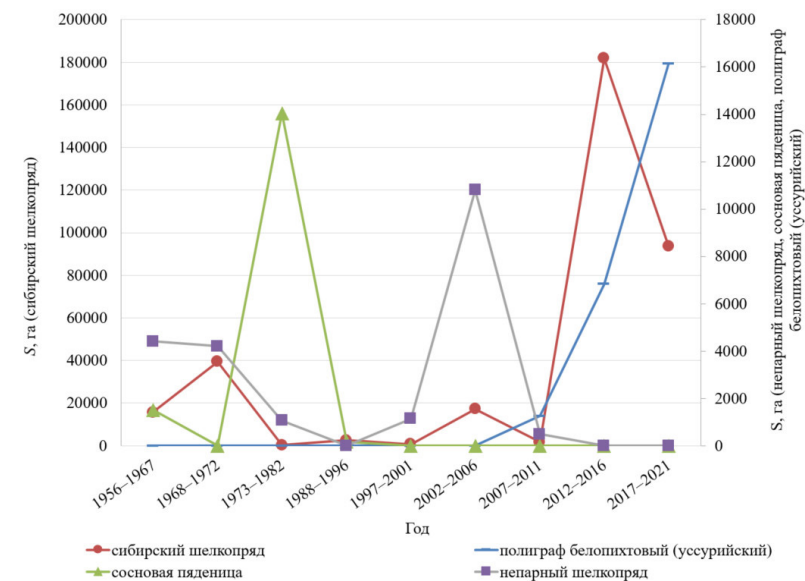


Рис. 3. Динамика размножения очагов хвоегрызущих насекомых в лесничествах Красноярского края и Республики Хакасия, 1956–2020 гг.

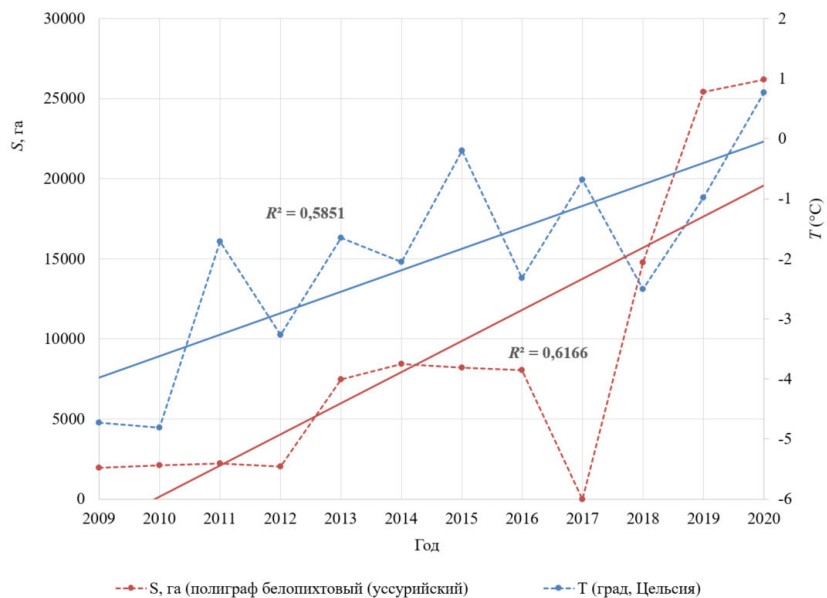


Рис. 4. Корреляция динамики площадей очагов размножения полиграфа белопахтового (уссурийского) в Красноярском крае от динамики изменения среднегодовой температуры, 2009–2020 гг.

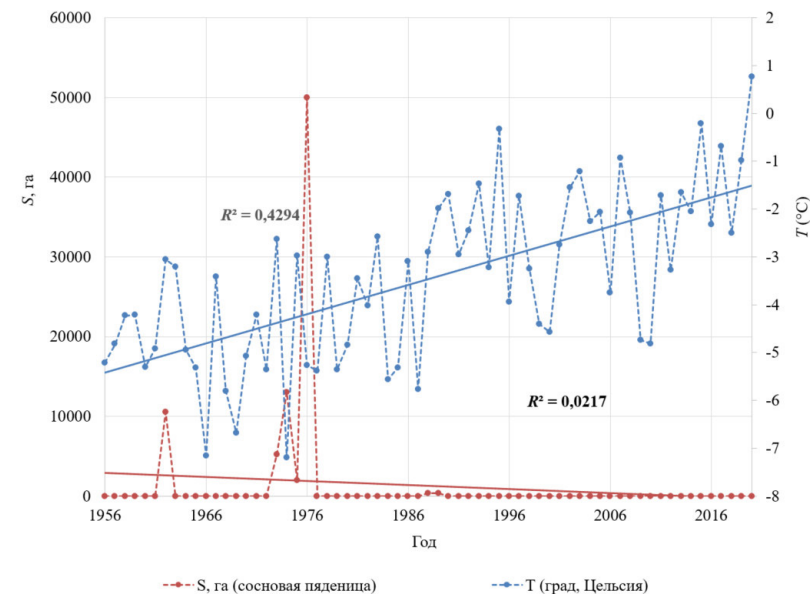


Рис. 6. Корреляция динамики площадей очагов размножения сосновой пяденицы в Красноярском крае от динамики изменения среднегодовой температуры, 1956–2020 гг.

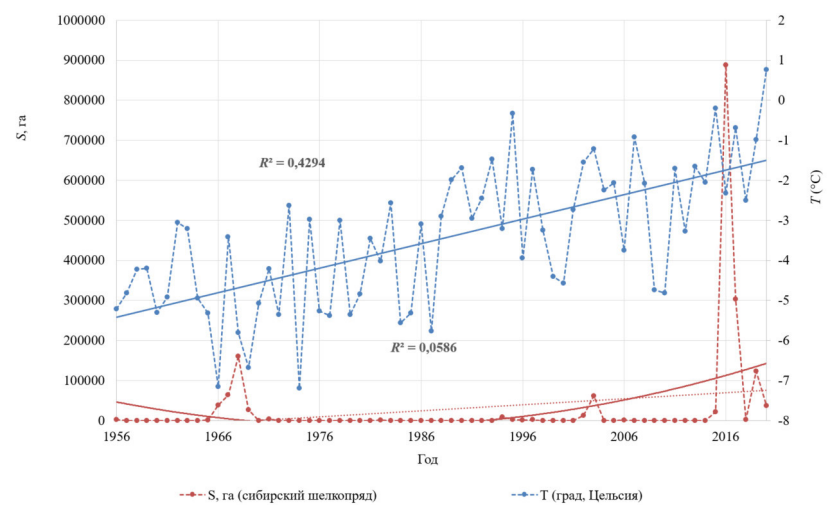


Рис. 5. Корреляция динамики площадей очагов размножения сибирского шелкопряда в Красноярском крае от динамики изменения среднегодовой температуры, 1956–2020 гг.

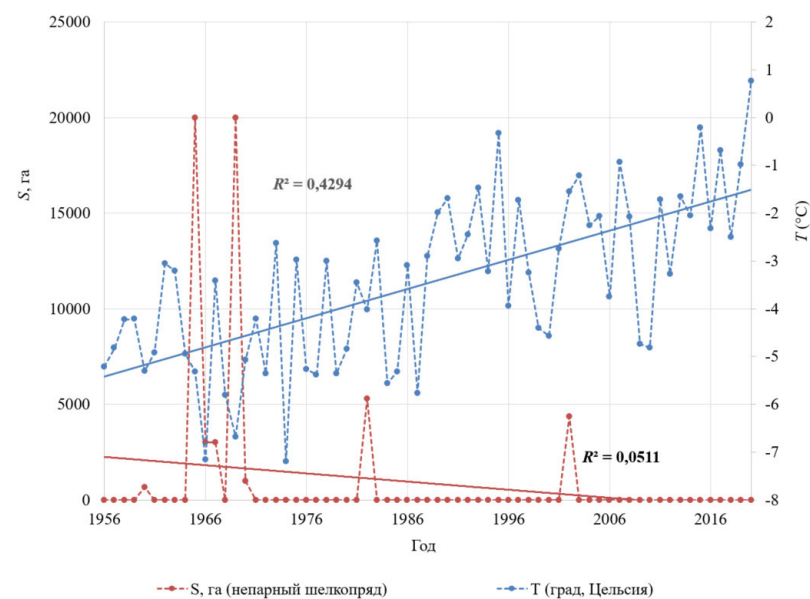


Рис. 7. Корреляция динамики площадей очагов размножения непарного шелкопряда в Красноярском крае от динамики изменения среднегодовой температуры, 1956–2020 гг.

Выполненная оценка последствий антропогенного воздействия на лесообразовательный процесс и динамику лесных растительных формаций, усиленных климатическими изменениями, за последние 50 лет позволяет сделать вывод об ухудшении качественного состава лесов Центральной Сибири — происходит процесс замещения хвойных пород лиственными. Существенно изменилась пирологическая ситуация в лесах, нарушилась природная цикличность и приуроченность возгораний, а значит, и изменились пирогенные сукцессии. Площадь, пройденная пожарами, составила 12,5 млн га. За последние десятилетия появились и продолжают расширяться, с одной стороны, площади техногенно нарушенных лесов, а с другой стороны — площади заброшенных сельхозугодий, которые зарастают древесно-кустарниковой растительностью. Постоянно происходят отчуждения лесных земель для создания объектов инфраструктуры, не связанной с ведением лесного хозяйства, промышленных и гражданских объектов строительства. Ухудшается санитарное состояние лесов, лесные насаждения повреждаются вредителями леса (сибирский шелкопряд, полиграф уссурийский и др.), а также ветровалами и промышленными эмиссиями. Насекомыми-вредителями и болезнями леса уничтожено 3,7 млн га лесных насаждений. Наблюдаемая тенденция к ослаблению устойчивости и гибели лесных насаждений от пожаров, вспышек размножений вредных насекомых и других неблагоприятных факторов носит выраженную цикличность и коррелирует с динамикой погодно-климатических условий.

Длительный период воспроизводства в лесном хозяйстве показывает необходимость принятия решений, результаты которых будут проявляться много десятилетий спустя. Система действий в лесном секторе должна быть нацелена на адаптацию лесов к прогнозируемым природным и экономическим изменениям.

1.3. Экологическое значение внешних воздействий

В настоящее время превалирует мнение об отрицательных последствиях естественных и антропогенных воздействий. А. В. Селиховкин и А. П. Смирнов (2015) утверждают, что ежегодная площадь лесов, пройденных пожарами в Российской Федерации, исчисляется миллионами гектар, а площадь очагов массового размножения вредителей леса — от 300 тыс. га до двух миллионов гектаров в год.

Неизбежные нарушения леса от внешних воздействий трактуются односторонне — только как негативные, наносящие ущерб. В действительности же последствия значительно более многоаспектные. И кроме очевидных нежелательных для человека последствий есть и позитивные. Из них особо следует выделить омоложение древостоев, имеющее определяющее значение для существования популяций древесных пород. Лесные экосистемы развиваются, минуя определенные этапы. Последний этап — старение и гибель насаждения.

Функции уничтожения древостоев выполняются благодаря внешним воздействиям. Сохранение (воспроизводство) популяций древесных пород возможно только при условии ухода предыдущего поколения древостоя. Внешние воздействия выступают в качестве механизма гомеостаза (или механизма сохранения экологического (динамического) равновесия с факторами среды обитания. Получается, что без внешних воздействий существование лесных экосистем Сибири невозможно. Благодаря внешним воздействиям не покрытые лесом земли перемежаются с насаждениями разного возраста, и таким образом поддерживается непрерывный режим формирования мозаичности насаждений, что важно для сохранения биразнообразия растительного и животного мира. По А. А. Корчагину (1968), современная растительность образовалась посредством непрерывных вековых смен с наложением катастрофических воздействий.

Пожары. В светлохвойных насаждениях положительная роль лесных пожаров давно осмыслена и подробно изложена в работах ведущих ученых лесоводов. Приведем примеры: В. В. Фуряев и Л. П. Злобина

(1996) — сосняки существуют как устойчивая лесорастительная формация только благодаря лесным пожарам; С. Н. Санников (1973) — существование популяции сосны в Зауралье обеспечивается лесными пожарами; П. А. Цветков (2007) — лесные пожары являются определяющим эколого-эволюционным фактором существования лиственничных насаждений. В огне пожара сгорает подрост темнохвойных пород, что предотвращает непосредственную смену светлохвойной лесной формации на темнохвойную. Лиственные породы (береза, осина) возобновляются на горях в течение 2 лет вегетативным путем. За счет уничтожения огнем дернины и частичной минерализации почвы создаются благоприятные условия для появления последующего подроста сосны и лиственницы. При условии наличия достаточного количества семенных деревьев период лесовосстановления сосны и лиственницы не превышает 5–7 лет. При отсутствии семенных деревьев период лесовосстановления затягивается на 10 лет и более. При недостаточном количестве подроста сосны и лиственницы лесовосстановление протекает со сменой пород на лиственные. Результат в любом из вариантов один — экосистемы светлохвойных лесов после лесного пожара сохраняются.

Основное направление пирогенной сукцессии на горях темнохвойных насаждений — со сменой пород на лиственные (березу и осину). В. С. Поляков (1964) приводит описание этого процесса. Через 5–10 лет, когда осина и береза формируют ярус, появляется подрост из пихты и ели. Фаза производных лиственных лесов выполняет существенно важную экологическую функцию — восстановление исходного почвенного плодородия, обеспечивающего поддержание производительности последующих древостоев. Через 70–90 лет после пожара темнохвойные породы вновь завоевывают господство в древостое. К 150 годам пихтово-еловые древостои начинают разрушаться, и уже второе поколение темнохвойных пород вклинивается в первый ярус. Таким образом, восстановление коренных пород занимает значительный промежуток времени, на порядок больший, чем в варианте сукцессии без смены пород. Полагаем, именно поэтому положительная роль пожаров в темнохвойных древостоях

в литературе практически не обсуждается. Тем не менее она есть, причем ровно та же самая, как и для сосноволиственничных насаждений. Лесные пожары и здесь выполняют свою функцию — освобождения места для последующих поколений, и в качестве механизма гомеостаза способствуют омоложению темнохвойных древостоев и значит сохраняют популяцию темнохвойных пород деревьев.

Рубки. Экологические последствия промышленной заготовки древесины по сути копируют экологические последствия лесных пожаров. Посредством рубок древесина изымается, в пожаре — уничтожается огнем. Процессы лесовосстановления после рубок и пожаров также имеют тождественные черты. Если предел устойчивости экосистемы не превышен, то далее насаждение восстанавливается (со сменой или без смены пород). В противном случае начинается сукцессионный цикл качественно иной экосистемы. Выводы лесных пирологов о положительном значении лесных пожаров на лесные экосистемы, полагаем, можно распространить и на промышленную заготовку древесины. Разумеется, правила рубок и технология заготовки древесины должны соблюдаться. Результат же промышленных рубок в виде древесного ресурса важен для человека, а результат в виде омоложения (последующего воспроизводства) насаждений важен для сохранения популяций древесных пород.

Поражение лесов сибирским шелкопрядом. Список вредителей леса обширен, но их воздействие достаточно редко приводит к гибели насаждения. Исключение — сибирский шелкопряд. Масштабы уничтожения лесов в период вспышек размножения сибирского шелкопряда сопоставимы с гибелью от пожаров. Гусеницы объедают хвою темнохвойных деревьев. Древостой засыхает и постепенно выпадает, образуя валеж. Захламленность на шелкопрядниках настолько высока, что лесовосстановление становится невозможным. Условие, необходимое для начала лесовосстановления, — лесной пожар. И поскольку пожароопасность на шелкопрядниках высокая, то пожары здесь фактически предопределены.

В. В. Фуряев (1967, 1970) приводит описание влияния пожаров на лесовосстановление шелкопрядников Кеть-Чулымского междуречья,

интенсивность горения которых превосходит в десятки раз низовые пожары. После пожара (зачастую неоднократного) лесовосстановление протекает, как и на обычных гарях темнохвойных насаждений — со сменой пород, наблюдается хорошее возобновление лиственных пород. Однако такого рода сценарий лесовосстановления на шелкопрядниках реализуется далеко не всегда. Д. Л. Гродницкий (2004) считает, что в большинстве случаев лесовосстановление на шелкопрядниках протекает с гораздо более существенными затруднениями. После гибели древостоя, вследствие резкого осветления разрастаются лесные травы и образуется дернина. Мертвый древостой уже не забирает влагу из почвы, постепенно образуется болото. Погибшие деревья гниют и выпадают. В течение 10 лет шелкопрядники превращаются в непроходимую свалку гниющего валежа. Шелкопрядники могут неоднократно прогорать. Как результат — процесс лесовосстановления затягивается на дополнительные десятки лет. И далее следует важный вывод — сибирский шелкопряд представляет реальную угрозу существованию темнохвойной тайги Сибири.

Лесообразовательный процесс хорошо отрегулирован природой за тысячелетия. В южно-таежных лесах Сибири освобождение места для новых поколений древостоев выполняется с помощью лесных пожаров и вредителей леса. Оба варианта признаются как нежелательные. Для человека периоды времени в десятки и тем более сотни лет нежелательны. Для природы же существенен только сам факт наличия механизма смены поколений.

1.4. Оценка зоологического биоразнообразия мелких млекопитающих (на примере территории Енисейского кряжа Красноярского края)

Краткие характеристики и виды экосистем Енисейского кряжа. Енисейский низкогорный кряж занимает 900 км² на правом берегу р. Енисей и состоит из отдельных гряд и массивов с высотами 800–1100 м.

Климат характеризуется большим выпадением осадков в виде обильных дождей (550–700 мм) и высокого снежного покрова (до 90 см), холодными зимами и умеренно теплым летом. Средняя температура января около -24° , июля $+16^{\circ}$. Для Енисейского кряжа характерна задержка сроков снеготаяния с последующим интенсивным сходом снежного покрова после установления устойчивых положительных температур (Буренина и др., 2013).

Сеть глубоких долин рек Вельмо и Большой Пит (до 250 м) расчленяет территорию на ряд изолированных невысоких гряд, обычно с куполообразными вершинами, покрытыми крупными каменистыми россыпями — курумами. Водоразделы кряжа плоскоувалистые, местами заболоченные, из болот вытекает много рек (Каменский и др., 1966).

Основным биомом территории Енисейского кряжа является южная темнохвойная тайга с преобладанием пихты, ели и кедра, формирующихся на мерзлотных (в северной части кряжа), горноподзолистых и дерново-слабоподзолистых почвах (Шевляков и др., 2007). На гарях и вырубках нередко наблюдается возобновление осины.

Южная и средняя части кряжа имеют сложную и мозаичную структуру ландшафта. Наиболее высокие вершины, например, Енашимский Полкан, безлесные и покрыты курумами, которые отдельно встречаются вдоль склонов, по долинам рек с чередованием зарослями ерников или куртин субальпийских лугов (Раковская, Давыдова, 2001). Рельеф является главным фактором, влияющим на пространственное распределение атмосферных осадков в условиях континентального климата и типы лесной растительности.

Характер антропогенного воздействия определяет степень мозаичности экосистем и их прочие характеристики. По степени антропогенной нагрузки в районе Енисейского кряжа выделены 3 группы экосистем: условно фоновые естественные; слабо антропогенно измененные; сильно антропогенно измененные. В наименьшем количестве представлены наиболее однородные естественные природные территории — курумы, альпийские, субальпийские кустарниково-ерниковыми тундры на крупных возвышенностях, болота, крутые облесенные склоны. Эти участки находятся в труднодоступных местах со сложным рельефом, вдали от дорожной сети и используются в целях охотничьего промысла, рыболовства, геологических изысканий.

К экосистемам, ранее затронутым хозяйственной деятельностью и находящимся в стадии естественного возобновления, относятся старые дражные поймы, мускульные отвалы золотодобычи, вырубки, гари, геологические профили, редко посещаемые дороги. Они занимают промежуточное положение между фоновыми природными территориями и участками с сильным постоянным антропогенным воздействием. Вследствие повышенной продуктивности сукцессионнотрансформируемые экосистемы отличаются высоким уровнем биоразнообразия, пройдя путь трансформации от вырубок до спелых лесов, и являются ценным возобновляемым доступным ресурсом.

Техногенно нарушенные природные территории: дороги; поймы рек, где осуществляется золотодобыча; свежие вырубки; производственные и жилые площадки нуждаются в тщательном планировании и управлении хозяйственной деятельностью, включая восстановительные и природоохранные мероприятия.

Ретроспективный обзор исследований биоразнообразия фауны мелких млекопитающих Енисейского кряжа. Общий термин биоразнообразия включает в себя в самом широком смысле все компоненты живых систем, которые принято обозначать приставкой био. Под биоразнообразием лесных экосистем понимают компоненты почв, биоразнообразии флоры и наиболее часто фауны всех уровней от напочвенных

летающих и ползающих насекомых до мелких, средних и крупных животных и птиц. Мелкие млекопитающие являются одним из важнейших маркеров состояния экосистем и образуют сложные биологические связи.

Многие научные коллективы, в т.ч. коллектив лаборатории техногенных лесных экосистем Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, посвятили исследования биоразнообразию лесной фауны мелких млекопитающих в разных лесорастительных районах Сибири. Енисейский кряж подробно изучался по показателям фауны и биоразнообразия в несколько этапов. Пионерным этапом изучения Енисейского кряжа можно считать отрезок 40–70-х гг. прошлого века, как период первичного исследования состава и структуры фауны. Исследования выполняли известные ученые Советского Союза в составах комплексных экспедиций: Юдин Б. С. (1970-е гг.) — ведущий специалист по фауне насекомоядных; Виноградов Б. Н. (1930–1940-е гг.), исследовавший фаунистический состав представителей семейства хомяковых. Нельзя не упомянуть работы Огнева (1950-е гг.), Громова, Полякова, Соколова, Кривошеева (1950–1960-е гг.).

Помимо основных объектов исследований, например, хищных — соболей, изучалась фауна мелких млекопитающих — лесных полевок, как основного кормового ресурса территории. Исследования проводились длительное время и имели самостоятельную ценность, как важнейший источник информации о сезонных колебаниях численности мелких млекопитающих.

Вторым этапом изучения биоразнообразия мелких млекопитающих можно считать период с 1970 по 2010 гг., когда в составе комплексных научных экспедиций из других регионов начали формироваться красноярские научные коллективы. Создается научная школа Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, организуются стационары для проведения долговременных исследований. На Енисейском кряже было два стационара. На «Мирном» работал коллектив ученых Центрально-Сибирского заповедника под руководством Сыроечковского, Рогачевой, Шефтеля, Сапогова, Моралевой, Захарова и др. (1970–1990-е гг.). На «Мурожной» проводили исследования сотрудники Института леса им. В. Н. Сукачева

СО РАН Владышевский, Петренко, Дмитриенко, Соколов, Ельский, Шапарев (1970–1980-е гг.). Изучалась экология животных южной тайги с точки зрения взаимосвязей экосистемы, затрагивались вопросы влияния животных компонентов экосистем на лесную растительность, взаимодействие видов разных трофических уровней.

К третьему этапу исследований можно отнести наблюдения за естественными и антропогенно нарушенными участками Енисейского кряжа учеными Института леса СО РАН Шишкина, Орешкова, Угловой, Екимова, Люто (2000-е гг. — настоящее время), а также другими научными коллективами.

Роль мелких млекопитающих в экосистемах лесов Енисейского кряжа. Экосистемы южной тайги Енисейского кряжа отличаются высоким видовым богатством и разнообразием, что указывает на устойчивость и динамичность сообществ, имеющих множественные экологические взаимосвязи. Значительное количество видов подтверждает полифакторность среды обитания, и, следовательно, многочисленные пищевые ниши, приспособленность экологических сообществ к их освоению. Такие сложные сообщества играют важную роль в мониторинге биоразнообразия, а относительное постоянство их состава и видовой структуры являются маркерами.

Основная роль мелких млекопитающих в лесных экосистемах заключается во взаимодействии с травянистой и мелкокустарниковой флорой, семенами и напочвенным слоем — подстилкой. Среди 4 обитающих в южной и средней тайге Енисейского кряжа отрядов мелких млекопитающих наибольшее значение занимают грызуны — Rodentia, меньшее, но достаточно важное значение оказывают насекомоядные и зайцеобразные.

В современных исследованиях недостаточно раскрыта роль рукокрылых таежных экосистем. Численность и видовой состав рукокрылых Енисейского кряжа подробно не изучены.

Роль зайцеобразных в фоновых таежных экосистемах сводится к потреблению веточного корма, включая подрост осины и березы. В припойменных и увлажненных стациях зайцеобразные активно поедают ольху

и иву. Считается, что роль зайцев, в частности зайца-беляка, до начала проведения интенсивных рубок невелика (Шишкин, 1988). Количество и популяция зайцеобразных в экосистемах Енисейского кряжа подвержена значительным колебаниям, поэтому их оценка актуальна не только для лесохозяйственной, но и охотничье-промысловой деятельности. Нельзя не отметить роль пищух (*Ochotona*), как потребителей зеленой массы трав. Крупные популяции пищух способны значительно регулировать зарастание, косвенно повышая пожароустойчивость биотопов. Часто в уловах можно встретить молодых пищух, находящихся в поисковом поведении с целью расширения ареала местообитаний. Этот вид нельзя считать постоянным в обычной темнохвойной тайге, однако его наличие указывает на мозаичность ландшафта. Часто пищухи являются индикаторами горнодобывающей деятельности, поселяясь в нижней части техногенных отвалов крупнокаменистых пород.

Мелкие насекомоядные млекопитающие являются важным звеном трофоценологических цепей таежных экосистем (Макаров, Коросов, 1992; Захаров и др., 2011). Также считается, что насекомоядные в большей степени, чем грызуны относятся к существенному фактору почвообразования (Сапогов и др., 1977). В экосистемах Енисейского кряжа встречается значительное количество видов насекомоядных, среди них особую группу занимают землеройки-бурозубки (*Sorex*) (Юдин, 1971). Численность бурозубок колеблется не так значительно, как грызунов и зайцеобразных, и отличается повсеместным распределением при невысокой плотности особей на единицу площади, что связано с их биологическими особенностями (Докучаев, 1983). Роль бурозубок в регуляции численности напочвенных беспозвоночных невозможно переоценить.

Род грызунов определяет их численность, поведение, трофические связи и ступень в трофической цепи. Трофическая деятельность мышевидных грызунов оказывает значительное влияние на почвенный, растительный покровы (Владышевский, 1980). Также они являются пищей для хищных птиц и млекопитающих (Савицкая и др., 2019). Род серых полевков (*Microtus*) не несет существенной роли в регуляции распространения

семян трав и растений, однако оказывает влияние на величину травостоя. В противоположность серым лесные полевки (*Myodes*) в свой рацион активно включают семена растений и деревьев, таким образом влияя на лесное возобновление. Основным доминантом южной и средней тайги являются лесные полевки (Галкин и др., 2005; Шефтель, 1983, 2012; Шефтель, Якушов, 2022). Численность лесных полевок в сукцессионно изменяемых экосистемах имеет важное значение. Например, высокая численность лесных полевок на пихтово-еловых вырубках может повлиять на состав лесного возобновления и привести к смене пород — темно-хвойных на лиственные в виде осинников или осиново-березовых лесов. Предотвратить такие изменения сложно, однако, к примеру, введя временные ограничения к охоте на мелких и средних хищных (соболь, рысь), основным рационом которых являются грызуны, можно нивелировать отрицательные для хозяйственной деятельности изменения фаунистического компонента лесных экосистем. Хищные лесные птицы (совы, ястребиные) не входят в список охотничьих видов, и их численность не регулируется, но при этом они служат хорошим индикатором численности мелких млекопитающих.

Биоразнообразие экосистем мелких млекопитающих Енисейского кряжа в 2021–2022 гг. Наиболее изученным является биоразнообразие мелких млекопитающих подзоны южной горной темнохвойной тайги Енисейского кряжа. По материалам Института экологии и систематики РАН (Кислый и др., 2019) в экосистемах южной тайги Западной Сибири присутствует до 29 видов мелких млекопитающих. Исследования биоразнообразия Центральной Сибири, выполненные сотрудниками лаборатории техногенных лесных экосистем Институт леса им. В. Н. Сукачева показали, что экосистемы южной тайги Енисейского кряжа имеют ряд особенностей. В первую очередь, в горнолесных экосистемах, включающих в себя узкие, но протяженные пойменные участки, гораздо меньше болот. Суммарное количество видов в зависимости от места и мозаичности биотопов может различаться от 10–12 видов для климаксных естественных экосистем, до 25–30 видов в мозаичных биотопах, вблизи сочетания темнохвойных лесов, тундр и увлажненных пойм.

В исследованиях сотрудников Института систематики и экологии животных СО РАН отмечалась двухкратная депрессия численности мелких млекопитающих в 2017 г. по сравнению с 2016 г. (Якушов, 2018). Наши данные подтверждают временной коэффициент по таежной зоне и указывают на начало нового цикла колебаний численности в 2017 г., наиболее критической точкой которого стал 2021 г. Например, за 5-летний период наблюдений был зафиксирован абсолютный минимум численности мелких млекопитающих в средней и южной части Енисейского кряжа. Совпадение наименьшей численности мелких млекопитающих в весенних и осенних уловах 2021–2022 гг. при аналогично низкой численности хищных, наибольшем плодоношении хвойных, ягод и достаточно крупном урожае грибов может определить 2023 г. как возможный восходящий пик численности мелких млекопитающих. Некоторый интерес представляет и сезон наибольшей солнечной активности, дающий невыраженную, но все же прямую корреляцию с численностью грызунов.

Ученые Института систематики и экологии животных СО РАН и Центрально-Сибирского заповедника на стационаре «Мирный» подтверждают 4-летнюю динамику вида от депрессии до пика численности (История..., 2023). По нашим данным, в южной части Енисейского кряжа цикл может растянуться на 5 лет. Механизм этого явления недостаточно ясен и, возможно, связан с местными климатическими особенностями или же более глобальными циклическими популяционными колебаниями и климатическими изменениями. Работа по изучению динамики численности мелких млекопитающих в настоящее время продолжается.

По нашим наблюдениям в южной части Енисейского кряжа суммарно фиксируется в среднем от 3 до 8–12 видов в уловах одного года в зависимости от сезона (Углова, Орешков, 2005; Шишкин и др., 2014; Екимов и др., 2017).

Численность доминантов при любых общих колебаниях популяции может существенно меняться, однако субдоминанты и малочисленные виды обычно встречаются даже в малых выборках при депрессии численности. В период наименьшей численности популяции в 2021 г. были отловлены

1 крот и 1 мышовка. Единичные особи этих видов встречались и в периоды очень высокой численности доминантов в лесных биотопах — красной и красно-серой полевок, до сотен особей в суточных уловах на 9 площадях.

Средняя численность мелких млекопитающих на 100 ловушко-суток составляет от 10–15 особей для средней части до 15–30 особей для южной части Енисейского кряжа при достаточно высокой плотности. В целом, численность мелких млекопитающих в разные периоды колеблется от минимальных 2,05 особей до максимальных 40–60 особей на 100 ловушко-суток при стандартных пробных площадях с установленными 40 ловушками на 3 суток.

Биоразнообразие в показателях видового богатства по Маргалефу составляет от 0,40 до 0,95, по Уттекеру — от 3,0 до 5,76, по Шеннону — от 0,54 до 1,8. Такие значительные колебания обуславливаются в первую очередь выраженной натурно измеренной сезонной динамикой. Также на биоразнообразии существенно влияют климатические факторы и продуктивный статус экосистем. К числовым показателям биоразнообразия нужно относиться с осторожностью, так как очень многое зависит от соблюдения постоянства методик мониторингового учета, а именно методов и сроков проведения отлова, выбора постоянных пробных площадей, иных факторов, включая климатические условия, изменения условий среды обитания вследствие пожаров, рубок, инвазии и др. (Екимов и др., 2015, 2017).

В настоящее время оценка биоразнообразия является государственно закрепленным инструментом мониторинга использования природных ресурсов, однако традиционно его задействуют лишь в вопросах определения нанесенного ущерба. Для текущей оценки и прогнозирования воздействия лесохозяйственной деятельности на природные территории данные о населении мелких млекопитающих в рамках мониторинга биоразнообразия имеют важное значение, определяющее комплексный подход к управлению лесными ресурсами.

2. ЛЕСНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Существует много видов районирования лесов и лесных территорий: лесохозяйственное, лесорастительное, лесоэкономическое, ландшафтное, лесоэксплуатационное, лесотаксационное, лесокультурное, лесосеменное, лесопожарное и ряд других. В последние десятилетия сложилась трактовка лесного районирования как интегрального вида, объединяющего данные о лесах и хозяйстве в них (Мотовилов, 1955; Жуков, Шиманюк, 1958; Цымек, 1962; Лебков, 1967; Моисеев, Чертовской, 1967; Колесников, 1977; Смагин и др., 1978; Шейнгауз и др., 1980; Побединский, 1983; Основы..., 1997 и др.).

Обобщая различные представления, под лесным районированием мы понимаем расчленение территорий (республик, краев, областей, крупных экономических районов) на части по различию природно-экономических условий и особенностей организации и ведения лесного хозяйства.

Основными, базовыми для лесного районирования являются лесорастительное, лесоэкономическое и лесохозяйственное.

Лесохозяйственное районирование Сибири, включая Якутию, выполнено Институтом леса и древесины им. В. Н. Сукачева в 1978 г. (Смагин и др., 1978). При его составлении учитывались и использовались разработки предыдущих лет (Мотовилов, 1955; Судачков, 1963; Лебков, 1967; Колесников, 1969; Литвиненко, 1975; Шейнгауз, Дорофеева, 1977 и др.).

За исходные критерии были приняты зонально-географические особенности лесов. При районировании использован метод наложения на лесорастительное районирование Сибири различных вариантов лесохозяйственного, лесоэкономического и других видов районирования.

Была принята трехступенчатая система таксонов лесохозяйственного районирования: область, округ (группа районов), район. Аналогичную систему предложили А. С. Шейнгауз и др. (1980).

Высшим таксоном принята лесохозяйственная область, природной основой которой служит лесорастительная область или сочетание нескольких областей. Всего было выделено 5 лесохозяйственных областей

(без Якутии). Области различались по типам лесоводства (лесного хозяйства): равнинное, горное, мерзлотное и их сочетания.

В пределах лесохозяйственных областей были выделены лесохозяйственные округа (группы лесохозяйственных районов), природной основой которых являлись лесорастительные провинции. Округа различались по системам ведения лесного хозяйства и лесозэксплуатации. Всего было выделено 17 лесохозяйственных округов, без Якутии — 15. Отмечалось, что именно лесохозяйственный округ отвечает целям и задачам разработки генеральных схем развития лесного хозяйства и региональных систем лесохозяйственных мероприятий.

Лесохозяйственные округа делились на лесохозяйственные районы, природной основой которых являлись лесорастительные округа или их сочетание. Всего для территории Сибири было выделено 49 лесохозяйственных районов, без Якутии — 44. Признавалось, что для большинства лесохозяйственных районов невозможно четко дифференцировать системы ведения лесного хозяйства и лесозэксплуатации, и они были выделены с учетом прогнозных оценок и перспектив развития лесопользования (Смагин и др., 1978).

Схема лесохозяйственного районирования Сибири была заложена в основные действующие нормативно-технические документы по лесному хозяйству: правила рубок главного пользования; наставление по рубкам ухода; руководство по восстановлению лесов; лесотаксационные справочники и пособия.

Рассмотрим применение лесотипологического подхода к классификации и лесорастительному районированию фитоценозов пробных площадей на территории Красноярского края, заложенных в рамках проекта по гранту Российского научного фонда в 2021–2022 гг.

При характеристике лесной растительности постоянных пробных площадей типы леса выделялись согласно экологофитоценолотическому подходу (Сукачев, 1972). Классификация лесных фитоценозов позволяет оценить, насколько полно охвачены лесоводственными исследованиями в рамках проекта все формации лесной растительности региона,

характерные для основных зональных и секторных подразделений территории (Назимова, 1995; Поликарпов и др., 1998). В подзоне северной тайги расположен полигон Туруханск, в подзоне средней — полигоны Бор и Байкит, в подзоне южной — полигон Большая Мурта. В долготном отношении полигоны Туруханск и Бор располагаются на границе континентального западносибирского и резко континентального средне-сибирского секторов, полигоны Байкит и Большая Мурта — в пределах резкоконтинентального среднесибирского сектора. В результате сравнительной характеристики типы леса полигонов были выделены с использованием основной типологической литературы по региону (Жуков и др., 1969; Смагин и др., 1980; Лесные экосистемы..., 2002). Схема типов леса по формациям выглядит так:

Бореальные леса

Темнохвойные бореальные леса

- Ельник кустарничково-зеленомошный (Туруханск)
- Кедровник пихтово-стланиковый кустарничково-зеленомошный (Туруханск)
- Кедровник чернично-зеленомошный лес (Бор)
- Ельник рябинниковый хвощово-разнотравно-зеленомошный (Бор)
- Ельник (с пихтой) вейниково-хвощово-мелкотравный (Б. Мурта)
- Пихтарник (смешанный лес) вейниково-осоково-мелкотравно-зеленомошный (Б. Мурта)
- Кедровник багульниково-бруснично-зеленомошный (Байкит)

Светлохвойные бореальные леса

- Лиственничник (с березой) кустарничково-зеленомошный лес (Туруханск)
- Лиственничник ольховниковый кустарничково-разнотравно-зеленомошный (Туруханск)

- Лиственничник багульниково-хвощово-осоково-зеленомошный (Туруханск)
- Лиственничник (с березой) вейниково-мелкотравный (Бор)
- Лиственничник голубично-багульниково-зеленомошный (Байкит)
- Лиственничник голубично-багульниковый (Байкит)
- Лиственничник мелкотравно-зеленомошный (Байкит)
- Лиственничник кустарничково-лишайниковый (Байкит)

Мелколиственные бореальные леса

- Березняк чернично-долгомошный (Туруханск)
- Березняк вейниково-разнотравный (Туруханск)
- Березняк чернично-хвощово-разнотравно-зеленомошный (Туруханск)
- Березняк хвощово-вейниково-осочково-мелкотравный (Бор)
- Березняк (с сосной) багульниково-кустарничково-зеленомошный (Байкит)

Гемибореальные (подтаежные) леса

Светлохвойные гемибореальные леса

- Сосняк вейниково-разнотравно-зеленомошный (Б. Мурта)

Мелколиственные гемибореальные леса

- Березняк (с сосной) орляково-вейниковый (Б. Мурта)
- Осинник орляково-вейниково-разнотравный (Б. Мурта)

Из схемы следует, что наиболее полно представлены северо- и средне-таежные светлохвойные леса, которые являются наиболее характерными и широко распространенными для региона. Также хорошо охвачены исследованиями темнохвойные таежные леса, характерные для западного, континентального климатического сектора (на границе с Западной Сибирью) и производные таежные березовые леса. Для получения

репрезентативных данных по всему Красноярскому краю необходимо охватить исследованиями лиственничные северо-таежные (из лиственницы Гмелина) и сосновые среднетаежные леса, а также дополнительно, более полно, охватить исследованиями гемибореальные (подтаежные) леса региона (приложения).

Районирование экосистем по признакам растительности (лесорастительное районирование) также позволяет понять, насколько полно выявлены все варианты экосистем региона, кроме того, проследить связи растительного покрова с климатическими и почвенными условиями. Для сравнения мы соотнесли районы исследований, выполненных в рамках проекта, с тремя типами районирования.

Согласно схеме районирования лесов СССР (Курнаев, 1973) полигон Туруханск расположен на границе подзон редкостойной и северной тайги, которые представлены на севере округом редкостойной тайги западного склона возвышенности Путорана, а на юге — округом северной тайги возвышенного правобережья р. Енисей; полигоны Бор и Байкит располагаются в подзоне средней тайги, в округе средней тайги возвышенного лево- и правобережья Подкаменной Тунгуски; наконец, полигон Большая Мурта принадлежит подзоне южной тайги, а внутри нее расположен на границе округа южной тайги Западно-Сибирской равнины и Приангарского округа сосновых лесов.

Согласно более поздней схеме лесорастительного районирования России и республик бывшего СССР (Коротков, 1994) полигон Туруханск расположен в пределах Средне-Сибирского сильно континентального сектора и Средне-Сибирской плоскогорной лесорастительной области, а внутри нее на границе Ангаро-Тунгусской провинции таежных лесов (точнее, внутри провинции, Нижне-Тунгусского округа северо-таежных светлохвойных лесов) на севере и Приенисейской лесорастительной провинции лиственнично-темнохвойных (елово-кедрово-пихтовых) лесов на юге; полигон Бор располагается целиком в пределах Приенисейской лесорастительной провинции лиственнично-темнохвойных (елово-кедрово-пихтовых) лесов; полигон Байкит также является

пограничным между Приенисейской лесорастительной провинцией лиственнично-темнохвойных (елово-кедрово-пихтовых) лесов на западе и Ангаро-Тунгусской провинцией таежных лесов (точнее, внутри провинции, Подкаменно-Тунгусского округа среднетаежных светлохвойных лесов) на востоке; наконец, полигон Большая Мурта расположен в пределах Канско-Красноярско-Бирюсинской лесорастительной провинции светлохвойных подтаежных лесов.

Представляет интерес рассмотреть и сравнить также положение полигонов в рамках эколого-географического районирования России (био-мы России), в основу которого положены сходные принципы выделения территориальных единиц, хотя единицы являются более крупными территориально (Карта..., 1999). Здесь полигон Туруханск расположен на стыке трех биомов — Путоранского оробиома (горного) на северо-востоке, Западносибирского северо-таежного биома на западе и Среднесибирского оробиома Енисейского кряжа на юге; полигоны Бор и Байкит располагаются в пределах Среднесибирского оробиома Енисейского кряжа; наконец, полигон Большая Мурта расположен также на границе Среднесибирского оробиома Енисейского кряжа на западе и Среднесибирского подтаежно-лесостепного биома на востоке.

Наш анализ многолетнего опыта применения лесохозяйственного районирования в лесоустройстве и практике лесного хозяйства Сибири показывает следующее.

В действовавшие нормативно-технические документы по лесному хозяйству Сибири (без Якутии) фактически была заложена часть районирования на уровне зон и подзон лесорастительного районирования по Г. В. Крылову (1958, 1960, 1962), С. Ф. Курнаеву (1973), В. Н. Смагину (1973) и др. Это северная, средняя и южная тайга, лесостепь, горная лесостепь и горнотаежные и черневые леса. В этих документах фактически «работает» 7 лесохозяйственных округов. Лесохозяйственные области и районы не «работают». Рекомендуемые методы, способы и приемы ведения хозяйства в большей степени дифференцировались структурой формаций, микроусловиями участков и хозяйственным разделением

лесов на группы и категории защитности, т. е. лесохозяйственное районирование играло формальную роль.

В практическом лесном хозяйстве эта часть игнорируется. Абсолютно, даже в горных условиях, преобладает концентрированная сплошно-лесосечная форма хозяйства (Соколов, 1985; Основы..., 1997). Эколого-экономический ущерб от этой формы хозяйства уже не оспаривается, но никем еще не подсчитан.

Есть несколько причин, объясняющих вышеизложенное. Прежде всего, это низкая интенсивность лесного хозяйства, точнее, его экстенсивность, практически по всей Сибири. Различия в отдельных частях ее, конечно, есть, но они не настолько существенны, чтобы применять более дробное районирование. Этот фактор отмечал и В. Ф. Лебков (1967). Кроме того, наш вывод позволяет оспорить базовое значение лесорастительного районирования. Практика показала, что, фактически, ключевым является лесоэкономическое районирование.

Сложившаяся за советский период централизованная система управления лесами и соответствующий ей метод лесоустройства (от общего к частному; волюнтаристское планирование — сверху вниз; остаточный принцип финансирования лесного хозяйства) дифференцировали хозяйство не по таксонам лесохозяйственного районирования, а по административно-хозяйственному принципу. Подтверждением этому выводу являлась вся система государственного учета лесного фонда и техническая отчетность по инстанциям управления.

И, наконец, третья основная причина заключается в том, что лесохозяйственное районирование в условиях Сибири необходимо было строить на иной природной основе, а не на лесорастительном районировании, которое к 1978 г. трансформировалось в лесотипологическое (Шейнгауз и др., 1980) и в таком виде было заложено в лесохозяйственное (Основы..., 1997).

В настоящее время в Сибири действует лесное районирование, утвержденное приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 г. № 367. Это районирование подготовлено

подведомственными институтами Рослесхоза на базе лесорастительного районирования по С. Ф. Курнаеву (1973) и лесохозяйственного районирования Сибири (Смагин и др., 1978). Недостатками этого районирования являются ориентация преимущественно на решение экономических задач, слабый учет экологической составляющей лесообразовательного процесса и увлечение лесотипологическими построениями при недооценке ландшафтного подхода.

Уровень организации хозяйства в лесах в значительной мере зависит от экономических условий и от применяемого метода лесоустройства. Это касается и уровня использования лесной типологии. В экстенсивных условиях лесного хозяйства Сибири попытки использовать существующие лесотипологические классификации неизбежно заканчиваются неудачно.

Качественное состояние лесов, основу которого определяет породный состав, находится в прямой зависимости от целенаправленного ведения лесного хозяйства. Проведение во времени комплекса лесоводственных мероприятий, целесообразного для конкретного выдела, обеспечивает и воспроизводство, и воспитание к возрасту спелости одного или нескольких видов древесных пород. Практически вследствие экстенсивности лесного хозяйства на большей части таежной зоны при выборе лесохозяйственных мероприятий приходится ориентироваться на наиболее экономичные. Следовательно, задача лесоводственной науки сегодняшнего дня для таежной зоны — выявление условий, при которых желаемый эффект может быть достигнут за счет максимального использования естественных сил природы. К сожалению, лесотипологическая основа не позволяет достоверно выявить эти условия.

Всесоюзное совещание «Теория лесообразовательного процесса» (Красноярск, 1991 г.) показало, что значительное число исследователей в качестве природной основы для изучения закономерностей естественного возобновления используют генетические классификации, содержание которых гораздо глубже в сравнении со схемами типов леса. Е. П. Смолоногов (1990) подчеркивает, что в схемах генетических

классификаций к одному типу лесорастительных условий относятся покрытые лесом и потенциально лесные участки, занимающие сравнительно одинаковые местоположения, близкие по характеру или режиму воздействия комплекса важнейших экологических факторов. Рельеф вместе с характером почвенного покрова является самым постоянным признаком типа лесорастительных условий, определяющим конкретное положение участка в пространстве. В любых случаях типы лесорастительных условий несут информацию о подстилающих материнских почвообразующих породах, физико-химических свойствах почв, режимах увлажнения, микроклимате и других факторах, определяющих условия существования лесных сообществ.

Отметим также дальнейшее развитие идеи дифференциации территории по ландшафтным таксонам. В частности, материалы исследований А. Н. Громцева (1991) позволяют трактовать ландшафт как лесорастительный район, где лесообразовательный процесс имеет определенные закономерности и тенденции. После отступления ледника (10–20 тыс. лет назад) происходит постепенное заселение лесообразующими породами первичных субстратов. Закономерное сочетание форм рельефа с определенным составом и мощностью четвертичных отложений обусловили в типе ландшафта территориальную компоновку и лесорастительные качества лесных местообитаний, в том числе динамику почво- и болотообразовательных процессов. Фоновый климат в известной мере также преломляется ландшафтными особенностями территории, создающими мозаику микроклиматов.

Прогрессивна, по нашему мнению, оценка лесообразовательного процесса, совмещающая как генетический, так и ландшафтный подходы. Например, в работе Е. Н. Калашникова (1991) отмечено, что ландшафтный подход необходим для изучения генезиса природных единств, что ландшафтно-экологический подход к исследованию лесообразовательного процесса основывается на положениях о стадиях лесов, разработанных Б. П. Колесниковым и его учениками. В целом методика изучения лесообразовательного процесса, учитывающая и генетические,

и ландшафтные классификации лесных территорий, сводится к их расчленению на геокомплексы различного ранга и изучению экологических режимов лесов геокомплексов, далее леса расчленяются на возрастные стадии в пределах видов геокомплексов с сопоставлением схем сукцессионных рядов.

Эволюция типологического направления (фитоценоотическое — биогеоценоотическое — почвенно-типологическое — ландшафтно-экологическое), на наш взгляд, закономерна. Постепенное повышение интенсивности лесного хозяйства и его роли в системе природопользования обусловило не менее постепенный отход от неопределенностей в трактовке понятия типа леса. Тем самым сделана попытка разработки классификации лесных территорий на иной природной основе — ландшафтно-экологической.

Принципиальным отличием ландшафтно-экологического направления является ввод в классификационную систему природно-территориального комплекса (ПТК) в качестве ведущего фактора литогенной основы (Киреев, 1977; Калашников, Киреев, 1978; Калашников, 1991; Киреев, 1991; Громцев, 1992; Столяров и др., 1992 и др.). В работах В. Н. Седых (1979, 1991, 2009), В. Н. Седых, Ш. Ш. Максютов (2016) подчеркивается решающее влияние на структурную организацию лесного покрова в пределах относительно одинаковых климатических условий геологического строения и рельефа земной поверхности. Геолого-морфологическая основа является ведущим фактором в ландшафтных методах дешифрирования аэрокосмических снимков (Киреев, 1977, 1991; Седых, 1991, 2009).

Обобщая многие ландшафтоведческие исследования, В. Н. Седых, Ш. Ш. Максютов (2016, с. 85) дали следующее определение: «...к ландшафту следует относить природно-территориальные образования относительно одинакового геолого-геоморфологического строения, состоящие из комплекса закономерно размещенных в пространстве различных типов и форм рельефа и генетически сопряженных с ними различных геологических поверхностных отложений, почв, растительности и зоологических

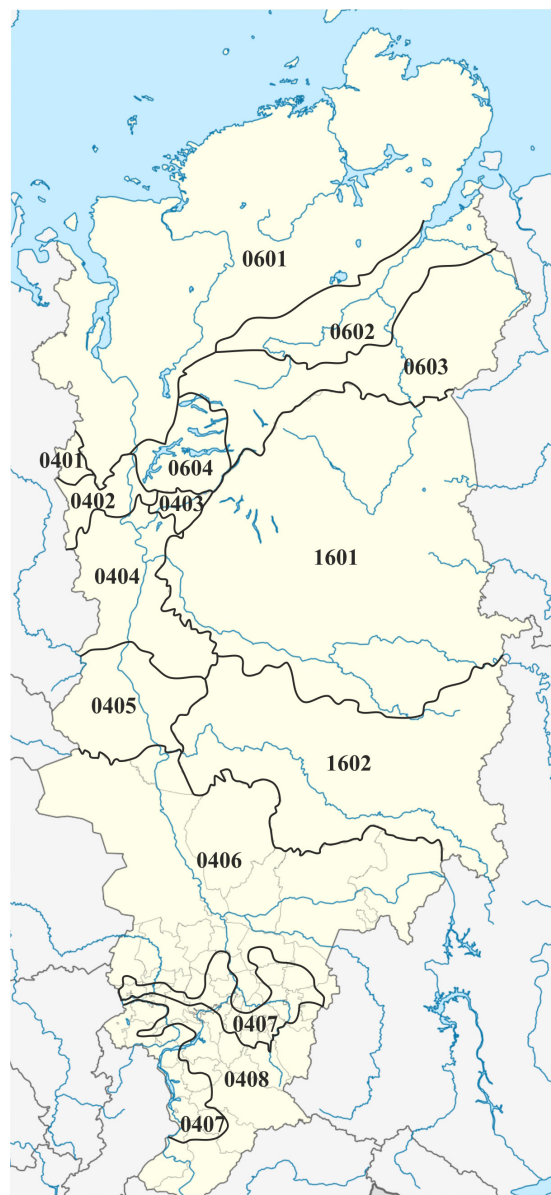
сообществ. Каждый ландшафт характеризуется специфическими функциональными свойствами и морфологическим обликом, что является важным для распознавания их на аэрокосмических снимках».

Ландшафтный метод стратификации лесных территорий более объективен, чем общепринятые в Сибири лесотипологические построения. Тип леса на аэрофотоснимках не дешифрируется. Границы же ПТК выявляются достоверно благодаря совместному применению материалов аэрокосмосъемки и различного рода тематических карт. Масштаб может быть выбран любой — от крупного региона до лесотаксационного (лесохозяйственного) участка. Таким образом, районирование лесных территорий на ландшафтно-экологической основе является привлекательным в любых природно-экономических условиях. Эта основа в силу своей объективности наиболее подходит для целей организации хозяйства в лесах Сибири. Образно говоря, ландшафтная основа является трехмерным каркасом для динамических процессов на любом уровне лесного районирования.

Дифференциация лесных территорий по насаждениям и их продуктивности определяется балансом тепла и влаги (Григорьев, Будыко, 1959; Исаченко, 1965). В соответствии с балансом тепла и влаги и особенностями геолого-геоморфологического строения территорий произведено зональное лесорастительное районирование по С. Ф. Курнаеву (1973). Геоморфологическое строение и рельеф (расчлененность территорий, их дренаж, крутизна и экспозиция склонов) оказывают решающее влияние на структуру лесной растительности и являются ландшафтно-экологической основой лесного районирования.

Применение ландшафтно-экологической основы в сочетании с лесоэкономическим и лесохозяйственным районированием послужило базой для разработки нами лесного районирования в рамках международного проекта «Сибирь-2» (Основы..., 1997; Фарбер, 2000). Таксон первого уровня районирования мы назвали экорегион (эколого-экономический регион). Всего в Сибири было выделено 37 экорегионов, в том числе в Западной Сибири — 18, в Восточной Сибири — 19 (рис. 8).

По территориальному содержанию и размерности экорегионы ближе к лесохозяйственным округам в понимании В. Н. Смагина и др. (1978), А. С. Шейнгауза и др. (1980). По лесохозяйственному районированию



- 0601** — Таймырский тундровый
- 0602** — Таймырский лесотундровый
- 0603** — Таймырский (Путорано-Анабарский) редкостойной тайги
- 0604** — Таймырский лесотундровый лиственнично-еловых лесов
- 1601** — Эвенкийский горный северо-таежный
- 1602** — Эвенкийский горный среднетаежный
- 0401** — Красноярский тундровый
- 0402** — Красноярский лесотундровый
- 0403** — Красноярский редкостойной тайги
- 0404** — Красноярский северо-таежный
- 0405** — Красноярский среднетаежный
- 0406** — Красноярский южно-таежный
- 0407** — Красноярский лесостепной
- 0408** — Красноярский горный южно-таежный

Сибири (Смагин и др., 1978) выделено 15 лесохозяйственных округов. Если учесть, что в нашем районировании относительно однородные природно-экономические районы делятся на части административными границами субъектов РФ, то количество экорегионов будет довольно близким к числу лесохозяйственных округов.

Названия экорегионов составлены по принципу сочетания географической и зонально-лесорастительной принадлежности. Границы экорегионов корректировались административными границами и внутренним лесоэкономическим и лесорастительным содержанием экорегионов. Таким образом, наше районирование является по своей сути природно-экономическим административным. Это наиболее удобно для управления лесами и организации лесного комплекса в субъектах федерации и на федеральном уровне.

Похожий принцип разделения территории принят в США. Территория разбита на 10 характерных климатогеографических зон, в рамках которых построено региональное управление лесами (Гиряев, 1991). Леса Канады разделены на 13 лесорастительных зон, дальнейшее деление производится по экономическим районам в пределах административных провинций (Тамаркин, 1964).

Следует отметить, что в развитых лесных странах не придают такого значения районированию лесных территорий, как в России. Лесное хозяйство организуется и ведется на иных принципах. Основу его составляют рыночные отношения, учитывающие формы собственности на леса и конкретику каждого лесного владения и лесного участка.

Для природно-экономических условий Сибири количество выделенных нами таксонов высшего уровня будет достаточным еще неопределенно долгое время. Изменение экономических условий в отдельных экорегионах может происходить разными темпами. Поэтому в целях возможной дальнейшей дифференциации лесного хозяйства в пределах экорегионов мы предусмотрели выделение таксонов второго уровня — субэкорегiónов.

Рис. 8. Взаимоположение экорегионов и ландшафтов Восточной Сибири

Их выделение произведено на ландшафтно-экологической основе с учетом методических разработок (Колесников, 1960, 1963; Солнцев, 1962; Анненская и др., 1962; Киреев, 1977, 1991; Калашников, Киреев, 1978; Исаченко, 1982; Седых, 1991; Фуряев, 1991; Громцев, 1992 и др.).

Всего по Восточной Сибири выделено 120 субэкорегiónов. По Западной Сибири В. Н. Седых выделил 106 субэкорегiónов. Для сравнения, Д. М. Киреев (1991) выявил для Сибири 33 ландшафтных области и 131 ландшафт. В нынешних экстенсивных условиях лесного хозяйства Сибири эти расхождения принципиального значения не имеют, поскольку реально «работает» первый уровень районирования — экорегiónы (по Д. М. Кирееву — ландшафтные области).

Перечень выделенных таксонов районирования Восточной Сибири (эко-регионов и субэкорегiónов) приводится в таблице 12. Количественные и качественные параметры, характеризующие экорегiónы, приведены в работе Основы..., 1997.

Комплексный анализ приведенных данных объективно вскрывает некоторые закономерности в состоянии и структуре лесов по экорегiónам. Для северных экорегiónов присущи разновозрастность и ненарушенность лесов, простой состав древостоев, низкие продуктивность и товарная структура. К югу повышается антропогенная нарушенность лесов, усложняется состав древостоев, увеличивается продуктивность и улучшается товарная структура древостоев. Конкретные параметры лесов по отдельным экорегiónам должны быть учтены при управлении лесами Сибири.

Перечень субэкорегiónов по экорегiónам

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Красноярский край			
Таймырский тундровый Госземзапас	11041	1	Енисейско-Хатангский прибрежный равнинный арктических тундр
		2	Северо-Таймырский горный арктических тундр
		3	Верхне-Быстринский горный арктических тундр
		4	Хетско-Полигайский равнинный кустарничково-моховых тундр
		5	Северо-Котуйский горный тундровый
		6	Северо-Путоранский горный тундровый
		7	Лонтокойский горный тундровый
Путорано-Анабарский редкостойной тайги	11042	1	Хетский равнинный кустарниковых тундр и лиственничных редколесий
		2	Котуйский горный тундровый
		3	Полигайский равнинный лиственничных реди́н и редколесий
		4	Анабарский горный тундровый
		5	Аянский горный тундровый
		6	Котуйканский горный лиственничных реди́н и редколесий
		7	Приозерно-Аянский горный тундровый
		8	Енисейско-Хантайский равнинный елово-лиственничных редколесий и реди́н
		9	Больше-Хетский равнинный кустарниковых тундр
		10	Туруханский равнинный лиственнично-еловых редколесий и реди́н

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Красноярский край			
Путоранский горный северо-таежный	11043	1	Маймечинский горный тундровый
		2	Вивинско-Котуйский горных тундр и северо-таежных лиственничных лесов
		3	Мойеро-Ессейский горный лиственничных редколесий и реди́н
		4	Мойеро-Вилюйский горный лиственничных реди́н и редколесий
		5	Нижне-Тунгусский горный елово-лиственничных северо-таежных лесов
		6	Кочечумский горный лиственничных редколесий и реди́н
		7	Илимпейский горный сосново-лиственничных северо-таежных лесов
Тунгусский среднетаежный	11044	1	Курейско-Пакулихский равнинный кедрово-лиственнично-еловых среднетаежных лесов
		2	Мундуйский горный елово-лиственничных среднетаежных лесов
		3	Тунгусско-Фатьянихинский равнинный лиственнично-кедрово-еловых среднетаежных лесов
		4	Келлого-Сымский равнинный сосновых среднетаежных лесов
		5	Елогуйский равнинный кедрово-еловых и производных березовых лесов
		6	Бахтинский плоскогорный елово-пихтовых среднетаежных лесов
		7	Кондромоский плоскогорный елово-пихтовых среднетаежных лесов
		8	Чунский плоскогорный лиственничных среднетаежных лесов
		9	Касский равнинный кедровых среднетаежных лесов
		10	Исаковский низкогорный елово-пихтовых среднетаежных лесов

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Красноярский край			
Тунгусский среднетаежный	11044	11	Чапский низкогорный сосново-лиственничных среднетаежных лесов
		12	Енгидский низкогорный елово-лиственничных среднетаежных лесов
		13	Чулоканский равнинный лиственнично-сосновых среднетаежных лесов
Ангарский южно-таежный	11045	1	Касский равнинный кедровых и производных лиственных лесов
		2	Сочурский равнинный сосновых лесов
		3	Кетский равнинный темнохвойных и производных березово-осиновых лесов
		4	Тисский низкогорный елово-пихтовых лесов
		5	Тейский горный пихтово-лиственничных и производных березовых лесов
		6	Вельминский горный лиственнично-еловых лесов
		7	Удере́йский равнинный сосново-лиственничных лесов
		8	Чадобский плоскогорный сосново-лиственничных лесов
		9	Катангский плоскогорный сосновых лесов
		10	Усольский низкогорный производных лиственных лесов
Канско-Ачинский лесостепной	11046	1	Кемчугский равнинный елово-пихтовых и производных лиственных лесов
		2	Чулымский равнинный темнохвойных и лиственных лесов
		3	Нижне-Канский равнинный елово-пихтовых и производных лиственных лесов
		4	Абанский равнинный светлохвойных и лиственных лесов

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Красноярский край			
Канско-Ачинский лесостепной	11046	5	Верхне-Чулымский низкогорный лиственнично-березовых лесов
		6	Канский равнинный лиственных лесов
Хакасский горный южно-таежный	11047	1	Верхне-Июсский горный темнохвойно-лиственничных лесов
		2	Туимский низкогорный лиственных лесов
		3	Сорский горный лиственничных и лиственных лесов
		4	Абаканский равнинный степной колючих лиственнично-березовых лесов
		5	Верхне-Абаканский горный пихтово-кедровых лесов
Саянский горный среднетаежный	11048	1	Манский низкогорный темнохвойных и производных лиственных лесов
		2	Агульский низкогорный светлохвойных и лиственных лесов
		3	Комайский низкогорный светлохвойных и лиственных лесов
		4	Тубинский равнинный светлохвойных и лиственных лесов
		5	Казырский горный пихтово-кедровых лесов
		6	Усинский горный лиственнично-кедровых лесов
Иркутская область			
Катангский среднетаежный	11251	1	Панонгинский плоскогорный лиственничных лесов
		2	Непский равнинный лиственнично-сосновых лесов
		3	Нижне-Чонский равнинный сосново-лиственничных лесов
		4	Гаженский равнинный сосновых лесов

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Иркутская область			
Витимский горный среднетаежный	11252	1	Нижне-Чуйский горный сосново-лиственничных лесов
		2	Витимский горный лиственничных лесов и горных тундр
Ангаро-Ленский южно-таежный	11253	1	Верхне-Муранский равнинный сосновых и производных лиственных лесов
		2	Эдучанский плоскогорный сосновых и производных лиственных лесов
		3	Ленский равнинный сосновых лесов
		4	Киренгский горный сосновых лесов
		5	Нижне-Бирюсинский равнинный сосновых и производных лиственных лесов
		6	Верхне-Ленский плоскогорный кедровых лесов
		7	Верхне-Киренгский горный лиственничных лесов
		8	Байкальский горный елово-пихтовых лесов и подгольцовых редин
Ангарский лесостепной	11254	1	Ангаро-Удинский равнинный сосновых и производных лиственных лесов
		2	Братский равнинный сосновых и производных лиственных лесов
		3	Верх-Илимский плоскогорный кедровых лесов
		4	Иркутско-Черемховский равнинный лесостепной светлохвойных и лиственных лесов
Саяно-Прибайкальский горный среднетаежный	11255	1	Бирюсинский равнинный сосновых и лиственных лесов
		2	Удинский равнинный сосновых и производных березовых лесов
		3	Тагульский горный темнохвойных лесов

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
Иркутская область			
Саяно-Прибайкальский горный среднетаежный	11255	4	Верхне-Удинский горный кедрово-лиственничных лесов и подгольцовых редин
		5	Иркутско-Черемховский равнинный лесостепной светлохвойных и лиственных лесов
		6	Прибайкальский горный сосновых лесов
		7	Приморский горный светлохвойно-темнохвойных лесов и подгольцовых редин
Читинская область			
Шилкинский горный среднетаежный	11761	1	Муйско-Куандинский котловинный заболоченный лиственничных лесов
		2	Верх-Каларский горный лиственничных лесов и горных тундр
		3	Верхне-Чарский котловинный заболоченный лиственничных лесов
		4	Шилкинско-Витимский горный лиственничных лесов
		5	Ингодинский равнинный степной светлохвойно-лиственных лесов
		6	Шилкинский светлохвойно-лиственных лесов
		7	Чикойский горный сосново-кедровых лесов
Аргунский горный лесостепной	11762	1	Борзинский горный лесостепной лиственнично-березовых лесов
		2	Кулусутайский плоскогорный степной солончаковый
Бурятия			
Тункино-Забайкальский горный среднетаежный	11811	1	Верхне-Ангарский равнинный заболоченный сосново-лиственничных лесов
		2	Муйский горный лиственничных лесов и горных тундр

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа		
наименование	код				
Бурятия					
Тункино-Забайкальский горный среднетаежный	11811	3	Муйско-Каундинский котловинный сосново-лиственничных лесов		
		4	Баргузинский равнинный заболоченный сосново-лиственничных лесов		
		5	Верх-Витимский горный лиственничных лесов		
		6	Удинский горный сосновых лесов		
		7	Усть-Селенгинский равнинный заболоченный		
		8	Верхне-Окский горный кедрово-лиственничных лесов и горных тундр		
		9	Верх-Иркутский равнинный сосново-лиственничных и производных березовых лесов		
		10	Снежинский горный кедрово-лиственничных и производных березовых лесов		
		Селенгинский горный южно-таежный	11812	1	Темникский горный лиственнично-темнохвойных лесов
				2	Селенгинский равнинный лесостепной сосново-березовых лесов
3	Верх-Хилокский горный сосново-кедровых лесов				
Тува					
Тувинский горный лесостепной	11931	1	Уюкский горный лиственнично-кедровых лесов		
		2	Верх-Тапсинский горный лиственнично-кедровых лесов и горных тундр		
		3	Верх-Енисейский равнинный степной колочных лиственничных лесов		
		4	Верх-Элегестский горный лиственнично-кедровых лесов и горных тундр		
		5	Тес-Хемский равнинный степной колочных лиственничных лесов		

Экорегiónы		№ ландшафта	Наименование субэкорегiónа
наименование	код		
<i>Тува</i>			
Саяно-Тувинский горный южно-таежный	11932	1	Верх-Енисейский горный кедрово-лиственничных лесов
		2	Бедий-Белинский горный кедровых лесов и горных тундр
		3	Верх-Енисейский равнинный степной колочных лиственничных лесов
		4	Кызыльский горный остепненных лиственничных лесов

В дальнейшем В. Н. Седых (2009) трансформировал лесное районирование Западной Сибири на основе лесорастительного районирования по С. Ф. Курнаеву (1973) и ландшафтно-типологического подхода по Б. П. Колесникову (1977) с выделением вместо субэкорегiónов природно-территориальных комплексов, которые в первом приближении могут называться ландшафтами. Для выделения ландшафтов были приняты 4 группы критериев:

- геоморфологические признаки;
- гидрологические признаки;
- растительность;
- пространственное положение ландшафтов (Седых, Максютлов, 2016).

Всего было выделено 77 природно-территориальных комплексов (ландшафтов) (рис. 9). В их границах предложено вести лесохозяйственную деятельность с учетом состояния и динамики лесов, отображаемых в генетических типах леса по Б. П. Колесникову, проводить оценку лесообразовательного процесса и осуществлять мониторинг лесного покрова. Это потребует изменения методов лесоустройства, а именно перехода на участковый метод лесоустройства с элементами контроля текущего прироста по Гюрно-Биоллею (Gurnaud, 1886; Biolley, 1923).

Участковый метод заключается в образовании постоянных хозяйственных участков леса из одного или группы таксационных выделов, объединяемых общностью лесорастительных условий, целью лесовыращивания (т. е. главной древесной породой) и соответствующим этой цели комплексом лесохозяйственных мероприятий. Лесоустроительные расчеты при этом методе производятся путем суммирования и последующего выравнивания по годам ревизионного периода объемов хозяйственных мероприятий, назначенных при таксации леса по каждому хозяйственному участку. По этому методу до начала лесоустроительных работ требуется проведение почвеннотипологического обследования с составлением карт почв и типов лесорастительных условий или групп типов леса.

Лесоустройство в интенсивных условиях лесного хозяйства идет по пути комбинирования метода классов возрастов с участковым методом (Дуда, 1985; Антанайтис и др., 1985; Основы..., 1997). Комбинированные методы лесоустройства широко применяются в практике ведущих лесных стран (Орлов, 1928; Тамаркин, 1964; Moser, 1975; Mayer, 1978; Konohira, Amano, 1986 и др.).

Применение тех или иных методов лесоустройства определяется соответствующими природными и социально-экономическими условиями. Если применение метода классов возраста соответствует средне- и низкоинтенсивной лесосечной форме хозяйства, то участковый метод или метод контроля текущего прироста применим только при интенсивном лесном хозяйстве, для чего необходимы благоприятные экономические условия и обеспеченность квалифицированными инженерно-техническими кадрами. Поэтому внедрение этих методов в чистом виде в условиях Сибири пока проблематично.

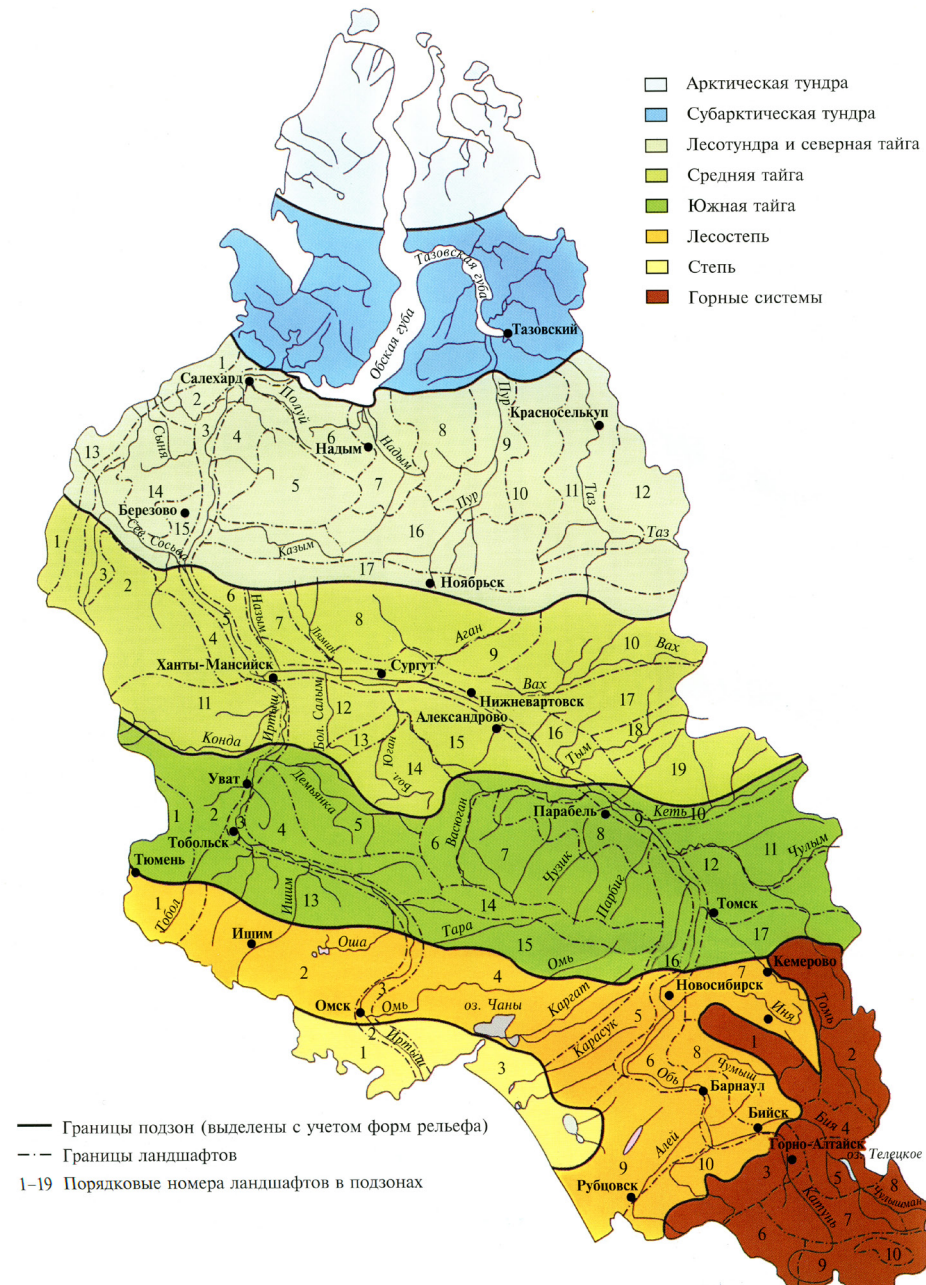


Рис. 9. Картограмма ландшафтов Западной Сибири.
 Источник: Седых, Максютлов, 2016

В отдельных экорегионах Сибири (лесостепном, южнотаежном, горном южнотаежном) возможно применение комбинированного метода (метода классов возраста в сочетании с элементами участкового метода и метода контроля текущего прироста). Речь идет о лесохозяйственных предприятиях в этих экорегионах с хозяйством выше средней интенсивности по классификации В. И. Литвиненко (1975).

Переход на комбинированный метод лесоустройства потребует изменения действующей системы лесочетных работ. Это означает, что необходим переход на непрерывную инвентаризацию лесного фонда и непрерывное лесоустройство. Эта идея не нова. В США в период с 1929 по 1950 гг. в промышленных лесах происходили сходные изменения. Американское лесное хозяйство было вынуждено перейти на систему организации хозяйства с непрерывным воспроизводством древесины и в связи с этим — на систему непрерывной инвентаризации. Американские лесоводы считают, что без непрерывной лесоинвентаризации нет непрерывного контроля (Мотовилов, 1962).

Это метод инвентаризации, заключающийся в закладке постоянных проб в естественных лесах и сплошном перечеке деревьев на пробах. На них проводятся такие же мероприятия, как и на всем участке. Пробы закладывают статистическим методом по углам сетки квадратов на карте лесов. Повторяющаяся система замеров тех же проб и деревьев дает высокую точность измерений и неизбежно выявляет ошибки старой или новой инвентаризации, которые таким образом постепенно устраняются. Схожие методы непрерывной лесоинвентаризации применяются в Канаде, Швеции, Финляндии (Основы..., 1997).

Резюмируя вышеизложенное, следует констатировать, что разработка лесного районирования на ландшафтно-экологической основе с применением генетической типологии по Б. П. Колесникову позволит проводить оценку влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов и надежно прогнозировать динамику лесного покрова (Основы..., 1997; Седых, Максютлов, 2016).

3. ОЦЕНКА ДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ

До недавнего времени потенциал лесных ресурсов рассматривался с позиций заготовки, переработки и воспроизводства древесного сырья. Это односторонний подход к лесным ресурсам. Правильным является определение лесных ресурсов как комплекса разнообразной продукции и полезностей леса.

Наиболее подробная классификация лесных ресурсов, включая множество производимых лесом продуктов и полезностей, дана Н. А. Моисеевым (1980). Им выделено десять групп лесных ресурсов: древесные, технические (недревесные), пищевые и кормовые, лекарственные, фауна, ресурсы охотничьего хозяйства, водные ресурсы, защитные полезности, рекреация, эстетика.

Во всех классификациях лесных ресурсов первое место занимают древесные ресурсы, и это не случайно. Потребности в древесине неуклонно растут. И все же доминирование древесины в комплексе лесных ресурсов имеет свои пределы. Возросшее значение защитных и социальных полезностей леса предусматривает их многоцелевое использование (Рожков, 1992; Фрай, 1994; Основы..., 1997; Соколов и др., 2021; Plattner, 1976; Cuthbert, 1986 и др.).

Кризис с лесообеспечением и низкая доходность лесного сектора России в целом — индикатор несостоятельности существующей модели управления лесами и организации лесопользования. Многие традиционно лесопромышленные регионы России столкнулись с нехваткой экономически доступного леса на фоне значительного фактического неиспользования расчетной лесосеки (Шейнгауз, 1984; Швиденко и др., 2000). Подобная ситуация наблюдается и в Сибири.

Снижение показателя использования расчетной лесосеки происходит вследствие исчерпания экономически доступного лесного фонда и кризиса существующей экстенсивной модели лесопользования. Традиционное освоение лесов за период с 1965 по 1999 гг. привело к сокращению

доли хвойных пород в общей расчетной лесосеке почти на 10% — с 66,6 до 56,9% (Писаренко, Страхов, 2008).

Размер расчетной лесосеки определяется, исходя из объема биологической продукции древесины. На практике эти показатели всегда завышались для того, чтобы обеспечить или скрыть экстенсивный характер лесопользования. По этой причине устойчивые уровни заготовок нетронутых массивов тайги были гарантированы только на 20–30 лет, тогда как реальный оборот рубки превышает эти сроки минимум в 3–5 раз. Такое положение сохранилось до сих пор: лесной сектор развивается по экстенсивному пути, причем отсутствие экологической и экономической устойчивости лесопользования изначально заложено в отраслевую модель. В результате многие лесозаготовители испытывают недостаток лесосырьевых ресурсов, которые формально должны обеспечивать бесперебойное функционирование лесозаготовительных предприятий.

3.1. Эколого-экономическая доступность и оценка древесных ресурсов

Понятие эколого-экономической доступности древесных ресурсов возникло в результате развития теории многоцелевого лесопользования и повышающейся экологической роли лесов. Переход на модель интенсивного лесного хозяйства и лесопользования в версии Рослесхоза потребует изменения подходов к определению расчетных лесосек, базирующихся на идеальной модели нормального леса. Существующая более 200 лет модель нормального леса не была реализована в естественных лесах. Лесопользование подчиняется законам экономики, не допускающим заготовку древесины, не имеющую спроса. Поэтому лесоводственные правила, повторяющиеся в нормативно-технических актах, не могут доминировать над экономическими реалиями (Соколов, Багинский, 2014; Швиденко и др., 2017).

Подходы к определению расчетных лесосек должны обеспечивать экономически эффективное использование имеющей спрос спелой древесины, т. е. необходимо учитывать эколого-экономическую доступность лесных ресурсов. Поэтому величину расчетной лесосеки необходимо определять в двух вариантах: 1) лесоводственном; 2) экономически доступном. Первый вариант является лесоводственным пределом при достижении условий полного сбыта заготовленной древесины. Второй вариант принимается за основу.

Расчет норм пользования древесиной на многие десятилетия вперед совершенно необъективен, оторван от экономических реалий. Понятно, что расчет должен стремиться к обеспечению непрерывности и относительной равномерности лесопользования, но последнее зависит от конкретных природно-экономических условий в определенных времени и месте.

Определение эколого-экономической доступности лесных ресурсов позволит объективнее выявлять стоимостную оценку лесных земель, попенную плату и арендные платежи, организовать рациональное лесопользование на принципах непрерывного неистощительного пользования лесом и оптимизировать экономические отношения между лесопромышленным и лесохозяйственным производством.

Экологические факторы влияют на доступность лесных ресурсов для лесопользования прямо и косвенно. Приведем некоторые примеры. Распределение лесов на виды целевого назначения и категории защитности производится государственными законодательными актами. Для категорий защитности соответствующими правилами устанавливаются разные режимы лесопользования из-за нормирования рубок (способы рубок, приемы, повторяемость, размер выборки и т. д.). В некоторых категориях лесов (орехопромысловые зоны, заповедники и др.) эксплуатационные рубки запрещены. Следовательно, в данном случае один из ведущих лесных ресурсов — древесный — фактически недоступен для использования из-за законодательного запрета со ссылкой на экологические факторы. В других категориях защитных лесов (леса зеленых зон,

запретные полосы лесов вдоль рек и др.) использование древесного ресурса промышленными (концентрированными) рубками запрещается, поэтому здесь экологические факторы косвенно снижают доступность или делают древесный ресурс недоступным для пользования по комплексным эколого-экономическим соображениям. В эксплуатационных лесах, имеющих, как известно, промышленное значение, в определенных условиях экологические факторы могут существенно ограничивать доступность древесного ресурса, например, в горных лесах из-за значительной доли в составе их особо защитных участков (леса на крутых склонах, участки леса с выходом на поверхность каменистых россыпей и др.).

Таким образом, экологические факторы в сочетании с экономическими регламентируют доступность лесных ресурсов или делают их недостижимыми для использования в конкретных условиях. В ближайшей перспективе необходимо провести многофакторное моделирование эколого-экономической доступности лесных ресурсов. Наибольшей сложностью здесь станет разработка и сочетание модуля экологической доступности с модулем экономической доступности.

Ретроспективный анализ эколого-экономических условий работы лесозаготовительных предприятий Сибири, обладающей самым крупным потенциалом в стране, показал, что лишь 40% его можно отнести к ресурсам достаточно эффективной степени освоения (высокой и средней доступности). В перспективе эта цифра безусловно уменьшится ввиду все возрастающей тенденции выборки лучших запасов и экологических ограничений (Соколов и др., 2021).

По степени доступности ресурсы можно подразделить следующим образом:

- а) высокая степень доступности (ресурсы 1 категории) — превышение товарной продукции лесозаготовок, исчисленной по оптовым ценам, над себестоимостью лесозаготовок — 20% и более;
- б) средняя степень доступности (ресурсы 2 категории) — превышение стоимости товарной продукции в оптовых ценах над себестоимостью колеблется от 19 до 10%;

в) низкая степень доступности (ресурсы 3 категории) — между указанными величинами либо нет разницы, либо она составляет не более 9%. Это ограниченно доступные ресурсы;

г) недоступные ресурсы (ресурсы 4 категории) — затраты на заготовку древесины превышают стоимость товарной продукции в оптовых ценах.

Доступность ресурсов не статична. По мере изменения природно-производственных условий (увеличение площади насаждений, возможных для эксплуатации, строительство лесовозных дорог и т. д.) изменяется содержание экономической доступности.

Расчет экономической доступности ресурсов должен определяться на стадии проектирования или в процессе лесоустройства следующим образом:

а) производится таксационный анализ и анализ территориального размещения эксплуатационных запасов по лесосырьевой базе или лесному объекту. Он состоит из таксационной характеристики участков спелого леса (площадь, состав, средняя высота и средний диаметр, полнота) и их размещения относительно дорог круглогодочного действия. Изучается количество подроста под пологом леса, состояние и целесообразность его сохранения при сплошных рубках. На основании этого делается выбор способа рубки (сплошная с сохранением подроста, постепенная и т. д.);

б) по товарным таблицам определяется выход сортиментов. Входами в эти таблицы являются средний диаметр насаждения и преобладающая порода. По сложившимся оптовым ценам на лесопroduкцию рассчитывается товарная продукция, получаемая с данного участка;

в) с учетом характеристик эксплуатационных запасов древесины на участке рассчитываются затраты на лесосечные (без учета расходов на строительство временных лесовозных дорог и транспортировку древесины от лесосеки до нижнего склада) и нижнескладские работы;

г) по плану лесонасаждений или схеме лесосырьевой базы определяется расстояние от нижнего склада до центра квартала, в котором

размещен данный лесной массив. По измеренному расстоянию рассчитываются затраты на перевозку древесины «лесосека — нижний склад»;

д) от имеющихся дорог до участка спелого леса (или центра квартала), в котором проектируется рубка леса, по плану лесонасаждений измеряется расстояние. По нему определяются затраты на строительство временных лесовозных дорог с учетом различных сезонов их эксплуатации;

е) полученные затраты на освоение данного лесного массива суммируются и сопоставляются с товарной продукцией лесозаготовок. Разница между товарной продукцией и затратами на ее получение является прибылью, полученной с данного лесного массива. Отношением прибыли к себестоимости определяется рентабельность лесозаготовок. По ее величине данный участок относят к соответствующей категории доступности.

Все вышесказанное определило подход к разработке критериев и составлению логического алгоритма экономической доступности лесных участков с последующим определением нормативов, т. е. предельных значений факторов, отражающих условия лесозаготовки в конкретных лесозаготовительных районах.

Ретроспективный анализ леспромпхозов Красноярского края показал широкие колебания удельного веса категорий экономической доступности лесных ресурсов. 3% составляли ресурсы высокой степени доступности, 17% — доступные, 21% — среднедоступные, 26% — ограниченно доступные и недоступные — 33%.

Информация о доступных древесных ресурсах дает возможность планировать текущий и перспективный выход деловой древесины из лесосечного фонда, а также перейти от экстенсивных методов лесозаготовки к комплексному освоению древесных ресурсов.

В процессе экономических изменений в нашей стране происходит постепенное признание объективных экономических законов, в ряду которых главное место принадлежит закону стоимости. Долгое игнорирование его привело в недавнем прошлом к формированию и укреплению в экономике затратного механизма хозяйствования, который

и теоретически, и практически противоречил интенсификации производства и даже противодействовал ей. В настоящее время произошел глубокий перелом в оценке управления экономикой, и присущие затратному механизму административно-командные методы управления заменяются экономическими.

Экономические методы управления, считавшиеся до недавнего времени методами лишь косвенного централизованного планового регулирования, сейчас выходят на передний план в управлении хозяйственным механизмом страны. Экономические методы включают в себя две подсистемы: планово-экономические нормативы и хозрасчет, находящиеся в прямой неразрывной связи. Ценообразование — часть этой единой системы, а цены — основной, главный экономический норматив, который в одинаковой мере влияет на плановую деятельность предприятий и государственные интересы в целом. Поэтому в период реформ экономических производственных отношений цена как объект изучения должна быть в центре пристального внимания (Нестеров, 1909; Креслин, 1934; Струмилин, 1967; Лазарев, 1990, 1992; Лазарев, Аскеров, 1993 и др.).

Современный этап развития отечественной экономики, характеризующийся сменой большинства сложившихся ранее экономических стереотипов, выдвинул в число ключевых задач создание концепции экономической оценки продукции лесной отрасли с учетом критериев зависимости от производственных факторов складывающегося рынка и региональных аспектов.

Критерии экономической оценки лесов обусловлены спецификой лесохозяйственного производства, сложным анализом формирующихся рыночных отношений в нестабильной экономической системе, наличием актуальной информации о состоянии лесного фонда и производственной деятельности предприятий, осуществляющих лесозаготовки.

Теоретической основой оценки является теория дифференциальной ренты (Воронков, 1972; Логацкий, 1991; Петров, 1992; Починков, 1992 и др.).

Общая методология обоснования рентного подхода к экономической оценке леса на корню нашла отражение в большом числе публикаций,

где объектом внимания являются такие категории как корневая цена, попенная плата, лесные подати, расчетная цена, лесной налог, арендная плата и т.п. Не ставя задачи смыслового уточнения взаимозаменяемости или отождествления этих определений, остановимся на понятии «корневая цена», считая, что терминология при оценке может изменяться в зависимости от конкретного приложения к соответствующему объекту лесопользования (при обычном отпуске леса из сырьевых баз — лесные подати (попенная плата); при аренде лесов — арендная плата).

Несмотря на многочисленные публикации и широкий поиск путей совершенствования ценообразования на продукцию лесного хозяйства, мы до сих пор не располагаем общепринятой методикой построения отпускных цен на лес на корню. Теперь, когда осуществляются первые шаги по внедрению нового оценочного механизма в лесном хозяйстве, весьма важно учесть причины неудач прежних методических разработок, чтобы более уверенно и обоснованно проводить дальнейшие преобразования.

Экономическая оценка лесов — это завершающий этап в изучении закономерностей всей хозяйственной деятельности в лесу, начиная с лесовыращивания и кончая изъятием готовой продукции. Она сводит воедино многочисленные природные и экономические условия и через них отражает относительную ценность для общества того или иного участка леса. В целом совершенствование ценообразования на продукцию лесной отрасли имеет конечной целью разработку методов определения платы за лесные ресурсы с учетом позитивного мирового опыта и анализа результативности производств по их использованию и воспроизводству. Плата за ресурсы должна не только выступать стимулом их рационального использования, но может рассматриваться как норматив эффективности использования ресурсов, обеспечивающий изъятие дифференциальной ренты.

Лесные таксы (лесные подати, арендная плата) должны разрабатываться с учетом потребительской стоимости древесины, выявление которой — один из аспектов эксплуатационной доступности лесных ресурсов. В настоящее время эколого-экономические критерии эксплуатационной

доступности лесов определены, но еще недостаточно проверены практикой. По мнению большинства отечественных экономистов, в основу кадастровой оценки лесов должна быть положена их лесозаготовительная ценность, что, конечно, не относится к тем регионам, где резко нарушено экологическое равновесие, и приоритетными функциями лесов являются средозащитные функции и полезности. Лесо-эксплуатационная ценность определяется максимально возможным экономическим эффектом, т. е. максимально возможной величиной ренты, получаемой при эксплуатации леса с учетом фактора времени.

О правомерности и необходимости изъятия избыточного (дифференциального) дохода при оценке леса на корню наиболее аргументированно излагается в работах вышеназванных лесных экономистов. Отсутствие необходимой стабильности производственно-хозяйственной деятельности как лесохозяйственных, так и лесозаготовительных предприятий в значительной степени связано с действующей практикой организации расчетов по реализации продукции, точнее с неимением достаточно простой и надежной методики определения дифференциального дохода, сверхприбыли, т. е. ренты как фактора экономического прогресса в новых условиях хозяйствования. В работах А. П. Петрова (1992), Г. Я. Починкова (1992) приводятся формулы по определению корневой цены (ренты). По своему экономическому содержанию они сходны с формулами целого ряда авторов — сторонников рыночного подхода к определению корневых цен на лес как у нас в стране, так и за рубежом. Они несомненно могут быть использованы в изыскательских и проектно-аналитических расчетах, но в практике лесного хозяйства при отводе лесосечного фонда их применение, на наш взгляд, будет затруднено, поскольку для таких расчетов требуется значительный массив нормативно-статистических данных:

- характеристика лесосек;
- динамика рыночных цен на лесоматериалы;
- нормативные затраты на производство пиломатериалов и заготовку леса по технологическим стадиям в зависимости от породно-размерных параметров бревен и растущих деревьев;

— размер предпринимательской прибыли, достаточной для поддержания в данном регионе деловой активности в лесозаготовительном и лесопильном производствах;

— коэффициенты относительных затрат на заготовку древесины в зависимости от производственных факторов (расстояния трелевки, вывозки, запаса древесины, почвенно-грунтовых условий, способов рубки леса, древесной породы и размеров стволов и др.);

— нормативы выхода пиломатериалов по качественным группам из бревен различных древесных пород и диаметров;

— выход бревен по диаметрам из стволов различных древесных пород и диаметров и др.

Впервые платный отпуск древесины на корню был введен более 250 лет назад императрицей Екатериной II, когда в 1766 г. были утверждены правила по отпуску лесных земель. После учреждения в 1798 г. Лесного Департамента императором Павлом I были установлены первые лесные таксы (Лазарев, 1997). Размер таксы за отпуск древесины на корню определялся на основе остаточной стоимости, предложенной автором классической политической экономии А. Смитом и названной земельной рентой (Смит, 1997).

В 1883 г. Лесной Департамент издал Наставление к составлению такс на лесные материалы, подготовленное Э. И. Шенроком (Орлов, 1928). Базовой основой этого наставления послужила формула Фаустмана, которая по своей сути определяет почвенную ренту в лесном хозяйстве (Гейер, 1878; Медведева, 2003):

$$V_L = (V_T - C_F) / [(1 + e)^T - 1] - m/e - C_F \quad (1)$$

где V_L — почвенная рента, V_T — стоимость запаса леса, получаемого в конце оборота рубки, T — оборот рубки (возраст леса, предназначенного для рубки), C_F — затраты на лесовосстановление (посадка или иное возобновление леса), осуществляемые после каждой рубки,

m — ежегодные затраты на управление, охрану и защиту лесов, e — ставка дисконтирования.

Итогом наставления 1883 г. стал вывод, что исчисление корневых (таксовых) цен следует производить по формуле, действующей и в настоящее время:

$$t = \frac{r}{1,0 p} - (e+d), \quad (2)$$

где t — корневая цена (рента) 1 м³ древесины, r — рыночная цена 1 м³ древесины, p — процент на затраченный капитал, e — расходы по заготовке 1 м³ древесины, d — транспортные расходы по доставке древесины к пункту потребления.

По мнению Н. П. Чупрова (2004), корневая плата за 1 м³ древесины на корню должна состоять из двух частей: ренты, определяемой по формуле (2), и необходимых затрат на воспроизводство лесов, приходящихся на 1 м³ древесины. Эти затраты включают в себя лесовосстановление, охрану лесов и затраты на лесоправление. Н. П. Чупров предлагает рассчитывать вторую часть ренты по формуле:

$$Z_{л.в} = \frac{[(\sum Z_{л.х} + \sum Z_{к} - \sum D_{с.с}) K_{н.п}] K_{н.д.с}}{\sum V}, \quad (3)$$

где $Z_{л.в}$ — требуемые средние затраты на воспроизводство и охрану лесов, приходящиеся на 1 м³ заготавливаемой древесины по главному пользованию в области, регионе, руб.; $\sum Z_{л.х}$ — суммарные годовые операционные затраты на ведение лесного хозяйства в области, регионе, тыс. руб.; $\sum Z_{к}$ — капитальные годовые затраты лесного хозяйства на приобретение техники в области, регионе, тыс. руб.; $\sum D_{с.с}$ — планируемая годовая сумма собственных средств лесного хозяйства в области, регионе, тыс. руб.; $\sum V$ — объем заготовки древесины в расчетном году в области, регионе, тыс. м³; $K_{н.п}$ — коэффициент, учитывающий нормативную прибыль лесного хозяйства (например, 1,15); $K_{н.д.с}$ — коэффициент, учитывающий налог на добавленную стоимость.

Первую часть ренты предлагается направлять в федеральный бюджет, вторая часть должна быть направлена целиком на лесовыращивание. Более подробно механизм оценки лесных ресурсов разработан СевНИ-ИЛХом и ВНИИЛМом в Методических рекомендациях по экономической оценке лесов (Чупров, Воронков, 2000).

Расчет платежей за пользование древесными ресурсами на базе лесной ренты предлагают и другие исследователи (Основы..., 1997; Лебедев, 1998; Петров, 2002, 2011, 2012; Шейнгауз, 2007а, 2007б; Шутов, 2012; Чанг, Пирс, 2019; Беспалова, 2022; Niskanen et al., 2002; Fare et al., 2004; Vespalova et al., 2019 и др.). Конечная цель определения корневой цены древесины заключается в достижении доходности, которая полностью компенсирует расходы на ведение лесного хозяйства.

Принцип определения корневых цен на лес был положен в основу «Методики расчета платежей за пользование лесным фондом», утвержденной постановлением администрации Красноярского края № 545-п от 23.11.1994 г.

Определение средней корневой цены по региону с применением традиционного индексного метода экономико-статистического анализа позволило рассчитать корневые цены по районам в зависимости от природно-географических и производственных условий (Соколов и др., 1994; Основы..., 1997). В ходе работы реализованы следующие задачи:

- подобраны ключевые объекты для проведения экспериментальных расчетов; в качестве таких объектов приняты лесхозы в некоторых районах Красноярского края зоны развивающегося лесопользования, а также предприятия лесной промышленности, ведущие заготовки на их территориях;

- собраны экономические показатели работы указанных предприятий; изучено влияние эксплуатационных условий на сравнительную эффективность освоения ими лесных ресурсов, различных по продуктивности и местоположению, что в последствии позволило определить дифференциальный доход (сверхприбыль, ренту), получаемый производителем лесоматериалов при реализации их на рынке;

— изучены условия формирования корневых цен в зависимости от приоритетной функции леса в конкретном регионе, прежде всего это сырьевая функция;

— выбраны новые критерии кадастровой стоимостной оценки лесных ресурсов, учитывающие особенности переходного периода от централизованной экономики к рыночной;

— проведены экспериментальные расчеты ставок платы за лес на корню по лесохозяйственным районам Красноярского края.

Критерием потребительской ценности лесных ресурсов является лесная рента, а основным определителем размера ренты выступают рыночные цены на лесопroduкцию.

Таков примерный порядок определения корневой цены, лесных податей и арендной платы за пользование лесным фондом в расчете на один обезличенный кубометр круглого леса. В случае применения к конкретному лесному объекту они дифференцируются по породам и крупности.

Для получения ставок корневой цены по лесохозяйственным районам правомерно использование индексов (коэффициентов), корректирующих среднюю величину корневой цены с учетом многих факторов природно-производственного характера: среднего запаса на 1 га, как показателя природных условий и качественной характеристики лесного фонда, а также себестоимости заготовки 1 м³ древесины — совокупного показателя производственных и организационно-технических условий. Полученные индивидуальные индексы объединяются для удобства расчетов в интегральный индекс природно-производственных условий. Необходимо по возможности дополнить экономическое содержание ставок платежей за лесные ресурсы эколого-экономическими параметрами, определяющими их эксплуатационную доступность как один из главных аспектов кадастровой оценки. При наличии рейтинга (разрядов) эксплуатационной доступности можно дополнить интегральный индекс индивидуальным индексом доступности, что будет способствовать лучшей дифференциации средних ставок платежей по районам. Надо отметить, что индекс эксплуатационной доступности сам по себе мог бы заменить

вышеназванные индивидуальные индексы. Однако определение эксплуатационной доступности представляет собой самостоятельный сложный расчет.

Применение индексного метода значительно упрощает расчеты ставок платежей за лес на корню; при всей кажущейся условности он вполне может быть использован, корректность же результатов расчетов, произведенных по изложенной схеме, более зависит от качества исходной информации (достоверности показателей производственной отчетности лесозаготовительных предприятий, прежде всего отражения в ней прибыли).

Очевидно, что предложенный метод определения ставок платежей за лес будет способствовать выравниванию плановых возможностей предприятий, работающих в различных природно-производственных условиях, а также стимулированию материальной заинтересованности в рационализации лесопользования. Полное извлечение избыточного дифференциального дохода позволит более целесообразно и эффективно формировать финансовые средства для охраны, защиты и воспроизводства лесных ресурсов.

Отраслевой принцип, на котором построена эксплуатация лесных ресурсов, требует обеспечения самокупаемости и финансовых стимулов. Это относится в равной мере как к лесной промышленности, так и к лесному хозяйству. Обе подотрасли одинаково заинтересованы в рациональном использовании лесоресурсного потенциала, а это требует ускоренного внедрения экономического механизма управления лесопользованием, основанного на платежах за лес на корню, определяемых на концептуально новом уровне. Таким образом, не вызывает сомнений, что не только теоретические соображения, но и хозяйственная практика настойчиво требуют принципиально новой, соответствующей экономической ситуации оценки лесных ресурсов.

3.2. Эколого-экономическая оценка древесных ресурсов на примере Красноярского края

Теория экономических оценок природных ресурсов является одной из важнейших составных частей экономической науки и ее практического инструментария. В частности, вопросы экономической оценки лесных ресурсов занимают одно из главных мест в проблеме взаимодействия общества и природы.

В период перехода от плановой социалистической экономики к рыночной появились данные исследований, которые должны быть интегрированы в новое, всеобъемлющее научное мировоззрение. При этом задача состоит не только в том, чтобы найти лучший способ отчетливо выразить новые теоретические положения в их целостности, но и в том, чтобы в соответствии с ситуацией решить, насколько возможно и целесообразно применение на практике новых концептуальных схем. Необходимость представить результаты исследований в контексте нового экономического направления диктуется тем, что индивидуальные разработки еще не сведены воедино в последовательной и исчерпывающей научной парадигме, способной заменить старую модель.

Экономическая оценка лесных ресурсов рассматривается как задача прикладного характера и основа для принятия правильных хозяйственных решений. Рационализация природопользования не может быть решена вне оценки эффективности использования различных видов природных, в том числе лесных ресурсов. Экономическая оценка лесных ресурсов требует разработки специальных методических подходов, учитывающих их специфические особенности (длительность производственного цикла, воспроизводимость, многоцелевой характер использования). Долгие годы в основе методологических разработок по оценке природных ресурсов была заложена марксистско-ленинская экономическая теория, хотя в трактовке экономического содержания оценочных работ имелись существенные различия; в целом же эта теория являлась фундаментом всех научных разработок. Однако, как показало время, она

оказалась несовместимой с действительной картиной экономической и социальной жизни общества, например, тезис о стоимости товаров, определяемых общественно необходимыми затратами на их воспроизводство. Такой подход применялся не только в оценке продукции традиционных отраслей производства, но и переносился на оценку продукции природоиспользующих отраслей. Неправомерность его особенно очевидна при экономической оценке лесных ресурсов.

Задачи экономической оценки природных ресурсов должны конкретизироваться в зависимости от вида ресурса и направления его использования. Необходимо также принимать во внимание дефицит ресурсов, степень их вовлечения в хозяйственный оборот, многоцелевой характер. И хотя лесным ресурсам в большинстве районов присущи перечисленные признаки, тем не менее лес на корню нуждается в своих оценках, учитывающих специфические особенности отрасли по его выращиванию, главнейшей из которых является фактор времени. Достаточно ярко можно проиллюстрировать точку зрения о явной неправомерности затратной концепции оценки леса на корню, приведя мнение К. Г. Гофмана: «Ее непригодность для лесооценочных работ обнаруживается достаточно легко хотя бы потому, что ценность древесного запаса при затратном подходе должна убывать с увеличением возраста запаса (именно такая зависимость между затратами на лесовыращивание и возрастом насаждений). Однако здравый смысл протестует против того, чтобы спелая крупномерная древесина оценивалась дешевле древесины молодняков, годной, как правило, лишь на дрова» (1973, с. 28).

Исследовав глубже это очевидное несоответствие, многие лесные экономисты отказались от затратного критерия оценки. Анализ исторически сложившихся методов экономической оценки природных ресурсов позволил прийти к выводу, что наилучшим критерием экономической оценки функциональной роли леса является капитализированная рента, позволяющая оценить лесные ресурсы в сопоставимых единицах. Тем не менее затратная концепция в оценке лесных ресурсов господствовала до середины 70-х годов XX века. Принятая схема неоднократно

исправлялась, в частности, в связи с полемикой о нормативных затратах, принимаемых за основу. В начале периода за основу принимались средние затраты труда со ссылкой на теорию Маркса об образовании средней нормы прибыли и превращении стоимости товара в цену производства. Затем была принята концепция оценки на основе предельных (замыкающих) затрат труда, связанная с необходимостью обеспечить предприятия, работающие в худших природных условиях или с применением менее производительного оборудования, нормальными условиями для воспроизводства. Это уже означало переход к качественно новой концепции оценки. Стало очевидно, что возникло новое экономическое направление, которое сосредоточилось на изучении дифференциальной ренты, возникающей при освоении ресурсов разного качества и местоположения.

Сложная и многогранная деятельность предприятий лесного хозяйства находится под воздействием множества различных факторов. Эффективность их работы непосредственно зависит от природных условий и общего развития производительных сил в данном районе. В то же время характер производства каждого предприятия определяется конкретными видами произведенных потребительных стоимостей, способом производства, технологическим процессом, уровнем используемой техники и другими внутренними организационно-техническими условиями. Таким образом, предмет оценки продукции лесохозяйственного производства всегда конкретен. Это относится и к основной продукции — древесине, и к так называемым «невесомым» (средозащитным) функциям и полезностям, таким как водоохранная, противозероизионная, рекреационная и другие функции. В наибольшей степени на оценку продукции оказывают влияние различия в качестве и местоположении лесных запасов. Именно эти различия обуславливают возникновение дифференциальной ренты подобно ее образованию в сельском и водном хозяйствах, горнодобывающих отраслях.

Несмотря на исторические прецеденты, заключающиеся в обосновании использования дифференциальной ренты в качестве главного критерия оценки леса на корню (Арнольд, 1884; Переход, 1925; Креслин,

1934 и др.), такой подход до недавнего времени отрицался большинством лесных экономистов. По-видимому, сопротивление применению новых критериев оценки со стороны традиционно настроенных ученых было основано на непонимании природы и сущности лесной дифференциальной ренты, ее трансформации в попенную плату. Кроме того, многими отрицалось существование при социализме не только абсолютной, но и дифференциальной ренты.

Каждый период в истории научных идей и методов представляется логической ступенью в постепенном приближении ко все более точному описанию предмета исследований. Некоторые из положений новой концепции ценообразования столь значительны, что указывают на необходимость радикальной реформы ценообразования и изучения сущности дифференциальной ренты как критерия экономической оценки продукции природоиспользующих отраслей. Анализ опубликованных работ показывает, что целый ряд экономистов, работавших над общим кругом вопросов, касающихся оценки природных ресурсов, руководствовался в основном одним и тем же набором правил, которые лишь сравнительно недавно определены в качестве научных. Так, достаточно ясности в эту область внесли В. К. Шкатов (1971), П. Т. Воронков (1976), И. В. Туркевич (1977), А. П. Петров (1993) и др.

Система экономических оценок леса на корню должна стать основой для создания экономического механизма стимулирования лесопользования. Являясь важнейшей предпосылкой повышения эффективности управления лесопользованием, разработка такого механизма позволит обеспечить материальную заинтересованность всех производственных звеньев предприятий лесного комплекса в бережном и рациональном использовании лесных богатств. Известно, что эти богатства до некоторой степени преувеличены. Так, по нашим укрупненным оценкам даже в таком многолесном регионе, как Сибирь, экономическая доступность лесов составляет не более 40–50%, т. е. из всего наличного запаса эксплуатационных лесов использоваться эффективно может не более половины (Соколов, Спиридонов, 1991; Соколов и др., 1994).

Опыт показывает, что обоснованность цен повышается, если исходить из сопоставления их потребительских свойств, сравнительной эффективности потребления. Это означает, что базой цены становится полезность товара. При этом затраты остаются наибольшим компонентом цены, но их трудно определить, абстрагируясь от оценки потребительской стоимости, т. е. оценить эффективность затрат становится возможным только при выявлении общественной полезности произведенной продукции и прибыли, которую они приносят.

Традиционный принцип ценообразования, когда цена исчислялась как сумма себестоимости и пропорциональной ей прибыли (схема «цены производства») оказался практически несостоятельным. Прежде всего это относится к ресурсоиспользующим отраслям, куда входит лесная отрасль в широком смысле слова (производства по выращиванию, заготовке лесной продукции). Здесь, как и везде, цены должны обеспечивать возмещение издержек производства и обращения и получение прибыли каждым нормально работающим предприятием. Однако особое значение в таких отраслях имеют вопросы о ренте. При этом для определения цен должны приниматься во внимание не просто худшие природные условия, а такие, в которых разумно и целесообразно дальнейшее расширение производства.

Создание оценочного механизма, ориентированного на дифференциальную ренту и отражающего народнохозяйственный эффект от использования природных, в том числе лесных ресурсов, облегчит решение многих важных практических задач, связанных с эксплуатацией и воспроизводством природных богатств. Разработка методики экономической оценки лесных ресурсов в условиях переходного периода — задача весьма сложная, требующая критического осмысления всего предшествующего опыта оценки и разработки новых теоретических положений и технических приемов такой оценки.

В целом, совершенствование системы ценообразования на продукцию лесных отраслей имеет конечной целью разработку методов определения платы за лесные ресурсы с учетом позитивного мирового опыта

и анализа результативности производств по их использованию и воспроизводству. Научно обоснованные нормативы платы за лесные ресурсы должны отвечать требованиям ресурсосбережения, повышения многофункциональной роли лесов, способствовать переустройству экономических основ лесной политики.

Из всего вышесказанного видно, что плата за ресурсы выступает не только стимулом их рационального использования, но может рассматриваться как норматив эффективности использования ресурсов, обеспечивающий изъятие дифференциальной ренты.

Практический опыт использования ставок платежей за лесные ресурсы, построенных на рентной основе, в целом будет способствовать созданию эффективного экономического регулятора, увеличивающего возможности реализации принципа рационального лесопользования, лежащего в основе ресурсосберегающей лесной политики. Они могут быть использованы в виде полезной информации в лесном кадастре, а также при текущем отводе в рубку лесосечного фонда.

Сохранение экологического и ресурсного потенциала лесов, организация рационального использования лесных ресурсов, стабилизация работы лесопромышленного комплекса и переход лесного сектора к устойчивому развитию являются необходимыми условиями обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития не только нашей страны, но и всего мирового сообщества.

Одним из основных рисков развития лесного комплекса является переоценка лесосырьевых ресурсов, которая особенно недопустима при развитии лесопромышленных комплексов долговременного действия.

Традиционно грубой ошибкой является завышение действующей расчетной лесосеки, рассчитанной по методике советских времен. Например, рассчитанная Институтом леса СО РАН экономически доступная расчетная лесосека по Красноярскому краю, включая Эвенкию, составляет 26,8 млн м³ (34,6% от действующей), в том числе по хвойным — 21,4 млн м³ (табл. 13) (Соколов, 2005; Природные ресурсы..., 2007; Организация..., 2009; Онучин и др., 2012).

Таблица 13

**Экономически доступная ежегодная расчетная лесосека
в лесах Красноярского края на 01.01.2008 г., тыс. м³**

Район / лесхоз (лесничество)	Хвойные	Листвен- ные	Итого
Абанский район			
Абанский	106,5	89,1	195,6
Долгомостовский	74,8	116,4	191,2
Итого по району	181,3	205,5	386,8
Ачинский район / Ачинский	49,2	33,5	82,7
Балахтинский район			
Балахтинский	26,7	121,1	147,8
Даурский	169,3	132,3	301,6
Итого по району	196,0	253,4	449,4
Березовский район			
Красноярский	56,6	45,4	102,0
Маганский	55,7	32,9	88,6
Итого по району	112,3	78,3	190,6
Бирилюсский район / Таежинский	382,1	216,8	598,9
Боготольский район / Боготольский	13,2	13,6	26,8
Богучанский район			
Богучанский	207,5	62,8	270,3
Гремучинский	1628,8	104,0	1732,8
Манзенский	457,4	29,8	487,2
Невонский	702,3	49,4	751,7
Терянский	1058,0	27,4	1085,4
Хребтовский	1067,6	40,3	1107,9
Чунский	695,2	223,5	918,7
Итого по району	5816,8	537,2	6354,0

Район / лесхоз (лесничество)	Хвойные	Листвен- ные	Итого
Большемуртинский район / Большемуртинский	283,5	163,6	447,1
Дзержинский район / Дзержинский	143,3	70,9	214,2
Емельяновский район			
Емельяновский	125,0	75,3	200,3
Дивногорский	23,0	15,2	38,2
Итого по району	148,0	90,5	238,5
Енисейский район			
Енисейский	1501,0	822,1	2323,1
Нижне-Енисейский	1607,6	139,8	1747,4
Итого по району	3108,6	961,9	4070,5
Ермаковский район			
Ермаковский	74,5	59,3	133,8
Усинский	142,8	1,6	144,4
Западно-Саянское ОЛХ	0,4	0,3	0,7
Итого по району	217,7	61,2	278,9
Идринский район / Идринский	200,0	52,9	252,9
Иланский район / Иланский	93,4	23,1	116,5
Ирбейский район / Ирбейский	228,5	171,9	400,4
Казачинский район / Казачинский	152,8	146,8	299,6
Канский район / Канский	89,7	27,2	116,9
Каратузский район / Каратузский	204,9	120,2	325,1
Кежемский район / Кодинский	3376,1	225,3	3601,4
Козульский район / Козульский	216,9	177,7	394,6
Курагинский район			
Курагинский	208,0	99,6	307,6
Кизирский	291,8	27,9	319,7
Итого по району	499,8	127,5	627,3
Манский район / Манский	87,1	53,5	140,6
Минусинский район / Минусинский	1,3	5,0	6,3

Район / лесхоз (лесничество)	Хвойные	Листвен- ные	Итого
Мотыгинский район / Мотыгинский	1428,4	227,6	1656,0
Назаровский район / Назаровский	21,5	39,6	61,1
Нижнеингашский район			
Пойменский	24,8	10,7	35,5
Тинский	39,4	25,8	65,2
Итого по району	64,2	36,5	100,7
Новоселовский район / Новоселов- ский	18,4	55,6	74,0
Партизанский район / Верхнеман- ский	76,3	38,0	114,3
Пировский район / Пировский	172,1	55,3	227,4
Саянский район / Саянский	54,8	47,8	102,6
Северо-Енисейский район / Северо-Енисейский	1409,4	260,7	1670,1
Сухобузимский район / Сухобузимский	61,4	129,5	190,9
Тасеевский район / Усольский	409,7	183,5	593,2
Туруханский район			
Туруханский			
Борский	529,5	203,7	733,2
Итого по району	529,5	203,7	733,2
Тюхтетский район / Тюхтетский	160,9	237,7	398,6
Ужурский район / Ужурский	2,6	30,4	33,0
Уярский район / Уярский	73,0	63,7	136,7
Шушенский район / Саяно-Шушенский	30,9	32,2	63,1
Всего по краю	20315,6	5459,3	25774,9

В настоящее время правительство Красноярского края осуществляет Стратегию долгосрочного социально-экономического развития на срок до 2030 года. Материалами этой Стратегии по лесопромышленному комплексу предусматривается увеличение заготовки древесины до 37,6 млн м³. Предполагается сьем древесины с 1 га лесной площади до 1,6 м³. Общее использование древесины с 1 га лесопокрытой площади (это будет правильнее) не может превышать средний прирост на 1 га, который составляет 1,3 м³, в том числе по хвойным — 1,2 м³. Сравнение этого показателя с лесоресурсными странами Европы не имеет смысла из-за совершенно разной продуктивности лесов.

В вышеуказанных материалах приводится утверждение о «неосваиваемых ресурсах древесины» в четырех районах Нижнего Приангарья (Богучанский, Енисейский, Мотыгинский, Кежемский) в размере до 23 млн м³, что в корне неверно. Экономически доступная расчетная лесосека по этим районам равна 15,7 млн м³, в том числе по хвойным — 13,7 млн м³, а резерв для увеличения рубок уже исчерпан.

Такая ориентировка неизбежно приведет к скрытым перерубам расчетной лесосеки, что регулярно практиковалось в советский период, приводило к преждевременному исчерпанию эксплуатационного фонда и перебазированию лесозаготовительных предприятий с негативными социально-экономическими последствиями, и противоречит принципам постоянства лесопользования и устойчивого развития.

Таким образом, эти материалы по своей сути являются концепцией развития лесопромышленного комплекса. Стратегические направления развития лесного хозяйства — неотъемлемой части лесного комплекса — показаны схематично. Проигнорировано использование недревесных ресурсов и возможного сельскохозяйственного использования лесов. Вообще не учтены биосферная, природоохранная и рекреационная функции лесов. Реальные эколого-экономически доступные лесосырьевые ресурсы вообще не определены. Это может привести к повторению практики перерубов расчетных лесосек, что недопустимо для постоянно действующих производств.

Следует отметить, что термин «экономически доступная расчетная лесосека», который отражает существующий уровень использования древесины в лесном комплексе, был введен лесоустроительной инструкцией 1995 г., но методика ее определения не была разработана. Затем после принятия нового Лесного кодекса и разработанных в соответствии с ним лесоустроительной инструкции и порядка исчисления расчетных лесосек это понятие исчезло (по всей вероятности, сознательно).

Игнорирование учета экономически недоступных площадей лесного фонда при определении расчетной лесосеки неизбежно ведет к завышению уровня пользования, который не может «выдержать» доступная площадь продуцирующих лесов, а значит, этот показатель не может служить надежной основой для планирования неистощительной и рациональной лесохозяйственной деятельности. Для обеспечения устойчивого лесопользования точное определение расчетной лесосеки имеет решающее значение. Чтобы определить экономически неистощительный уровень заготовки древесины, нужна информация по продуктивности ресурсов и затратам на освоение доступных площадей лесов. Кроме того, для реалистической оценки потенциала производства древесины необходимо точно определить параметры тех площадей, на которых возможна экологически и экономически неистощительная лесохозяйственная деятельность. Пока эти параметры не будут определены, существующий уровень расчетной лесосеки не может быть ориентиром для устойчивого развития лесного сектора.

В качестве одной из важных мер организации устойчивого лесопользования предлагается установить двойной контроль над использованием сырьевыми ресурсами леса. Так, расчетная лесосека устанавливает только возможные предельные объемы пользования, а фактически эти объемы определяются результатами воспроизводства лесов. Этим будут в значительной степени блокированы возможности истощительного пользования, а лесохозяйственное производство приобретет нормальный характер, когда потребляется лишь то, что произведено. Как следствие, появятся тенденции к формированию цен на древесину с учетом

восстановительной стоимости насаждений, вырубленных с целью ее заготовки.

Уточнение параметров сегодняшнего состояния ресурсной базы неистощительного и рационального лесопользования является необходимым условием любой имеющей смысл оценки потенциала производства древесины в регионе. Срочно требуется подробная информация по пространственному распределению возрастных классов в экономически доступных лесах, которые экологически подходят для устойчивого лесопользования. В конечном итоге, для устойчивого лесопользования обязательно потребуется комплексное планирование использования земель для заготовки лесных ресурсов. В ближайшее время для этого необходимо произвести оценку состояния арендуемых лесов, чтобы установить коммерчески выгодные объемы заготовки древесины и инвестиционные возможности развития предприятий.

Практика прошлых лет свидетельствует о том, что при принятии решений в части выбора вида использования лесов, как правило, доминировали промышленные интересы. Лесохозяйственные и природоохранные проблемы, а также нужды других видов лесных пользований (охота, побочное лесопользование, рекреационное пользование лесом и др.) оставались без должного внимания. Учитывая многоцелевое использование лесов, необходимо для каждого конкретного участка лесного фонда выбирать главную цель (сохранение биоразнообразия, охрана почв и вод на водосборах, ведение охотничьего хозяйства, заготовка древесины и т. д.). Устойчивое управление лесным хозяйством возможно только в таком контексте использования земель лесного фонда, которое обеспечивает экологически здоровое, экономически жизнеспособное и социально приемлемое использование лесных ресурсов. В задачи лесохозяйства должна входить выдача рекомендаций на предмет целевого использования участков леса.

Это требование имеет особую значимость в многолесных регионах Сибири, где лесозаготовительные работы до сих пор ведутся по методу, когда, вырубив лес на одной площади, лесозаготовители перемещаются

дальше к другим площадям спелого леса и на каком-то этапе вдруг обнаруживают, что такого леса больше нет. При этом из-за неэффективных способов работы, когда производственные потери древесины могут достигать от 40 до 60% запаса леса на корню, площадь ежегодных лесозаготовок превышает необходимую как минимум в полтора раза, что ведет к преждевременному истощению лесосырьевых ресурсов предприятий. Применение в лесах Сибири сплошнолесосечных рубок привело к образованию обширных площадей вырубок, что в значительной мере изменило среду обитания диких животных и уровень биоразнообразия, вызвало деградацию почв и другие отрицательные экологические последствия.

3.3. Физико-химические характеристики древесины здоровых и угнетенных деревьев *Pinus sibirica* Du Tour

Древесина заселяется и разрушается различными видами грибов. Ранняя диагностика грибковых инфекций в древесине, как правило, затруднительна, независимо от того, является ли субстратом для грибов древесина здоровых деревьев или уже поврежденных. Часто грибковые инфекции выявляются только на поздней стадии биodeградации ствола (Schwarze et al., 2000). Заляющие древесину грибы идентифицируются по морфологическим признакам, таким как мицелиальные агрегаты и тяжи, бесполое споры, и в большинстве случаев признаки идентифицируются после формирования плодовых тел. Однако идентификация по плодовым телам свидетельствует, как правило, о широком освоении древесины грибами. Кроме того, не всегда формируются плодовые тела, а при миксинфекциях виды легко не заметить. Ключи, позволяющие идентифицировать мицелий на древесном субстрате, существуют лишь в частных случаях и вызывают затруднения даже у специалистов. Для близкородственных видов идентификация мицелия до видового уровня часто невозможна (Moreth, Schmidt, 2005). Другая возможность идентификации состоит в том, чтобы изолировать грибы и выращивать

их в культуральной среде. Однако идентификация грибов по мицелию ограничена определенными видами и требует большого опыта (Kim et al., 2005). Культуральные среды, в которых были выращены грибы, стали изучаться с применением ДНК тестов. В этом случае становится возможной быстрая и точная генетическая идентификация грибов. Недостатком этого метода является то, что не все грибы растут в культуральной среде, и что особи часто врастают друг в друга, затрудняя изъятие мицелиев отдельных видов из древесины. Выделение ДНК непосредственно из древесины могло бы быть решением проблемы, но «загрязнение» древесины, обусловленное экстрактивными веществами (так называемыми, вторичными метаболитами), мешает последующему анализу с применением ДНК тестов (Jasalavich et al., 2000).

Методы термического анализа и инфракрасной Фурье-спектроскопии рассматриваются в настоящее время как комплексные и чувствительные методы быстрого обнаружения молекулярных различий (изменений) в интактных клетках грибов (Shakir et al., 2020). Кроме того, физико-химические показатели пораженной грибами древесины, такие как параметры контуров дифференциальной термогравиметрии и характеристические полосы поглощения в инфракрасных спектрах, являются идентификационными (Girometta et al., 2020; Лоскутов и др., 2022). На основе этих знаний могут быть разработаны новые эффективные методы диагностики грибковых инфекций древесных растений на ранней стадии и борьбы с ними, что крайне важно для своевременного принятия лесохозяйственных мероприятий с целью недопущения деградации древостоев и сохранения экологических функций лесов. В этом аспекте выявление различия физико-химических параметров между древесиной угнетенных и здоровых деревьев является весьма актуальным (Jiang et al., 2016). Цель этой работы состояла в том, чтобы оценить потенциал термогравиметрического метода анализа в сочетании с инфракрасной Фурье-спектроскопией (ТГ-ИКФС) для идентификации наличия грибов в древесине.

Объектами исследования были деревья насаждения сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour), относящегося к Байкитскому

лесничеству. На территории исследования климат резко континентальный, умереннопрохладный, средняя годовая температура $-6,3$ °С. Теплый сезон длится 3,2 месяца, с конца мая по первые числа сентября, с максимальной среднесуточной температурой выше 12 °С. Дождливая часть года длится ~ 6 месяцев, с середины апреля по середину октября. Снежная часть года длится ~ 8 месяцев, с середины сентября по конец мая. Почвенной породой служит криозем грубогумусированный. Напочвенный покров голубично-осоково-зеленомошный. Тип леса голубично-багульниковый. Древостой двухъярусный, общей сомкнутостью 65%, I ярус сомкнутостью 55% и высотой 20—25 м сложен *Larix sibirica* с солидной примесью *Pinus sibirica* Du Tour, II ярус — сомкнутостью 20% и высотой 10—18 м сложен *Betula pendula* с примесью *Pinus sibirica* Du Tour и *Picea obovata*. Координаты места сбора образцов: $61^{\circ}62'30''$ с.ш., $96^{\circ}72'70''$ в.д. Средний возраст насаждения 250 лет, средний диаметр 20 см, средняя высота 20 м. Бралась образцы древесины (сквозные керны) на высоте 1,3 м у двух групп деревьев. Первая группа (5 шт.) — деревья 4 категории жизненного состояния: крона охвоена на всем протяжении, хвоя сухая (условно угнетенные). Вторая группа (5 шт.) — деревья 1–2 категорий жизненного состояния (условно здоровые). 5 условно здоровых и 5 условно угнетенных образцов аккуратно измельчали в древесную пыль, кондиционировали в течение трех недель при относительной влажности воздуха $\sim 65\%$, затем из полученных образцов готовили биологически усредненный материал и измеряли с использованием метода ТГ-ИКФС в трех параллельных аналитических измерениях.

ТГ-ИКФС

С помощью комбинированной аналитической системы ТГ-ИКФС проводили анализ летучих соединений: в процессе пиролиза древесины (термогравиметрия в инертной атмосфере — TG209F1, Netzsch, Германия) газообразные выделения направлялись через специальный интерфейс в ИК-Фурье спектрометр для записи спектров (Vertex70, Bruker, Германия). В данном исследовании масса образцов изменялась в пределах 3–5 мг; нагревание осуществлялось в среде азота со скоростью 20 °С/мин.

Температуру повышали от 25 до 1000 °С. Скорость потока продувочного газа (N_2) устанавливали равной 20 мл/мин. Летучие продукты, высвобождаемые при пиролизе в ТГ, немедленно отводились в камеру с холодным газом для анализа с помощью ИК-Фурьеспектрометра. Транспортную линию и газовую ячейку нагревали до 200 °С для предотвращения конденсации образующихся газов. Разрешение в ИК-Фурьеспектрометре было установлено на уровне 4 см $^{-1}$, частота сканирования спектра — 8 раз в минуту, спектральный диапазон — 600 – 4000 см $^{-1}$. Было проанализировано распределение газообразных продуктов пиролиза в зависимости от изменения температуры реакции от 25 до 1000 °С.

Термогравиметрический анализ

На рисунке 10 представлены результаты термогравиметрического анализа образцов древесины здорового (а) и угнетенного (б) деревьев *Pinus sibirica* Du Tour в инертной среде (азот) при скорости 20 °С/мин.

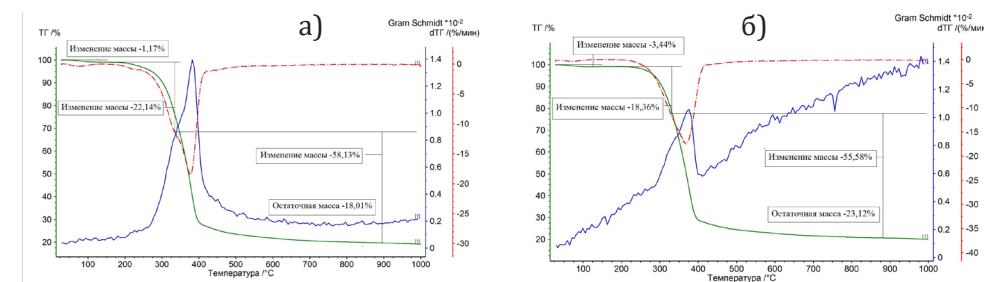


Рис. 10. Результаты термического анализа в инертной среде образцов древесины здорового (а) и угнетенного (б) деревьев *Pinus sibirica* Du Tour при скорости 20 °С/мин.

Примечания: — кривая Gram-Schmidt (GS) представляет собой интегрированную кривую инфракрасного поглощения каждого спектра во всем диапазоне волновых чисел. Кривая GS соответствует интенсивности ИК-поглощения газообразных продуктов, поступающих в нагретую кювету из термогравиметрического анализатора, в зависимости от температуры образца (или времени) и, следовательно, напрямую связана с концентрацией этих продуктов разложения.

— Кривая дифференциальная термогравиметрическая (dTG) представляет собой график зависимости скорости изменения веса вещества от времени или температуры внешней среды при изменении последней по заданной программе.

В процессе пиролиза были обнаружены три стадии, как показано на рисунке 1. Первая стадия потери массы в температурном диапазоне от ~47 °C до ~115 °C (Δm_1) связана с испарением связанной древесиной влаги. Вторая стадия — между 192 °C и 325 °C (Δm_2) соответствует термическому разложению гемицеллюлоз. Дальнейшее повышение температуры от 325 °C до ~500 °C ведет к термодеструкции преимущественно целлюлозы и лигнина (Ulloa et al., 2009). Последняя стадия при 405–700 °C (Δm_3) — завершение пиролиза лигнина (Hu et al., 2007). Остаточная масса образцов древесины здорового (PSз) и угнетенного (PSу) деревьев *Pinus sibirica* Du Tour представляет собой уголь, и минеральные вещества в количестве 23,12% — для образца древесины PSу и 18,01% — для образца древесины PSз от исходной массы. В таблице 14 представлены экспериментальные термогравиметрические данные образцов здоровой и угнетенной древесины *Pinus sibirica* Du Tour.

Таблица 14

Стадии термического разложения (инертная среда, нагревание со скоростью 20 °C/мин) образцов древесины *Pinus sibirica* Du Tour

	Δm_1 (%)	Δm_2 (%)	Δm_3 (%)	Остаточная масса (%)
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour (здоровое)	1,17	22,34	58,13	18,01
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour (угнетенное)	3,44	18,36	55,58	23,12

Значение Δm_1 , связанное с испарением связанной воды в образце PSу в 2,94% выше, чем у PSз, что свидетельствует о повышенной гигроскопичности образца PSу. Влага является ключевым параметром и определяющим фактором для роста грибов (мицелия) и разложения древесины. Капиллярная влага является необходимым условием для

обеспечения внеклеточного транспорта метаболитов грибов и разрушения ими компонентов клеточной стенки древесины (Brischke et al., 2020). Количественное определение и локализация воды в капиллярах и клеточных стенках, особенно в сверхгигроскопическом диапазоне, считается решающим фактором для определения минимального порога влажности для «старта» функционирования дереворазрушающих грибов (Green et al., 1997). В этом аспекте роль капиллярной или связанной воды в древесине требует уточнения.

Значения Δm_2 (гемицеллюлозы) и Δm_3 (целлюлоза + лигнин) в образцах PSз были выше в 1,21 и в 1,04 раза, чем таковые в образцах PSу, соответственно. Известно, что гниль обладает способностью деполимеризовать и метаболизировать фракцию холоцеллюлозы древесины (Green et al., 1997), и также гниль химически модифицирует и удаляет фракцию лигнина (Irbe et al., 2001; Filley et al., 2002). Углеводная фракция деполимеризуется до растворимых олигосахаридов или моносахаридов, далее диффундируя через водянистый матрикс глюкана грибов (гифальную оболочку) в просвет клеток древесины, где внеклеточные ферменты грибов могут дополнительно воздействовать на некоторые из сложных сахаров, преобразуя их в простые сахара. Гриб может поглощать образующиеся сахара через собственную клеточную мембрану, после чего сахара метаболизируются. Этот метаболизм грибами приводит к потере массы древесины, которую можно легко определить количественно. Значения потери массы обычно используются в качестве меры степени распада в образцах (Goodell, 2003). Деструкция гемицеллюлоз обычно происходит на ранних стадиях деградации клеточной стенки (Winandy, Morrell, 1993). Гемицеллюлозы представляют собой длинные линейные или разветвленные цепочки моносахаридных остатков, соединенных гликозидной связью и с относительно низкой молекулярной массой, что делает их более доступными для химического воздействия, чем участки частично кристаллической целлюлозы (Goodell, 2003).

Мнение о том, что лигнин медленно метаболизируется грибами в прошлом не было широко признано, но в настоящее время имеются

существенные доказательства, подтверждающие это мнение, а в некоторых случаях окислительное удаление лигнина гнилью достигает 25% (Goodell, 2003). Метаболизм лигнина (в частности поражение срединной пластинки, состоящей преимущественно из лигнина) проявляется на поздней стадии деградации древесины вследствие воздействия на него грибами. Грибы проникают в клеточную стенку древесины, образуя отверстия, пронизывающие клеточную стенку насквозь и удаляя при этом лигнин. Исследования по этому вопросу предполагают, что низкомолекулярные агенты, присутствующие в грибах, разрушают лигнин. Диффундирующая, неферментативная система грибов, которая окисляет лигнин, также должна существовать, чтобы объяснить более широкие окислительные химические изменения, которым лигнин подвергается во время воздействия на него грибом. Остаточный лигнин в древесине, разлагаемый грибами, подвергается деалкилированию, деметоксилированию и деметилированию с окислением боковой алкильной цепи. Ароматическое кольцо лигнина не подвергается воздействию гнили, так как размер пор в естественной структуре клеточной стенки древесины не позволяет проникать соединениям размером с целлюлозолитические ферменты, а трехмерная матрица лигнина также препятствует легкому доступу ферментов во внутреннюю часть лигнина (Flournoy et al., 1993). Природа химического воздействия на лигнин предполагает, что низкомолекулярный агент участвует в происходящих химических модификациях. Барр и Ост (Barr, Aust, 1994) предположили, что гидроксильные радикалы могут вызывать быструю деполимеризацию и реполимеризацию лигнина. Это может быть одной из причин наблюдаемых модификаций структуры лигнина в древесине, пораженной гнилью (Goodell, 2003).

Анализ трехмерных спектров ИКФС

Трехмерные ИК-спектры выделившихся газов при пиролизе образцов PSз и PSy, включая информацию о поглощении инфракрасного излучения, в волновом числе и времени, показаны на рисунке 11. На рисунке четко видна зависимость каждого газового компонента от температуры.

Результаты показывают, что большая часть газов выделяется после 300 °С, что в целом хорошо согласуется с кривыми скорости потери массы.

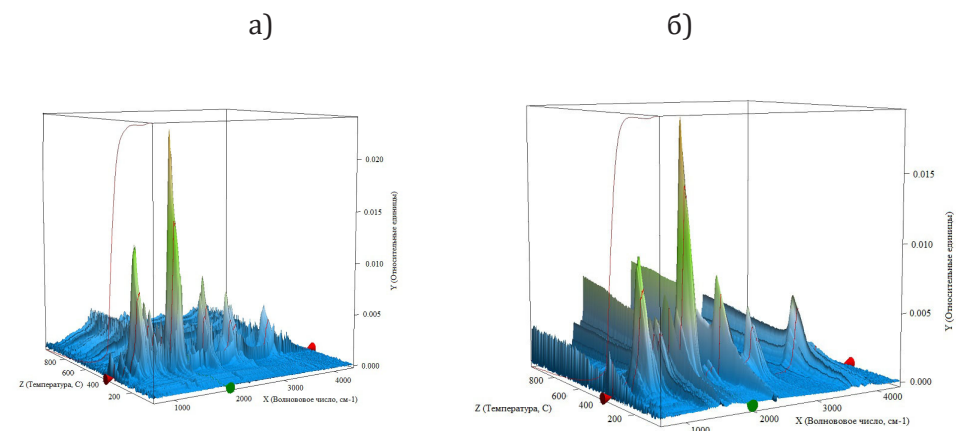


Рис. 11. 3D ТГ-ИКФС диаграмма пиролиза образцов древесины здорового (а) и угнетенного (б) деревьев *Pinus sibirica* Du Tour при скорости нагрева 20 °С/мин.

Выделяющиеся газы при пиролизе древесины идентифицировали по их характерному поглощению. На начальной стадии пиролиза (при 186 °С) CO₂ характеризуется полосой поглощения при 2400–2260 см⁻¹. При повышении температуры пиролиза до 290 °С в волновом диапазоне 1131–1077 см⁻¹ появлялось очень слабое поглощение, отвечающее валентным колебаниям связи С–О, свидетельствующее о наличии спиртов. Пики поглощения при растяжении С = О в области 1900–1650 см⁻¹ характерны для альдегидов или органических кислот. При достижении температуры пиролиза 342 °С наблюдалось поглощение улетучивающимися веществами при 3000–2700 см⁻¹, связанное с асимметричным растяжением СН для СН₄, и полоса поглощения при 3600–3050 см⁻¹, обусловленная растяжением связи О–Н. Аналогичное инфракрасное поглощение продуктов пиролиза древесины кедра наблюдалось при температуре 385 °С (Shen et al., 2010; Gao et al., 2013). В таблице 15 представлены максимальные значения интенсивности полос поглощения, соответствующих выделяющимся газам в процессе пиролиза кедровой древесины.

Таблица 15

Максимальные значения интенсивностей полос поглощения газовых продуктов образцов древесины *Pinus sibirica* Du Tour

	CO ₂ (о.е.)	C–O (о.е.)	C = O (о.е.)	CH ₄ (о.е.)	O–H (о.е.)
PSз	0,0344	0,0328	0,0452	0,0228	0,0245
PSy	0,0028	0,0097	0,0199	0,0087	0,0345

Как видно из таблицы 15, наибольшие значения интенсивностей полос поглощения, соответствующих CO₂, C–O, C = O, CH₄ в образцах PSy, были от 0,71 до 12,28 раз ниже, чем в образцах PSз.

Изменение абсорбции в течение всего процесса пиролиза отражает тренд концентрации образующихся соединений. Концентрация монооксида углерода при пиролизе PSз была выше в 3,38 раза, чем при пиролизе PSy. Монооксид углерода является одним из продуктов разложения эфирных групп, которые образуются в результате соединения эфирных мостиков субъединиц лигнина и/или эфирных соединений летучих соединений. Аналогичная картина с концентрацией CH₄ в образцах PSy, где разница между PSy и PSз составила 2,28 раза. CH₄ образуется в результате расщепления слабосвязанной метоксируппы OCH₃ и разрыва, имеющего более высокую энергию связи метиленовой группы CH₂ (Ferdous et al., 2001). Концентрация выделяющегося CO₂ при пиролизе PSy в 12,28 раз ниже концентрации CO₂ в пиролизате PSз. Диоксид углерода выделяется из летучих веществ древесинного вещества в процессе пиролиза (Gao et al., 2013). Максимальная концентрация пиролизной воды у PSy оказалась в 0,71 раза выше по сравнению с таковой PSз.

Таким образом, использование современного интегрированного в одной аналитической системе метода ТГ-ИКФС в исследовании угнетенной древесины *Pinus sibirica* Du Tour позволило по-новому взглянуть на изменение химического состава, происходящего в древесине, при поражении

ее гнилью. С помощью метода ТГ-ИКФС исследованы свойства и характеристики пиролиза кедровых опилок древесины здоровых и угнетенных деревьев. Выявлено, что угнетенная древесина *Pinus sibirica* Du Tour гигроскопичнее, чем древесина здоровых деревьев. В образцах древесины угнетенных деревьев *Pinus sibirica* Du Tour деградирована лигнино-углеводная матрица, что подтверждается анализом трехмерных спектров: концентрация CO, CO₂, CH₄ в образцах древесины угнетенных деревьев выше, чем таковая в образцах здоровых в 3,38; 12,28; 2,27 раза, соответственно. Необходимы дальнейшие исследования структурных и химических модификаций, происходящих в поврежденной древесине, чтобы лучше понять эти сложные процессы. Кроме того, использование методов, которые позволяют нам лучше оценить деполимеризацию лигнина, могло бы способствовать более полной картине химических модификаций в поврежденной гниlostными грибами древесине.

4. ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ

Перечень защитных лесов регулируется ст. 102 Лесного кодекса РФ (2006). В него вошли следующие категории:

- 1) леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях;
- 2) леса, расположенные в водоохранных зонах;
- 3) леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов;
- 4) ценные леса.

Площадь защитных лесов (ранее — леса I группы) в России постоянно увеличивается: 1961 г. — 12,0%, 1978 г. — 14,3, 2003 г. — 20,0, 2011 г. — 24,1%. В Красноярском крае на 1 января 2011 г. она составила 32,5%. Цель выделения — оградить леса от чрезмерного истощения в наиболее населенных регионах страны. Но Лесной кодекс, принятый в 2006 г., в худшую сторону изменил эту традицию. Ст. 103–105 запрещено проведение сплошных рубок в защитных лесах, кроме случаев, предусмотренных п. 4 ст. 17, в котором говорится, что «сплошные рубки осуществляются только в случае, если выборочные рубки не обеспечивают замену лесных насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций».

В то же время п. 2 ст. 105 утверждает, что «выборочные рубки лесных насаждений в лесах, выполняющих функции защиты природных и иных объектов, проводятся только в целях вырубki погибших и поврежденных лесных насаждений...», а в зеленых зонах выборочные рубки лесных насаждений допускаются в каком-то особом порядке (?), предусмотренном Правительством Российской Федерации.

До принятия последнего Лесного кодекса и его подзаконных нормативных правовых актов действовали Основные положения по рубкам главного пользования и региональные правила рубок, в соответствии с которыми в защитных лесах допускались лесовосстановительные (узколесосечные) рубки. Основные положения и региональные правила

рубок базировались на обширных научных исследованиях и практическом опыте. Таким образом, последний Лесной кодекс пренебрег историзмом и преемственностью основ ведения хозяйства в защитных лесах, в конечном итоге, допуская доведение состояния защитных лесов до стадии фактического распада. Классики русского лесоводства называли такой режим лесопользования «хозяйством на мертвеца» (Моисеев, 2011).

Доля спелых и перестойных древостоев в защитных лесах неуклонно повышается, и это, несмотря на увеличение возрастов рубки основных лесообразующих пород (табл. 16).

Следует учитывать, что в составе спелых и перестойных древостоев доля последних превышает 50%, а это означает достижение ими возраста естественной спелости и неизбежной деградации, т. е. потери коммерческой ценности.

Таблица 16

Доля спелых и перестойных древостоев в лесах первой группы (с 2007 г. — защитные леса), %

Субъект	Год				
	1973	1978	1983	1988	2011
РФ	45,7	45,2	45,6	45,6	45,7
Восточно-Сибирский регион	45,8	51,4	52,0	51,4	52,5
Красноярский край	60,8	68,0	68,1	68,4	68,6

По мнению О. И. Крассова (1990), «деление лесов на группы и категории условно. Законы роста, динамика поспевания древостоев и самоизреживания, интенсивность естественного отпада являются общими для всех лесов. В любой точке земли лес имеет санитарно-гигиеническое, оздоровительное значение, является своеобразным фильтром, очищающим воздух от загазованности, пыли и грязи» (с. 42). Поэтому с хозяйственной

точки зрения заготовку древесины и иное лесопользование можно осуществлять в любых лесах.

Тенденцией развития современного лесного комплекса является переход к многоцелевому лесопользованию, при котором древесина является одним из лесных ресурсов, причем не всегда основным. И прежде всего это относится к защитным лесам (Шейнгауз, 1984). В то же время в пользовании лесными ресурсами всегда преобладают экономические интересы. «Необходимо признать эти реалии, понять их неизбежность и, отрешившись от несбыточных идеалов, постараться найти адекватные методы нормирования пользования каждым видом лесных полезностей, в первую очередь, спелой древесиной» (Шейнгауз, 2007б, с. 160).

М. М. Орлов в своей последней книге «Леса водоохранные, защитные и лесопарки. Устройство и ведение хозяйства» (1983) на примере лесов Московской области предложил систему способов рубок с учетом целевого назначения лесов, не исключая и сплошнолесосечные рубки.

В высокоразвитых лесных странах запрет рубок в защитных лесах недопустим. В Австрии, Швейцарии, Японии, горных лесах Германии, Франции, которые по нашим меркам являются защитными, рубки не запрещены, ведутся способами, соответствующими природе этих лесов, а их размер контролируется текущим приростом древостоев по методу Гюрно-Биоллея (Основы..., 1997).

Запрет рубок в защитных лесах явился одной из причин расширения незаконных рубок, наибольшие объемы которых наблюдаются как раз в этих лесах (водоохранные зоны, защитные полосы вдоль дорог, зеленые зоны и др.).

Рациональная практика ведения хозяйства в защитных лесах предусматривает своевременную выборку спелой древесины соответствующими природе защитных лесов способами рубок. В одновозрастных древостоях следует применять узколесосечные сплошные рубки, которые экологически более приемлемы, чем выборочные или постепенные. Это касается прежде всего сосновых древостоев в Приангарском таежном и лесостепных районах Сибири.

4.1. Кедровые леса

В 1990 г. было утверждено разработанное Институтом леса и древесины им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Академии наук СССР «Руководство по организации и ведению хозяйства в кедровых лесах (кедр сибирский)» в качестве действующего и в настоящее время норматива, реализующего целый ряд постановлений государственных органов власти бывшего СССР. «Руководство...» явилось результатом попытки решения так называемой «проблемы кедра», которая была вызвана недостатком знаний на тот период о лесообразовательных процессах в этой формации. Дело «проблемы кедра» дошло даже до того, что в бывшем СССР в 1989 г. были запрещены рубки главного пользования в кедровых лесах, что означало фактически прекращение ведения хозяйства в них (Седых, 2007).

Этим волевым решением были проигнорированы результаты исследований природы кедровых лесов Сибири, которыми предлагалось с учетом экономических условий и биологических закономерностей произрастания кедровых лесов рационально использовать комплекс древесных и недревесных ресурсов (Колесников, Смолоногов, 1960; Добровольский, 1964; Поликарпов, 1966; Воевода, Рузманов, 1979; Воробьев, 1983; Соколов, 1987; Основы..., 1997 и др.).

Кедр сибирский (сосна кедровая сибирская — *Pinus sibirica* Du Tour) является исконно сибирской, российской лесообразующей породой. Интерес к кедровым лесам всегда проявляется на фоне продовольственных и экономических трудностей в стране. Когда трудностей нет, о кедре, его комплексном использовании и воспроизводстве не вспоминают, относятся как к обычной лесообразующей породе. Семена кедра — вкусный питательный продукт, хороший корм для многих обитателей леса. В урожайные и последующие годы численность многих ценных пушных животных нарастает, поэтому кедровники являются лучшими охотничьими угодьями в Сибири для соболя и белки.

Коренные кедровники или темнохвойно-кедровые леса — наиболее сложная и динамичная формация сибирской тайги. После пожаров и рубок

кедр становится эдификатором и регулятором биогеоценотического процесса только к 160–200 годам, после выпадения лиственных и менее долговечных первых поколений его темнохвойных спутников. При дальнейшем беспожарном развитии древостоев через 450–600 лет он либо уступает место пихте, и тогда формируются разновозрастные пихтовые леса с небольшой примесью кедра, устойчиво существующие до следующего катастрофического явления, либо образует циклично-разновозрастные древостои, перестойный материнский полог которых сменяется в дальнейшем новыми поколениями кедра (Соколов, 1987; Семечкин, 2002; Поляков, 2007).

Бытует мнение, что кедровые леса Сибири хорошо изучены. Однако нужно отметить, что изучение их проводилось «быстрыми» методами и приемами: методом временных пробных площадей и маршрутных исследований, составлением из статических данных динамических рядов, сглаживанием рядов без учета природных циклов и получением результатов в виде таблиц хода роста, доведенных до 260–280-летнего возраста древостоев. Быстрые методы не гарантируют от серьезных ошибок. Таких, например, когда пробные площади в древостоях предельного возраста (для кедровника он составляет 280–320 лет) используются для составления таблиц хода роста без поправки на редкую встречаемость высоковозрастных насаждений, что уравнивает их вес с весом других пробных площадей, представляющих более молодые насаждения. В результате — неумышленное искажение динамики запаса насаждений. До последнего момента в таких таблицах хода роста наблюдается увеличение показателей, в том числе запаса и суммы площадей сечений, что необоснованно ведет к гиперболизации устойчивости и долголетия кедра. Например, Е. П. Смолоногов в книге о кедровниках Урала и Западной Сибири (1990) приводит сведения о естественной спелости их в возрасте 400–500 лет.

Наши данные, основанные на материалах натуральных наблюдений, напротив, подтверждают ранее установленный факт, что естественная спелость кедра наступает в 240–300 лет, причем, тем скорее, чем реже кедровник, интенсивнее рост деревьев и выше производительность древостоя, а к возрасту 400–500 лет от кедровника с вероятностью 0,95 остаются

единичные деревья дуплистого крупномера (Соколов и др., 2012). Данные «переписи древесного населения» на постоянных пробных площадях позволяют учесть цикличность природных явлений, объективно оценить вероятность выживания деревьев и древостоев в реальных условиях, определить среднюю и предельную продолжительность жизни деревьев и т. д. Ранее попытки оценить такого рода показатели древостоев в лесоведении не предпринимались (Поляков, 2007).

Запрет рубки кедра без анализа состояния участков кедровых лесов являлся популистским решением, не основанном на мнении многих специалистов лесного хозяйства, но учитывающим массовые выступления общественности в СМИ в защиту кедра от промышленной рубки, а также — неспособность государственного управления противостоять массовой вырубке кедровых лесов в лесосырьевых базах предприятий лесной промышленности. При правильной организации лесного хозяйства в кедровых лесах запрет рубки кедра — это анахронизм, дилетантское решение.

В «Руководстве...» была сделана попытка организации комплексного неистощительного использования, воспроизводства и охраны лесов кедра сибирского. Кедровые древостои были разделены на пять типов комплексного использования, представляющих собой хозяйственные подсекции со своим режимом лесовыращивания и обновления. Такой подход подразумевал эффективное воспроизводство и охрану кедровых лесов, выделяя в группы участки кедровников по их качеству, состоянию, местоположению и возрасту. Многие думают, что должно осуществляться прижизненное, многоцелевое, комплексное использование, воспроизводство и охрана каждого участка кедрового леса. Но это недостижимо ни теоретически, ни практически. Только достаточно большая совокупность участков кедрового леса и других лесообразующих пород, которые неизбежно отличаются по возрасту, составу, продуктивности и качеству древесины, семеношению, состоянию, доступности и т. п., дает возможность комплексного, многоцелевого, неистощительного использования, воспроизводства и охраны кедровых лесов как единого хозяйственного целого.

Трудность определения и анализа частных и комплексных оценок (скорость накопления и качество древесины, величина и качество семенности, смолопродуктивность) заключается в необходимости знания рангового распределения всех участков кедровых насаждения в объекте лесоустройства. А это достижимо лишь в результате камеральной обработки таксации и комплексной оценки кедровых лесов определенного класса бонитета, типа леса и лесорастительного или лесохозяйственного района. Таксатор, таксируя кедровый участок в лесу, ставит предварительную комплексную оценку, ссылаясь на субъективное представление о ранговой принадлежности участка по продуктивности древесины, ореха и смолы выделения. И только потом дается окончательная комплексная оценка каждого насаждения, определяющая тип его хозяйственного использования. По мере накопления опыта комплексной оценки кедровых насаждений в процессе последующего лесоустройства станет возможным ориентировка на прежние комплексные оценки кедровых насаждений устраиваемого объекта.

Кедровые леса в России находятся в настоящее время в привилегированном положении. Из-за большого водоохранно-защитного, орехоплодного и охотничье-промыслового значения их взяло под охрану государство. Рубки главного пользования в них запрещены. Пользование древесиной осуществляется только в порядке ухода за лесом, санитарных и реконструктивных рубок. В этих условиях естественная спелость кедровников становится очень важным показателем, нормативом, с учетом которого принимаются решения о разделении кедровников на возрастные категории, определяется фонд реконструкции насаждений, санитарных рубок, противопожарных и лесозащитных мероприятий.

В лесном хозяйстве различают естественную спелость древостоев основных поколений лесообразователей, определяемую возрастом, в котором текущий прирост не компенсирует усилившийся естественный отпад деревьев, и запас систематически снижается; и естественную спелость отдельных деревьев, когда проявляются объективные признаки

старости: плоская и редкая крона, крупноплитчатая кора, наличие суховершинности, гнили.

В молодости кедр на ранних стадиях сукцессии растет под пологом лиственных, пихты и ели, угнетается ими. После распада древостоев преобладающих пород, выйдя в первый ярус, он интенсивно увеличивает крону, запас и плодоношение (140–180 лет), быстро приспевает и спеет, достигает максимума запаса, затем поражается гнилями, начинает снижать запас и плодоношение (260–280 лет), древостой основного поколения разрушается (280–300 лет), после чего преобладание переходит или к следующему, более молодому поколению кедров, или к древостою основной примеси.

Следует определить, что считать началом распада поколения и когда считать распад свершившимся фактом. Поскольку средняя точность лесоустроительных данных и таблиц хода роста — около 5%, уменьшение запаса старовозрастных древостоев можно принимать как значимое, если оно более 5%. Это и следует взять за критерий наступления возраста естественной спелости основного поколения кедров. Целесообразно считать распад поколения свершившимся, если ранее преобладавшее поколение уступило преобладание или более молодому поколению кедров (произошла смена поколений, снизился средний возраст насаждения), или древостою примеси (изменилась преобладающая порода).

Лесоведам Сибири и Урала, в лесничествах которых имеются кедровники 240 лет и старше, не надо тешить себя иллюзиями о большой долговечности кедров и вечной устойчивости леса, не ждать надвигающегося распада преобладающих сейчас поколений кедров, а загодя провести необходимые мероприятия, чтобы потом не списывать свои промахи на стихийные силы природы — ветер, насекомых, пожар.

Системы ведения многоцелевого (комплексного) неистощительного экологически и экономически выверенного хозяйства в лесах кедров сибирского, предложенных в «Руководстве...», могут быть применены ко всем лесам всех пород. При таком подходе не потребуется особо выделять кедр как лесообразующую породу и кедровые леса (леса с преобладанием или значительным участием кедров) от других лесообразующих пород (потенциальные

ельники, пихтарники, сосняки и лиственничники). Необходим переход лесоуправления на новый уровень, применяя участковый метод организации хозяйства в лесах. Возможно и комбинирование участкового метода с применяемым в настоящее время методом классов возраста.

Исследования динамики кедровых лесов Сибири с 1961 по 2018 гг. (табл. 17) и анализ социально-экономической ситуации после принятия Лесного кодекса РФ (2006) показали необходимость существенной корректировки «Руководства...», не изменяя его положений по организации и ведению хозяйства на селекционно-генетической основе. Запрет рубок главного пользования в кедровых лесах, принятый Постановлением Верховного Совета СССР от 27.11.1989 г., был стратегической ошибкой и привел к ухудшению состояния кедровых лесов.

Выборочная проверка динамики состояния кедровых лесов за 40-летний период в двух лесничествах (ранее лесхозы) Западного и Восточного Саян с преобладанием в них кедровой формации показала увеличение запаса сухостоя в Верхне-Манском лесничестве Красноярского края в 2,4 раза, в Ермаковском лесничестве — в 1,3 раза. Зафиксировано также и увеличение захламленности.

Ошибочным было установление класса возраста в 40 лет и возраста рубки с 241 года, при котором к спелым насаждениям были отнесены кедровники в возрасте 241–320 лет. Между тем, возраст естественной спелости кедровников Сибири наступает в 240–300 лет в зависимости от условий местопроизрастания. Парадоксом становится отнесение к спелым распадающихся древостоев кедра, перешедших рубеж естественной спелости, с рекомендациями реконструировать буреломно-валежно-сухостойный лес. Поэтому в учете лесного фонда практически нет перестойных насаждений кедра. Например, в учете лесного фонда на 01.01.2008 г. в Верхне-Манском лесничестве перестойных насаждений нет, а в Ермаковском их насчитывается только 85 га. По данным В. Г. Креснова и др. (2007), в Западной Сибири насчитывается всего 0,2% перестойных кедровников, в Восточной Сибири — 0,9%. По данным лесного реестра, площадь перестойных кедровников в 2018 г. составила 1,2%.

Таблица 17

Динамика площади кедровых лесов по Сибирскому Федеральному округу (тыс. га)

Субъекты РФ	годы учета										
	1961	1966	1973	1983	1988	1998	2003	2008	2018		
Алтайский край	748,2	948,6	737,6	814,7	827,5	1079,0	39,0	38,9	39,1		
Республика Алтай							1049,2	1080,1	1108,0		
Кемеровская область	196,0	183,8	187,2	267,4	280,8	273,7	194,2	184,3	161,0		
Новосибирская область	40,6	41,5	41,1	40,2	42,3	42,6	41,9	44,4	43,8		
Омская область	123,0	127,7	115,7	136,8	146,8	134,9	136,5	136,5	138,7		
Томская область	2957,2	2290,1	3249,6	3477,9	3560,0	3567,8	3606,4	3610,1	3662,9		
Красноярский край	7911,1	10322,3	10504,6	10385,3	10261,4	10331,0	8055,5	9657,7	9688,8		
Республика Хакасия							852,3	842,0	850,4		
Эвенкийский автономный округ							1654,3				
Иркутская область	5330,9	5776,7	5946,7	7014,7	6898,8	6971,2	6877,2	6843,3	6877,5		
Усть-Ордынский Бурятский автономный округ							12,1	12,2			
Забайкальский край	650,1	735,8	865,2	846,3	956,3	988,7	979,6	976,8			
Республика Бурятия	1518,7	1622,8	1698,2	1790,4	1847,6	1879,8	1469,0	1481,4			
Республика Тыва	3248,0	3573,1	3614,1	3632,7	3513,7	3516,0	3458,2	3251,1	3224,7		
Всего	22723,8	25622,4	26960,0	28406,4	28335,2	28784,7	28425,4	28158,8	25794,9		

Примечание: Республика Хакасия и Эвенкийский автономный округ ранее входили в состав Красноярского края, Усть-Ордынский Бурятский автономный округ — в состав Иркутской области, Забайкальский край и Республика Бурятия вошли в состав Дальневосточного федерального округа.

Одним из признаков старости деревьев и древостоев является поражение их гнилями. В Западном Саяне к 200 годам поражены гнилями 20–25% деревьев кедр, к 250–50–60, а к 300–80–90%. На постоянных пробных площадях в кедровниках Западного Саяна, 7-кратный обмер которых проводился, начиная с 1960 года, распад основного поколения кедр зафиксирован с 250–260-летнего возраста (Семечкин, 2002).

При учете кедровников по 40-летним классам возраста выравнивается возрастная структура, теряется представление о наличии колебаний в распределении древостоев по возрасту на территории устраиваемых объектов, нарушаются очередность и своевременность хозяйственных мероприятий, менее надежно выявляются возрастные поколения кедр, т. е. искусственно упрощается структура кедровников (Поляков, 2007).

Необходим возврат к 20-летним классам возраста. Установление возраста рубки целесообразно после дополнительных лесоустроительных изысканий в конкретных лесничествах.

«Руководство...» — лишь первый опыт организации и ведения лесного хозяйства на селекционно-генетической основе. В нем есть недостатки, которые необходимо выявить и устранить, а также адаптировать «Руководство...» к новым условиям организации и ведения лесного хозяйства в России в связи с введением нового Лесного кодекса РФ.

Прежде всего, необходимо отменить запрет на проведение рубок в кедровых лесах. В объектах с преобладанием кедровых насаждений необходимо перейти на участковый метод лесоустройства, в процессе которого относить лесные участки к кедровому хозяйству и устанавливать возрасты и обороты рубок с учетом лесорастительных и экономических условий.

Известный исследователь кедровников Сибири профессор И. В. Семечкин (2002) утверждает, что комплексное использование кедровых лесов следует вести с учетом их общих природозащитных и ресурсных свойств, структуры, производительности, орехоносности и экономических условий. Он полагает, что многообразие свойств кедровых лесов определяет системный принцип организации хозяйства в них, не исключая использования

древесины и живицы. В то же время он считает, что интенсивное ведение хозяйства в кедровниках возможно при наличии дорожной сети, обеспечивающей подъезд к каждому участку, при полном сбыте древесины от всех видов рубок и обеспечении квалифицированными кадрами.

Ранее мы отмечали широкое распространение в горнотаежных эко-регионах Сибири смешанных кедрово-пихтовых насаждений зеленомошной группы типов леса (Соколов, 1987; Основы..., 1997).

Развитие отдельных составляющих пород в смешанных кедрово-пихтовых насаждениях неодинаково и зависит от многих факторов. Основными из них, вероятно, надо считать биологические и фитоцено-тические факторы. В первую очередь следует отметить неодинаковую долговечность кедр и других составляющих пород, особенно пихты и березы. Это создает предпосылки для съема части древесного запаса до наступления спелости основного кедрового древостоя — элемента леса (Соколов, 1981).

В. Ф. Лебков (1967) считает важным обстоятельством разную разницу в возрастах спелости кедр и пихты в смешанных кедрово-пихтовых насаждениях и предлагает устанавливать два возраста рубки: отдельно для кедр и пихты. Выборочные рубки в них до возраста главной рубки кедр позволяют использовать пихтовую часть древостоя, которая в противном случае перейдет в отпад.

Таким образом, существует теоретическая возможность вести расчет размера главной рубки и организовать хозяйство в смешанных кедрово-пихтовых лесах исследуемого района по составляющим породам. Рассмотрим эту возможность подробнее.

Поскольку в темнохвойных лесах района преобладают насаждения зеленомошной группы типов леса, то именно в них необходимо выявить в первую очередь возможность организации хозяйства по древостоям элементов леса. С этой целью мы по методике И. В. Семечкина (1962) составили местные таблицы динамики кедровников и пихтарников.

Для этого были использованы данные таксационных выделов: 524-х для кедровников и 356-ти для пихтарников на площади, соответственно,

27054 и 12931 га. Таксацию производили в незатронутых хозяйственной деятельностью (главные рубки, рубки ухода и др.) насаждениях по древостоям элементов леса с приемами измерительной таксации. Глазомерно определенные таксационные показатели корректировали замерами высот, диаметров, возраста средних деревьев и абсолютных полнот насаждений. Таксация велась по 20-летним классам возраста с дробностью его определения 5 лет. Таксационные показатели определяли по обычным разрядам, применяющимся при глазомерной таксации: для средней высоты составляющих пород — 1 м, для среднего диаметра — 2 см, для коэффициента состава — 1, для полноты яруса — 0,1, для запаса яруса — 10 м³ (Основы..., 1997).

Очень важным обстоятельством является то, что таксация была проведена в незатронутых человеком насаждениях. Таким образом, учтено требование Н. В. Третьякова (1956) обеспечить гомогенность насаждений. В то же время практически невозможно было учесть последствия былых пожаров, очагов вредителей леса и других неантропогенных факторов воздействия на лес. Поэтому И. В. Семечкин (1962) справедливо считает, что усредненный ряд динамики насаждений не представляет собой, как правило, естественный ряд развития одного древостоя. Но он отражает действительное состояние насаждений разного возраста и поэтому может служить основой для лесоустроительных действий (для расчета возрастов спелостей, рубок и др.).

Динамика основных таксационных показателей в модальных кедровниках указывает на возможность изъятия определенной части запаса в порядке выборочной рубки, начиная с возраста 100–110 лет. По нашим расчетам, ведение хозяйства по составляющим породам в кедровниках позволяет повысить ежегодный размер пользования по кедровой хозсекции как минимум на 24% (Соколов, 1987; Основы..., 1997; Соколов и др., 2012).

По мнению В. И. Полякова (2007), сосна кедровая сибирская формирует леса, требующие особой системы ведения хозяйства. Примером правильного подхода к использованию ресурсов кедровников могут

служить «Временные правила рубок промежуточного пользования в кедровых лесах и в лесах с участием кедра (потенциальных кедровниках) Томской области», разработанные Томским филиалом Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и утвержденные Рослесхозом в 2000 г.

В. Н. Седых (2014) считает, что выдающиеся конкурентные свойства кедра позволяют занимать господствующее положение в развитии множества лесных сукцессий и тем самым надолго вытеснять любых лесобразователей с их местообитаний. Это необходимо учитывать при разработке любых руководств и рекомендаций ведения лесного хозяйства в кедровых лесах.

4.2. Рекреационные леса

К рекреационным лесам относятся городские леса, лесопарки, лесопарковые части зеленых зон, первого и второго округов зон санитарной охраны курортов, зеленых зон городов и других населенных пунктов, леса вокруг лечебно-оздоровительных учреждений и прочие леса, предназначенные для отдыха населения. Экономическая оценка рекреационных и средозащитных функций лесов — наименее разработанная и наиболее спорная проблема (Ткачева, 1979; Гончаров, 1991). В существующих методиках используются различные коэффициенты, в большинстве своем экспертные, приближенные, не учитывающие природные и экономические условия, удаленность лесов от населенных пунктов и путей транспорта.

Оценка лесных ресурсов подразумевает определение максимальной величины ренты, получаемой за счет рационального лесопользования (Починков, 2000). Многие авторы считают рентную оценку наиболее объективным принципом экономической оценки природных ресурсов (Воронков, 1974, 1976; Чупров и др., 1984, 1995; Чупров, Кудряшов, 2000; Чупров, Торхов, 2003 и др.). В качестве главного критерия экономической оценки земли в лесном хозяйстве признана комплексная продуктивность

с единицы площади леса, т. е. многообразие полезностей с конкретного участка леса.

Рассмотрим методические подходы к эколого-экономической оценке рекреационных лесов на примере пригородной зеленой зоны г. Красноярска (Кузьмик, 2006; Кузьмик и др., 2008). Экономическая оценка лесов Красноярского края производится по Шкале кадастровой стоимости лесных земель (2000), утвержденной администрацией Красноярского края. Шкала основана на методике Ю. В. Лебедева (1998) и учитывает стоимость древесины на корню, живицы, второстепенных лесных ресурсов, ресурсов побочного пользования, пользования в культурно-оздоровительных, туристических и спортивных целях, полезных природных функций леса, а также расходы на воспроизводство лесов. Стоимость древесины на корню определяется для фактического запаса на участке по ставкам лесных податей с учетом расстояния вывозки. Стоимость других полезностей леса учитывает различные корректирующие коэффициенты и дифференцирована по типам лесорастительных условий.

По мнению многих авторов (Васильев, 1950; Кислова, 1988; Медведева, 2003; Кузьмик, 2006; Кузьмик и др., 2008 и др.), основой экономической оценки должна являться таксовая оценка среднего запаса на 1 га в сочетании с оценкой иных полезностей леса. Основные функции, выполняемые рекреационными лесами — эстетические, санитарно-гигиенические и микроклиматические. Для экономической оценки важны породный состав выборки, возраст, бонитет, полнота, углерододепонирующая способность, кислородопroduцирующая способность, тип ландшафта, стадия дигрессии, устойчивость, проходимость и просматриваемость (Гальперин, 1967; Ханбеков и др., 1980 и др.).

Оценка некоторых видов лесных ресурсов затруднительна — не все виды возможно оценить в денежном выражении, например, уникальные природные комплексы, редкие виды растений и животных. Поэтому выборке подлежат функции, имеющие наибольшее влияние на оценку леса, и характеристики которых можно объективно и достоверно оценить

по бальной шкале. Большинство из выбранных функций входит в таксационное описание выделов.

Методика оценки участков лесного фонда, входящих в состав зеленой зоны г. Красноярск, направлена на определение размеров платежей за изъятие или перевод лесных земель в нелесные в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом, а также для включения в экономический раздел государственного лесного кадастра (Методика..., 2004).

Практическая значимость составленной и апробированной методики заключается в возможности ее применения при производстве лесоустроительных работ для всей территории, а также при изменении вида использования лесов для разработки соответствующих планово-проектных решений.

Предметом эколого-экономической оценки в соответствии с предложенной методикой является кадастровая стоимость участков лесного фонда. Оценка участков лесного фонда производится, исходя из их функционального назначения, качества лесорастительных условий, размера, местоположения и прочих характеристик, влияющих на величину кадастровой стоимости участков, с учетом многофункциональной роли лесов. Стоимость запаса древесины на корню зависит от размера лесных такс с учетом расстояния вывозки (разряда такс), установленного органом государственной власти Российской Федерации и действующего на момент оценки. Товаризация запаса древостоев в насаждениях производится по региональным таблицам. Оценка запаса второстепенных лесных ресурсов в настоящей методике не производится.

Экономическая оценка древостоя напрямую зависит от запаса на участке и платы за него по таксам, установленным постановлением правительства Российской Федерации. Минимальные ставки в рублях за 1 м³ древесины зависят от расстояния вывозки, древесной породы и категории крупности. Для определения процента запаса по категориям крупности и сортам использовались товарные таблицы «Лесотаксационного справочника для южнотаежных лесов Средней Сибири»,

соответствующие району исследования, породе древостоя, классу товарности (приняли лиственные породы за 3 класс товарности, хвойные породы — за 1 класс товарности) и среднему диаметру деревьев в насаждении (Шевелев и др., 2002).

Определив запас по категориям крупности и зная соответствующие ставки, можно посчитать минимальную цену за древесину определенной категории. Цена всей древесины на 1 га определяет цену древесины на всем участке.

Но эта стоимость не будет отражать действительной ценности лесонасаждения, так как в лесах зеленой зоны не ведутся активные лесохозяйственные работы по вырубке и целью хозяйства не является только добыча древесины, поэтому полученная стоимость должна быть скорректирована (Кузьмик, 2006).

Расчет кадастровой стоимости производится по формуле определения эколого-экономической оценки участка древостоя

$$C = \sum(P_{ij} \cdot M_{ij}) k, \quad (4)$$

где C — цена участка, руб.; P — минимальная ставка платы за 1 м³ древесины i -й породы, j -й категории крупности, руб./м³; M — запас i -й породы, j -й категории крупности, м³; k — интегральный коэффициент, учитывающий эколого-экономическую составляющую оценки.

Интегральный коэффициент, учитывающий экологические функции территории зеленой зоны и характеризующий целевое назначение рекреационных лесов, определяется, исходя из оценочных баллов по формуле

$$k = \sqrt{(k_1^2 + k_2^2 + \dots + k_n^2)}, \quad (5)$$

где k_1, k_2, \dots, k_n — соответственно, коэффициенты, учитывающие долю лиственных пород в составе насаждения, класс возраста, класс бонитета, полноту, поглощение углерода насаждением, выделение кислорода

насаждением, тип ландшафта, санитарно-гигиеническую оценку, эстетическую оценку, стадию дигрессии насаждения, степень устойчивости насаждения, проходимость и просматриваемость участка; n — количество учитываемых показателей.

Древесный запас вычисляется по таксационным описаниям лесных выделов. Согласно данным, для конкретного участка по шкале определяются коэффициенты для каждого фактора, влияющего на цену древостоя и на его экологические свойства. Далее по формуле (5) определяется интегральный коэффициент, входящий в формулу вычисления цены участка зеленой зоны. Таким образом, учитываются основные функции участка по его основному назначению. Баллы определяются по оценочным шкалам в соответствии с характеристикой участка по каждой функции индивидуально в зависимости от качества функции. Стоимость древостоя, полученная по принятым минимальным ставкам, с учетом общего интегрального коэффициента, будет являться эколого-экономической стоимостью конкретного насаждения, отражающей все основные характеристики лесного ресурса (рис. 12).

Шкала, разработанная для денежной оценки участков зеленой зоны г. Красноярск, включает двенадцать наиболее значимых экологических и экономических показателей (Белов, 1964; Гальперин, 1967; Бобров, 1987; Ахмадеева, 2002 и др.). Трехбалльная система выбрана из-за наглядности и простоты подсчета. Шкала может использоваться для быстрого определения стоимости конкретного участка на данный момент (табл. 18).

Таблица 18

**Шкала определения коэффициентов,
учитывающих эколого-экономические функции древостоя**

Фактор	Оценка древостоя, балл		
	3	2	1
<i>Факторы, влияющие на цену древостоя</i>			
1. Порода (примесь лиственных в %)	0–20	21–60	61–100
2. Класс возраста	IV	II, III, V	I, VI и выше
3. Класс бонитета	Ia–II	III–IV	V–Va
4. Полнота	0,8 и более	0,6–0,7	0,5 и менее
<i>Факторы, влияющие на экологические свойства древостоя</i>			
5. Поглощение CO ₂	3	2	1
6. Кислородопродуктивная способность	3	2	1
7. Тип ландшафта	Открытый	Полуоткрытый	Закрытый
8. Санитарно-гигиеническая оценка	Высокая	Средняя	Слабая
9. Эстетическая оценка	1 степень	2 степень	3 степень
10. Стадия дигрессии	1–2	3	4
11. Устойчивость	I–II степень	III степень	IV степень
12. Проходимость, просматриваемость	Хорошая	Средняя	Плохая

Вычисление стоимости по предложенному алгоритму позволит объективнее определять стоимостную оценку лесных земель, находящихся на территории пригородных зеленых зон городов, плату за изъятие или перевод лесных земель в нелесные, арендные платежи, организовать рациональное лесопользование на основании принципа неистощительного и непрерывного природопользования. Учет экологических факторов в сочетании с экономическими позволит применять методику для регламентирования доступности лесных ресурсов. На основе результатов расчетов можно сделать вывод, что предлагаемая методика увеличивает цену земель лесного фонда по сравнению с существующей в 4,4 раза (Кузьмик и др., 2008), и ее использование позволит реально оценивать лесные ресурсы зеленой зоны.



Рис. 12. Блок-схема алгоритма определения эколого-экономической стоимости отдельного участка лесного фонда, покрытого лесной растительностью

4.3. Водоохранные леса

В соответствии со ст. 65 Водного кодекса Российской Федерации (2006) водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- 1) до десяти километров — в размере 50 м;
- 2) от десяти до пятидесяти километров — в размере 100 м;
- 3) от пятидесяти километров и более — в размере 200 м.

Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается в размере 50 м.

Аналогично трактуются водоохранные зоны Лесным кодексом Российской Федерации (2006). В предыдущем Лесном кодексе РФ (1997) понятие водоохранной зоны отсутствует. Водоохранную роль выполняли запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов и запретные полосы лесов, защищающие нерестилища ценных промысловых рыб. На 01.01.2003 г. площадь таких запретных полос в России составляла 82,8 млн га, или 7,2% от общей площади лесного фонда. По Сибирскому федеральному округу площадь таких лесов была равна 23,2 млн га (6,7%).

Общая площадь лесов водоохранных зон в России составляет 8,2 млн га, или 0,7% от общей площади лесного фонда, в том числе по СФО — 0,6 млн га (0,2%). В Лесном кодексе РФ (2006) запретные полосы лесов сохранили свое место в составе защитных лесов в категории «ценные леса» под названиями «защитные полосы лесов, расположенные вдоль

водных объектов» и «нерестоохранные полосы лесов». Эти леса, как и прежде, предназначены выполнять важнейшие водоохранные, водорегулирующие и почвозащитные функции.

Водоохраннозащитные функции леса присущи любой лесной территории, но степень выражения их, конечно, не одинакова (Львович, 1963; Лебедев, 1998; Побединский, 2013).

Влияние водохранилищ на леса в прибрежных водоохранных зонах. В результате строительства плотины Богучанской ГЭС на р. Ангара образовалось Богучанское водохранилище, которое стало четвертым в каскаде Ангарских водохранилищ. Максимальная глубина водохранилища достигает 75 м, средняя — 25 м, что позволяет относить его к классу «глубоких».

В качестве аналога для прогнозных целей влияния Богучанской ГЭС на растительность использовалась Усть-Илимская ГЭС, водохранилище которой было заполнено в 1975 г. Богучанская ГЭС и функционирующая рядом Усть-Илимская ГЭС и их водохранилища находятся в одной лесорастительной провинции (Ефимов, 2011).

По нормативу ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока. По нашему мнению, это неправильно, здесь надо учитывать не только ширину водотока, но и крутизну береговых склонов, направления розы ветров и многое другое, влияющее на волновую деятельность водохранилища. Очевидно, что водоохранная зона водохранилища, выполняющая экологические функции, не должна быть фиксированной величиной. Несмотря на достаточно большую историю гидростроительства в Сибири, воздействие водохранилищ на окружающую среду изучено слабо, особенно на лесную среду.

Располагаясь в южной светлехвойной тайге, долина Ангары отличается большей широтной интразональностью биотопов, высокой продуктивностью и разнообразием относительно остальных рек правобережья Енисея. В результате заполнения ложа водохранилища этот наиболее богатый пойменный комплекс утрачен.

Наиболее существенные изменения почвы и растительности происходят при формировании береговой полосы водохранилища (10–300 м) в результате берегопереработки, подтопления, плавающей древесины, оползней, подъема уровня грунтовых вод и пр. В то же время полоса климатического влияния и изменения растительности гораздо шире и достигает 10–50 м по высоте от уреза воды. Замена наиболее продуктивной пойменной части ландшафта на водную поверхность еще в большей степени увеличивает негативную фрагментацию.

В настоящее время система компенсационных платежей не учитывает потерю и прирост растительности и животных, т. е. не учитываются положительные последствия водохранилища. Они (платежи) позволяют в какой-то степени сохранить традиционную хозяйственную структуру.

Следует подчеркнуть, что на созданных водохранилищах не ведется системный государственный экологический мониторинг, особенно в береговой полосе. В результате отсутствуют официальные данные о состоянии природной среды в зонах воздействия водохранилищ на береговую полосу. Фрагментарные научные исследования не дают возможности составить системное представление о пространственных и временных изменениях функционирования ландшафтов.

Наибольшее хозяйственное значение и удельный вес имеют сосняки и лиственничники разнотравной и зеленомошной групп типов леса. В сосновых лесах на холодных почвах, как правило, примешивается лиственница сибирская. Класс бонитета древостоев III, реже II и IV. Возобновление хвойных пород удовлетворительное.

Местообитания с песчаными почвами занимают чистые сосняки лишайниковой группы. Для зоны воздействия наиболее характерно произрастание сосновых древостоев, средний возраст которых составляет 150 лет. Полнота насаждений колеблется в пределах 0,6–0,8 со средним запасом в пределах 217 м³/га, что соответствует III классу бонитета.

Удельный вес высокотравной группы типов леса относительно невелик. В группу входят наиболее производительные склоновые древостои на богатых почвах с хорошим проточным увлажнением. Сосновые

и лиственничные леса развиваются по I–II классам бонитета, а кедровые, еловые и пихтовые — по II–III. Ведущее значение в составе травяного яруса имеет крупнотравье, иногда с участием папоротников. Возобновление хвойных неудовлетворительное. На вырубках необходимо создание лесных культур.

Папоротниковая группа типов леса связана с припойменными частями рек с сезонномерзлотными дерново-подзолисто-глебовыми и торфянисто-перегнойно-глебовыми почвами. Основные лесообразующие породы — ель, лиственница и береза. Лиственничные древостои часто двухъярусного строения: в верхнем — лиственница с примесью сосны, в нижнем — ель и кедр. Класс бонитета древостоев IV–V. Удельный вес группы невелик. Хозяйственное значение, поскольку они в основном водоохранные, ограниченное.

Болотные группы типов леса попадают под затопление и сохраняются только в подпорах на притоках.

Микрорельеф образует плотные сухие гряды и бугры, занимающие 70% поверхности и небольшие по площади мочажины — 30%, увлажнение которых значительно варьирует. Гряды, как правило, облесены, сомкнутость крон древесного яруса колеблется от 0,2 до 0,4. Древесный полог образуют лиственница, кедр, ель, береза. Средняя высота деревьев колеблется от 1,5 до 2,5 м. Мезофильные луга (кипрейные или вейниковые) часто выступают как стадия зарастания вырубков.

Лесная растительность островов представлена березово-лиственнично-сосновыми, местами редкостойными лесами, иногда с примесью тополя, осины и ивы древовидной. В подлеске встречается спирея, шиповник, смородина, свидина, ольховник. В травяном покрове обильны злаки, луговое разнотравье и некоторые представители крупнотравья. Нередко здесь встречаются ивняковые заросли с осоковым покровом. Лесные сообщества могут сочетаться с луговой, болотной, петрофитной растительностью. Длительная антропогенная нагрузка приводит к распространению деградированных лугов и пастбищ. При отсутствии антропогенной нагрузки растительность способна к восстановлению.

Общий уровень видовой насыщенности сообществ, отмеченных в полевых условиях, определяется, главным образом, условиями экотопа: минимальные значения видовой насыщенности соответствуют крайним значениям наиболее значимых факторов среды — в сосняках мертвопокровных. Максимальные значения отмечены в наиболее благоприятных условиях среды — в сосняках зеленомошно-разнотравных, в относительно широком диапазоне (от 9 до 37 видов/100 м²).

Уровень видового богатства также варьирует в различных сообществах. Средний уровень видового богатства — от 9 до 63 видов.

Наиболее продуктивный живой напочвенный покров выявлен в лиственнично-еловых и елово-лиственничных древостоях зеленомошной группы типов леса, приуроченных к долинам рек, а также в сосняках и осинниках разнотравно- и бруснично-зеленомошных типах леса. Основную долю массы составляют зеленые мхи и лесные виды растений. Наименее продуктивными оказались сосняки мертвопокровные с пятнами разнотравья, неоднократно пройденные низовыми пожарами на супесчаных бедных почвах. Промежуточное место по продуктивности живого напочвенного покрова занимают ивняки разнотравных и хвощево-высокотравных типов леса, расположенные в пойме реки вдоль долин водотоков. Луговая растительность характеризуется высоким запасом напочвенного покрова.

Лесные ягодники составляют около 17% от общей площади. Они сосредоточены в основном в зеленомошных, разнотравных и крупнотравных группах типов леса. Однако площади, пригодные для промысловой эксплуатации, весьма незначительны по сравнению с общей площадью типов леса, в которых они произрастают (от 2 до 30%).

Из всей лесопокрытой площади бассейна грибоносные площади занимают примерно 30%. Основные запасы грибов сосредоточены в сосновых и лиственных насаждениях I–III классов возраста, а также осинниках и березняках со вторым ярусом хвойных разнотравной и близких к ней групп типов леса. В спелых и перестойных насаждениях урожайность

грибов снижается. В целом, на всей территории запасы грибов, ягод и пищевых растений значительно варьируют.

Стабилизация береговой полосы водохранилища продолжится длительное время, особенно на крутых склонах, оползневых участках и берегах ветроударной экспозиции. Интенсивность сработки и переформирования берега определяется крутизной склона, подстилающими породами, а также энергией волновых ударов по береговой полосе, напрямую зависящей от силы и направления ветра. Энергия волн частично гасится плавающей около берега и особенно в заливах древесиной, выполняющей функцию волноломов.

Растительный покров в зоне сработки и переформирования берега обречен на гибель. Вода постепенно будет подмывать корневую систему. В результате древесная растительность остается в акватории водохранилища в плавающем виде или постепенно заиливается на дне.

По мере развития и активизации эрозионных процессов на пологих берегах лесные экосистемы по урезу воды постепенно разрушаются. Данное явление будет наблюдаться до тех пор, пока переработка берегов не стабилизируется. Однако ожидать полного затухания эрозионных и абразионных процессов не приходится.

Успешность развития водных и водно-болотных комплексов растительности зависит от закрытости (защищенности) мелководий от волноударных воздействий. Мелководья интенсивно зарастают рдестовыми, шелковниковыми, роголистниковыми, элодейными и другими сообществами настоящей водной растительности.

В целом, в зонах сработки и постоянного затопления произойдут кардинальные изменения в составе и структуре растительных сообществ.

Микроклиматические изменения включают незатопляемые прибрежные насаждения. Воздействие микроклиматических изменений проявляется в уменьшении континентальности климата, т. е. смягчении температурного режима и повышении влажности воздуха. Зимой температура воздуха за счет незамерзающей акватории водохранилища и нижнего бьефа станет выше, летом, наоборот, ниже. Увеличение влажности воздуха

связано с испарением воды с поверхности водохранилища, которое будет протекать круглогодично и сопровождаться образованием туманов.

Специальных исследований, направленных на выявление влияния микроклиматических изменений на древостой, не проводилось. Водохранилища, как и другие водоемы с открытой широкой акваторией, после ледохода охлаждают натекающий на них воздух, увеличивают влажность. Одновременно широкая акватория водохранилища усиливает ветер в прибрежных насаждениях и провоцирует ветровал. В свою очередь, глубоководные водоемы, расположенные в северных районах, прогреваются значительно медленнее. Характер влияния водохранилища на микроклиматические показатели прибрежных территорий можно разделить на три последовательных этапа: ранневесенний охлаждающий, поздневесенний охлаждающий, позднелетний тепляющий.

Таким образом, географическое положение исследуемого региона в совокупности с геоморфологическим строением территории определяют особенности климата и, соответственно, характер пространственного распределения почвенного покрова и растительности. Пестрота и мозаичность ландшафтной структуры территории определяется сочетанием зональных и интразональных типов почвы и растительности. В структуре почвенного покрова три основных спектра: водораздельный, склоновый и пойменно-террасовый.

Экономическая оценка водоохранной роли лесов. До настоящего времени вопрос о водоохранной роли лесов является дискуссионным. Речь идет о влиянии леса на суммарный сток — поверхностный и подземный. Водоохранную роль леса нельзя сводить только к влиянию на гидрологический режим (Ткаченко, 1952; Побединский, 2013). Необходимо учитывать, что эти леса выполняют не менее важные водо- и почвозащитные функции. Исходя из этого, становится понятной сложность экономической оценки водоохранных лесов.

Экономическая оценка водорегулирующей роли покрытых лесом водосборов недостаточно разработана в методологическом плане.

Исследования имели, как правило, описательный характер с игнорированием экономических аспектов.

Пальма первенства в выявлении сущности водного баланса речных бассейнов принадлежит М. И. Львовичу (1963). Смысл его разработки позже изложил К. Н. Дьяконов (1988) в виде уравнения:

$$X_1 + X_2 + r = S_{\text{п}} + S_{\text{в}} + S_{\text{г}} + E + T + B \pm g \pm W, \quad (6)$$

где X_1 — атмосферные осадки в жидкой фазе (за теплый период); X_2 — атмосферные осадки в твердой фазе (за холодный период); r — роса, иней, изморозь; $S_{\text{п}}$ — поверхностный сток; $S_{\text{в}}$ — внутрипочвенный сток; $S_{\text{г}}$ — внутригрунтовый сток; E — физическое испарение; T — транспирация; B — физическая и химическая аккумуляция воды в годовом приросте фитомассы; g — фильтрационный поток воды из геосистемы в поток глубинных (нагорных) вод; W — изменение запасов воды в почве и грунте за годовой период времени.

Приведенное уравнение позволяет определить потоки воды на больших водосборных территориях. На этой основе уральские исследователи смогли получить данные, характеризующие основные показатели водного баланса по природным подзонам на территории европейской части России и Западной Сибири (Исаева и др., 2003; Ануфриев и др., 2013; Неклюдов, Ануфриев, 2014). Было выявлено, что покрытые лесом водосборы позволяют до 95% речного стока переводить в подземный, что увеличивает водообеспеченность территорий в летний период. Исходя из платы за воду в пределах годовых лимитов водопользования и коммунальных платежей за водоснабжение, можно рассчитать экономический эффект от водорегулирующей роли лесов. Экономический эффект при небольшой стоимости 1 м³ воды в 10 руб. по Свердловской области составит 20,8 млрд руб. (Ануфриев и др., 2013).

В качестве экономического эквивалента И. А. Неклюдов и В. П. Ануфриев (2014) предлагают использовать ставку налога при заборе воды из поверхностных водных объектов в пределах установленных годовых

лимитов водопользования (282 руб. за 1000 м³) или размер коммунальных платежей за водоснабжение в г. Екатеринбург (23,9 руб. за 1 м³). Годовой экономический эффект для территории Свердловской области составит в первом случае 587,4 млн руб., во втором — 49783 млн руб. Ими делается важный вывод, что знание стоимости водорегулирующей роли леса позволит выработать экономический механизм устойчивого управления лесами и водными ресурсами.

Подобные методические подходы возможно использовать при оценке водоохранной роли лесов в других регионах России.

5. ЛЕСА СИБИРИ В ПРОЦЕССЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

5.1. Общие положения

В силу развитой индустрии, обширных территорий лесов и иной природной растительности Сибирь имеет значительные возможности для реализации положений Парижского соглашения (2015). Принципиально важным является также то, что весь международный переговорный процесс по климатическим изменениям увязывается с необходимостью перехода к устойчивому развитию. Поэтому разработка программы по реализации положений Парижского соглашения не может сводиться только к преследованию сиюминутных экономических выгод от реализации тех или иных мероприятий. Она должна рассматриваться как важное эколого-экономическое средство оздоровления окружающей среды в тесной взаимосвязи со всей системой действий, направленных на экономическое и социальное развитие России.

Климатическая конференция в Рио-де-Жанейро (1992) сформулировала и представила на международную повестку проблему глобального изменения климата. Мнения в научном мире разделились. Большая часть исследователей считает, что глобальное потепление климата на Земле связано с деятельностью человека и неизбежно будет продолжаться, если не будут приняты меры по сокращению выбросов. Это приводит к необходимости поиска механизмов адаптации лесных экосистем и более полному использованию возможностей лесов по связыванию избыточного углерода из атмосферы. Аккумуляцией этого мнения можно считать отчет группы Всемирного банка о влиянии глобальных климатических изменений на развитие региона Европы и Центральной Азии, в котором делается весьма спорный вывод об исчезновении бореальных лесов России в недалеком будущем (New Climate Normal..., 2014).

Другая часть исследователей считает, что наблюдаемое потепление в меньшей степени связано с деятельностью человека, а является частью природных циклов временных похолоданий и потеплений,

которые не влияют катастрофично на лесные экосистемы в длительной перспективе.

Большинство исследователей связывает глобальное потепление с повышением концентрации парниковых газов и, прежде всего, двуокси углерода (CO_2) в атмосфере. На конференции ООН по климату в Париже (2015) было подписано соглашение о намерении стран сдерживать увеличение средней температуры на Земле на уровне не более 2°C , для чего все страны должны принять национальные планы по снижению выбросов и адаптации экономики к климатическим изменениям.

Существует мнение, что, так как в атмосферной динамике CO_2 преимущественную роль играет мировой океан, а не лесная растительность и тем более не промышленные выбросы (Филипчук, Страхов, 2016), то не стоит преувеличивать роль концентрации CO_2 в атмосфере, поскольку перекрытие масштабов космической регуляции земных процессов деятельностью человека невозможно (Ловелиус, 2000).

Российский ученый Н. Н. Завалишин доказал, что наиболее вероятной причиной потепления оказалось смещение Солнца от центра инерции Солнечной системы с его приближением к орбите Земли (2009, 2015).

По мнению исследователя в области физики атмосферы, кандидата физ.-мат. наук И. В. Алтунина, причины изменения климата всегда определялись естественными факторами. Основа таких факторов — астрономическая теория климата Миланковича, дополненная Солярной теорией изменений климата, разработанной в МГУ им. М. В. Ломоносова группой ученых во главе с кандидатом географических наук В. М. Федоровым. Основной причиной изменения климата по этой теории является уменьшение наклона оси вращения Земли, регулирующее интенсивность меридионального переноса радиационного тепла в системе океан-атмосфера из экваториальной области в полярные районы, и геодинамическое колебание в Мировом океане с периодом около 60 лет, влияющее на состояние атмосферы (Алтунин, 2022).

Доклад МГЭИК об изменении климата 2023 г. представляет собой наиболее полную научную оценку климата (Synthesis Report..., 2023).

Он основывается выводах 234 ученых, занимающихся физическими науками об изменении климата, 270 ученых, занимающихся последствиями изменения климата, адаптации и уязвимости к нему, а также 278 ученых, занимающихся смягчением последствий изменения климата. Среди основных выводов можно отметить следующие: (1) наблюдаемое глобальное потепление на $1,1^\circ\text{C}$ вызвано деятельностью человека; (2) Воздействие климата на людей и экосистемы является более масштабным и серьезным, чем ожидалось, а будущие риски будут быстро возрастать с каждой долей градуса потепления; (3) финансирование климатических проектов, направленных как на смягчение последствий, так и на адаптацию, должно резко увеличиться.

На примере Красноярского края покажем огромные потенциальные возможности в выполнении Парижского соглашения по климату как в области сокращения промышленных эмиссий, так и в биосфере в части регулирования землепользования, ведения лесного и сельского хозяйства.

Леса являются одной из важнейших экосистем, обеспечивающих секвестр углерода. Был произведен учет и рассчитан бюджет основных природных источников и поглотителей парниковых газов. Показано, что растительные экосистемы края в целом являются чистым поглотителем углерода. Основываясь на данных государственного учета лесного фонда, леса Красноярского края содержат 9,6 млрд т фитомассы в сухом веществе (или свыше 2% запаса фитомассы лесов мира), что делает их явлением глобального значения (табл. 19).

В качестве основного подхода к количественной оценке бюджета основных парниковых газов (углекислоты CO_2 , оксида углерода CO , метана CH_4 , оксидов азота N_2O и NO_x и летучих неметановых органических соединений VOC) растительных экосистем края был выбран метод, развиваемый Международным институтом прикладного системного анализа совместно с Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Соколов и др., 2013). Метод был модифицирован для условий Центральной Сибири и включает следующие основные положения.

Таблица 19

**Фитомасса лесов Красноярского края.
Данные в Тг = 10⁶ т сухого вещества**

Группы пород	Ствол	Ветви кроны	Листья/хвоя	Корни	Под-рост, под-лесок	Жи-вой напоч-вен-ный по-кров	Фито-масса всего
Хвойные	4717,5	697,6	254,2	1750,9	196,0	389,8	8006,0
Лиственные	866,6	185,6	37,0	310,7	44,9	70,7	1515,5
Кустарники		20,0	8,8	15,6		35,3	79,7
Всего	5584,1	903,2	300,0	2077,2	240,9	495,8	9601,2

В качестве методического базиса используется ландшафтно-экосистемный метод, представляющий детальные и обоснованные результаты и позволяющий надежно оценить погрешности промежуточных и окончательных результатов. Ландшафтно-экосистемный метод используется в двух основных его формах. Первый из них базируется на оценке изменения запасов углерода в экосистемах:

$$\Delta(C) = C_{\text{sys}t' + \Delta t} - C_{\text{sys}t'} \quad (7)$$

где $\Delta(C)$ обозначает изменение резервуаров углерода на конец $C_{\text{sys}t' + \Delta t}$ и начало $C_{\text{sys}t'}$ некоторого периода Δt с последующим представлением оценок на годичной основе. Резервуары органического углерода оцениваются для фитомассы растительности (биомассы живых растений экосистем), биомассы детрита (мертвой растительной массы, в частности, крупных древесных остатков) и почвы (включая подстилку, углерод органических и минеральных горизонтов почвы).

Второй метод базируется на измерении потоков биофильных элементов и сводится к оценке чистой биомной (ЧБП) продукции экосистем (т. е. количества углерода, поглощенного экосистемами на больших территориях за период не менее года):

$$NBP = NEP - DC, NEP = NPP - HSR - DEC - FLIT - FHYD, \quad (8)$$

где NBP , NEP , NPP обозначают, соответственно, чистую биомную продукцию, чистую экосистемную продукцию и чистую первичную продукцию, HSR — гетеротрофное дыхание почв, DEC — поток углерода вследствие разложения крупных древесных остатков, $FLIT$ — поток в литосферу, $FHYD$ — поток в гидросферу и DC — поток вследствие природных и антропогенных нарушений (например, лесных пожаров или вспышек размножения насекомых).

Основой методологии служит системный подход. Растительная экосистема рассматривается как система взаимодействующих блоков «растительность» — «почва». Каждый из них взаимодействует с атмосферой и, в свою очередь, подразделяется на субблоки: наземная и подземная фитомасса древостоя и нижних ярусов леса; крупные древесные остатки; легкоминерализуемая и стабильная фракции органического вещества почвы. Пул органического вещества (по углероду) в блоках формируется и поддерживается взаимодействием таких основных потоков, как продуцирование (чистая первичная продукция) и отмирание фитомассы, разложение мертвого органического материала (фитодетрита), минерализация и гумификация разлагающихся остатков, минерализация гумуса почвы и др. Запас (плотность) органического вещества в блоках (размерность Мг (= т) С га⁻¹) и интенсивность потоков (Мг С га⁻¹ год⁻¹) — ключевые параметры углеродного цикла. Его определяющими характеристиками служат чистая первичная продукция — вход углерода из атмосферы в экосистему и гетеротрофное дыхание ($Rh = HSR + DEC$) — возврат углерода в атмосферу. Их соотношение определяет величину чистой экосистемной продукции. Величина NEP имеет первостепенное значение для

биосферных балансовых расчетов, поскольку количественно характеризует статус лесной экосистемы в биосфере (сток для CO_2 атмосферы или его источник в атмосферу).

Для определения показателей углеродного бюджета с использованием уравнений (7) и (8) были разработаны специальные базы данных и модели. В процессе работы оценка полного бюджета основных биофильных элементов произведена на основе объединения методов с разработкой необходимой информационной основы, эмпирических моделей и алгоритмов.

Использование других методов оценки бюджета парниковых газов (в основном — углекислого газа и частично метана), применяемых в настоящее время в мировой практике (динамические модели функционирования растительности; метод непосредственного измерения потоков, в частности *eddy covariance*; инверсное моделирование), для территории края ограничено в силу или малого количества экспериментальных данных, или недостаточной их валидации. Перечисленные методы были частично использованы «по аналогии» для сравнительного анализа и оценки неопределенности получаемых результатов.

Информационная база, необходимая для оценки бюджета основных парниковых газов, была представлена в виде Интегральной земельной информационной системы (ИЗИС) на территорию края (Швиденко и др., 2014). ИЗИС состоит из многослойной геоинформационной системы, включающей картографическую компоненту и соответствующие атрибутивные базы данных. Базовые слои ИЗИС включают различные карты — ландшафтную, почвенную и другие, результаты дистанционного зондирования земли из космоса, многочисленные экологические, биологические и иные показатели непосредственных измерений, данных инвентаризаций и обследований (например, учет лесного и земельного фондов) и оценок, а также результатов деятельности человека. Территория края была разделена на 7 экологических районов (экорегiónов) по методике, изложенной ранее в ряде работ (Основы..., 1997, Фарбер, 2000; Швиденко и др., 2000).

Учитывая, что данные учета лесного и земельного фонда края основаны на измерениях и оценках, проводимых в течение длительного периода времени, и точность их неизвестна (например, более половины данных учета лесного фонда получены на основе лесоинвентаризационных работ, проведенных более 20 лет назад), в целях обеспечения качества информации, соответствующего международным нормам, была проведена проверка надежности данных земельного и лесного учета в части распределения территории края по основным классам земельного покрова. С этой целью было проведено сравнение с данными спутниковых измерений и иных доступных исполнителям наземных данных.

Чистая первичная продукция как один из основных потоков углеродного бюджета определена по специально разработанному моделирующему алгоритму (Shvidenko et al., 2007). В таблице 20 приводятся обобщенные данные запасов углерода на продуцирующих землях в основных классах растительных экосистем края. Результаты оценки основных потоков углеродосодержащих парниковых газов приведены в таблицах 21 и 22.

Величина чистой первичной продукции лесов края составляет 493,9 Тг С (млн т органического углерода) в год. Предварительные наиболее важные агрегированные данные содержания углерода в экосистемах Красноярского края следующие: лес — 5643,3; древесный детрит — 537,4; мертвые корни — 1581,8; органический углерод почв — 11258,4 Тг С.

Растительные экосистемы обеспечивают ежегодно чистый сток углерода 94 млн т, что свидетельствует о значительных возможностях биоты региона в части поглощения парниковых газов (Соколов и др., 2013). Оценка стоимости поглощения углерода на международном рынке колеблется от 8 до 20 евро за 1 т. Следовательно, экономическая оценка поглощения углерода лесами Красноярского края составляет ежегодно в среднем 1,3 млрд евро.

Общие запасы органического углерода и азота в экосистемах края

КЗП	Площадь, тыс. га	Общий запас, Тг С							Средние, Мг / га				
		Фит	КДО	МК	Углерод П	У1М	Азот П	Азот 1М	Фит	КДО	МК	УП	АП
Пахотные земли	1855,05	9,415	0,000	0,000	108,228	403,13	5,39	40,68	5,08	0,00	0,00	0,0	24,83
Пастбища	534,09	2,277	0,112	0,000	31,621	106,57	1,63	10,50	4,26	0,21	0,00	0,0	22,72
Многолет. раст.	2300,00	29,011	0,004	0,000	128,850	518,35	6,46	49,54	12,61	0,00	0,00	0,0	24,35
С-х земли, итого	4689,14	40,703	0,116	0,000	268,698	1028,05	13,48	100,72	8,68	0,03	0,00	0,0	24,35
Сосна	13303,92	921,530	64,836	102,250	561,328	2037,14	27,55	158,98	69,26	4,91	7,75	195,6	14,00
Ель	6897,40	383,753	20,454	62,994	328,961	936,06	15,44	74,28	55,63	2,96	9,12	183,9	12,95
Пихта	6209,15	396,450	32,691	42,784	179,180	841,45	9,40	73,70	63,85	5,27	6,89	164,3	13,38
Лиственница	52230,95	2077,661	229,046	353,388	3376,190	6260,71	150,72	503,54	39,78	4,28	6,70	184,2	12,47
Кедр	13666,79	1024,161	48,448	86,180	610,697	1703,19	28,19	118,82	74,94	3,52	6,30	169,3	10,76
Итого хвойных	92308,21	4803,554	395,475	647,596	5056,356	11778,56	231,30	929,32	52,04	4,22	6,97	182,2	12,51
Береза	17882,86	766,297	44,433	169,559	839,151	2693,75	40,56	225,33	42,85	2,58	8,91	197,0	14,47
Осина	1155,51	73,468	4,142	14,169	36,664	175,02	2,02	15,42	63,58	3,58	12,26	183,2	15,09
Тополь	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
Ива	0,55	0,009	0,002	0,002	0,021	0,08	0,00	0,00	17,11	3,65	4,31	177,8	9,12
Итого листвен.	19038,92	839,774	48,577	183,730	875,836	2868,86	42,58	240,75	44,11	2,67	9,18	196,3	14,49
Береза куст.	29,64	0,275	0,085	0,157	1,606	3,55	0,08	0,19	9,26	2,84	5,30	174,0	9,20
Кедр. стланник	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
Итого куст.	29,64	0,275	0,085	0,157	1,606	3,55	0,08	0,19	9,26	2,84	5,30	174,0	9,20
Итого лесов	111376,77	5643,603	444,137	831,483	5933,797	14650,96	273,96	1170,27	50,67	3,95	7,40	184,7	12,82
Итого НЛЗ	10836,09	189,324	92,637	201,528	683,215	1336,80	30,23	106,69	17,47	8,57	20,53	186,7	12,36
Болота	26357,69	282,528	0,448	0,000	1235,981	5121,71	53,02	318,51	10,72	0,02	0,00	0,0	14,06
Травы	59441,15	338,805	0,025	465,924	2536,837	5662,88	106,09	434,99	5,70	0,00	8,09	137,6	9,05
Кустарники	8084,84	140,446	0,013	82,866	599,875	1230,91	26,39	87,40	17,37	0,00	14,73	235,2	13,98
Всего по краю	220785,68	6635,409	537,376	1581,801	11258,404	29031,32	503,18	2218,58	30,05	3,06	7,37	183,0	12,28

Примечание: КЗП — классы земельного покрова, Фит — общая фитомасса, КДО — крупные древесные остатки, МК — мертвые корни, Углерод П — углерод подстилки (органогенного слоя минеральных почв), У1М — углерод 1 м слоя минеральных горизонтов, Азот П — содержание азота в подстилке, Азот 1М — содержание азота в 1 м минеральных слоев почвы, УП и АП — углерод и азот почвенного профиля в целом, НЛЗ — не покрытые лесом земли.

Общие потоки углерода и азота в экосистемах края

КЗП	ЧПП				Почва		ДЕК	ПГИД	ПЛИТ	N ₂ O
	НЧ	ЗЧ	ПЧ	Всего	АД	ГД				
Пахотные земли	0,0000	5,619	4,218	9,8368	2,9426	5,4490	0,00000	0,05978	0,01859	0,00048
Пастбища	0,1166	0,987	1,304	2,4077	0,7246	1,2615	0,00540	0,02034	0,00572	0,00009
Многолет. раст.	0,2680	4,458	4,471	9,1968	3,0613	5,2812	0,00017	0,08078	0,02436	0,00057
Итого с-х земли	0,3846	11,063	9,994	21,4412	6,7285	11,9917	0,00557	0,16089	0,04867	0,00115
Сосна	6,1390	16,667	13,967	36,7729	32,8324	31,6893	3,13510	0,55749	0,17588	0,00422
Ель	3,4433	8,166	10,660	22,2678	15,8734	14,1279	0,86363	0,31912	0,12386	0,00179
Пихта	3,3311	7,513	6,449	17,2926	16,0348	15,4517	1,58887	0,24804	0,08216	0,00209
Лиственница	17,2775	56,819	57,596	131,6925	106,7211	92,0709	7,92052	3,60503	1,35275	0,00957
Кедр	8,1907	17,114	19,095	44,4014	33,3439	30,8448	2,04858	0,62103	0,22892	0,00399
Итого хвойных	38,3816	106,280	107,766	252,4271	204,8056	184,1844	15,55668	5,35071	1,96354	0,02166
Береза	19,0663	31,980	26,686	77,7327	48,7935	46,2698	2,24393	0,73577	0,26567	0,00648
Осина	1,0190	1,713	1,748	4,4797	3,2058	3,1418	0,22164	0,03762	0,01188	0,00047
Тополь	0,0000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Ива	0,0004	0,001	0,001	0,0015	0,0016	0,0015	0,00010	0,00003	0,00001	0,00000
Итого лиственных	20,0857	33,693	28,434	82,2139	52,0009	49,4132	2,46567	0,77342	0,27756	0,00695
Береза куст.	0,0173	0,028	0,010	0,0560	0,0234	0,0489	0,00405	0,00136	0,00047	0,00001
Кедр. стланник	0,0000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Итого куст.	0,0173	0,028	0,010	0,0560	0,0234	0,0489	0,00405	0,00136	0,00047	0,00001
Итого лесов	58,4846	140,002	136,210	334,6969	256,8299	233,6465	18,02640	6,12548	2,24156	0,02861
Итого НЛЗ	2,3182	13,266	6,599	22,1835	16,4139	16,7264	3,31588	0,77872	0,28873	0,00224
Болота	3,8687	25,270	21,836	50,9753	45,8817	35,4043	0,01527	1,65998	0,56674	0,00053
Травы	1,7014	20,415	27,308	49,4241	38,6802	36,7721	0,00053	3,69166	1,19203	0,00348
Кустарники	1,6310	6,317	7,183	15,1304	13,8283	10,5004	0,00028	0,49184	0,18531	0,00107
Всего по краю	68,3883	216,332	209,131	493,8513	378,3626	345,0413	21,36394	12,90857	4,52303	0,03708

Примечание: КЗП — классы земельного покрова, ЧПП — чистая первичная продукция, размещенная в фитомассе надземной части экосистем (НЧ), в зеленых (ЗЧ) и подземной (ПЧ) частях экосистем; ДЕК — поток углерода вследствие разложения крупных древесных остатков; ПГИД и ПЛИТ — поток углерода в гидросферу и литосферу; N₂O — потоки закиси азота; АД — автотрофное, ГД — гетеротрофное дыхание.

**Плотность (средние значения на 1 га) потоков углерода
и азота в экосистемах края**

КЗП	Площадь, га	ЧПП				Почва		ДЕК	ПГИД	ПЛИТ	N ₂ O
		НЧ	ЗЧ	ПЧ	Всего	АД	ГД				
Пахотные земли	1855049,80	0,0000	3,029	2,274	5,303	1,586	2,937	0,00000	0,0322	0,0100	0,00026
Пастбища	534090,60	0,2183	1,847	2,442	4,508	1,357	2,362	0,01011	0,0381	0,0107	0,00017
Многолет. раст.	2299996,30	0,1165	1,938	1,944	3,999	1,331	2,296	0,00007	0,0351	0,0106	0,00025
Итого с-х земли	4689136,70	0,0820	2,359	2,131	4,573	1,435	2,557	0,00119	0,0343	0,0104	0,00024
Сосна	13303922,30	0,4615	1,253	1,050	2,764	2,468	2,382	0,23565	0,0419	0,0133	0,00031
Ель	6897397,95	0,4992	1,184	1,545	3,229	2,301	2,048	0,12521	0,0463	0,0180	0,00026
Пихта	6209153,10	0,5365	1,210	1,038	2,785	2,582	2,488	0,25589	0,0399	0,0132	0,00034
Лиственница	52230945,80	0,3308	1,088	1,103	2,522	2,043	1,763	0,15165	0,0690	0,0259	0,00018
Кедр	13666792,45	0,5993	1,252	1,397	3,249	2,440	2,257	0,14990	0,0454	0,0168	0,00029
Итого хвойных	92308211,60	0,4158	1,151	1,168	2,734	2,219	1,996	0,16853	0,0580	0,0213	0,00023
Береза	17882864,05	1,0661	1,789	1,492	4,347	2,729	2,587	0,12548	0,0411	0,0149	0,00036
Осина	1155506,50	0,8819	1,482	1,513	3,877	2,774	2,719	0,19181	0,0326	0,0103	0,00041
Тополь	0,00	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,0000	0,0000	0,00000
Ива	554,50	0,6738	0,971	1,031	2,676	2,889	2,775	0,17520	0,0500	0,0200	0,00036
Итого лиственных	19038925,05	1,0550	1,770	1,494	4,318	2,732	2,595	0,12950	0,0406	0,0146	0,00037
Береза куст.	29637,90	0,5850	0,954	0,350	1,889	0,790	1,650	0,13650	0,0458	0,0158	0,00020
Кедр. стланник	0,00	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,0000	0,0000	0,00000
Итого куст.	29637,90	0,5850	0,954	0,350	1,889	0,790	1,650	0,13650	0,0458	0,0158	0,00020
Итого лесов	111376774,55	0,5251	1,257	1,223	3,005	2,306	2,098	0,16185	0,0550	0,0201	0,00026
Итого НЛЗ	10836091,05	0,2139	1,224	0,609	2,047	1,515	1,544	0,30601	0,0719	0,0266	0,00021
Болота	26357685,25	0,1468	0,959	0,828	1,934	1,741	1,343	0,00058	0,0630	0,0215	0,00002
Травы	59441145,20	0,0287	0,344	0,459	0,832	0,651	0,619	0,00001	0,0621	0,0200	0,00006
Кустарники	8084842,95	0,2017	0,781	0,889	1,871	1,710	1,298	0,00003	0,0608	0,0229	0,00013
Всего по краю	220785675,70	0,3098	0,980	0,947	2,237	1,714	1,563	0,09676	0,0585	0,0205	0,00017

Примечание: Сокращения аналогичны таблице 21.

В целом по Сибири ежегодный чистый сток углерода в растительных экосистемах составляет ориентировочно около 220 млн т с экономической оценкой поглощения 3,1 млрд евро.

5.2. Экспериментальные оценки роли лесных экосистем Центральной Сибири в бюджете углерода

Леса представляют собой один из наиболее мощных резервуаров углерода — основного биогенного элемента планеты, и в значительной мере определяют функционирование биосферы. Наличие и получение новых региональных натуральных данных по параметрам углеродного цикла, расширение географии исследований необходимо для увеличения корректности оценок по запасам и потокам углерода в лесах России, в т. ч. и для целей прогноза изменения величины этих параметров и их баланса при потеплении климата и изменении лесопользования, что напрямую связано с реализацией задач, поставленных в рамках Парижского соглашения для выработки стратегии компенсации промышленных выбросов биологической фиксацией углерода.

Как уже было сказано выше, при анализе углеродного цикла лесные экосистемы рассматриваются как взаимодействующая система двух основных блоков: «растительность» и «почва», каждый из которых включает в себя систему субблоков, взаимодействующих между собой и с атмосферой. Для оценки возможных изменений в бюджете углерода лесных территорий при тех или иных сценариях необходимо достаточное количество данных по запасам и потокам углерода в этих компонентах лесных экосистем.

Анализ литературы показывает, что для территории Центральной Сибири наибольшее количество данных имеется для фитомассы древостоя (рис. 13), в то время как информации по фитомассе живого напочвенного покрова и запасам лесной подстилки существенно меньше. По запасам крупных древесных остатков (КДО) и органического вещества почвы также имеется гораздо меньше данных. Наибольшее количество

исследований проводилось в сосновых и лиственничных лесах. Пихтарники, ельники, березняки, осинники и кедровые леса охвачены исследованиями в гораздо меньшей степени.

В литературе для Центральной Сибири имеется очень мало данных по запасам биомассы в компонентах лесных экосистем, испытывавшим воздействие пожаров, рубок, нарушенных насекомыми-вредителями или техногенным загрязнением.

Анализ публикаций показывает, что исследованиями запасов углерода были охвачены таежные леса, лесостепные и степные районы юга Центральной Сибири. В большинстве случаев объектом внимания служила надземная фитомасса. Наибольшее количество данных собрано для сосновых лесов Приенисейской Сибири (Поздняков и др., 1969; Елагин, 1975; Поздняков, 1975, 1983; Митрофанов, 1977; Плешиков, Батин, 1984; Гордина, 1985; Митрофанов и др., 1986; Аткина, 1990; Панов, 2010 и др.), юго-восточной части Западно-Сибирской равнины (Игнатьева, 1968, 1971; Габеев, 1976, 1988, 1990), южно-таежной подзоны бассейна р. Ангара (Кулагина, 1978, 1986; Леса..., 1977; Лащинский, 1981; Жила, 2013; Иванова и др., 2016 и др.), островных лесостепей Красноярского края (Чагина, 1970, 1976; Протопопов, 1971; Плешиков, 1975; Семечкина, 1978; Ведрова, 1980; Шугалей, 1998; Литвинова, 2009 и др.). Меньше данных для лиственничников северной (Паутова, 1976; Митрофанов, 1983; Абаимов и др., 1997; Прокушкин и др., 2006, 2011; Прокушкин, Зырянова, 2017 и др.), средней (Кутафьев, Митрофанов, 1973; Митрофанов, 1983; Красиков, 1985, 1987 и др.) и южной тайги (Фалалеев, 1985; Шевелев, 1998, 2001; Литвинова, 2009 и др.).

Для некоторых категорий лесных экосистем имеются данные по запасам органического вещества в отдельных компонентах деструкционного звена (в крупных древесных остатках, лесной подстилке, органическом веществе почвы), которые могут быть использованы для расчетов запасов углерода в этих блоках и оценки динамики этих запасов при естественном развитии лесных экосистем и при различных нарушениях. Так, для лиственничников северной тайги есть данные по запасам

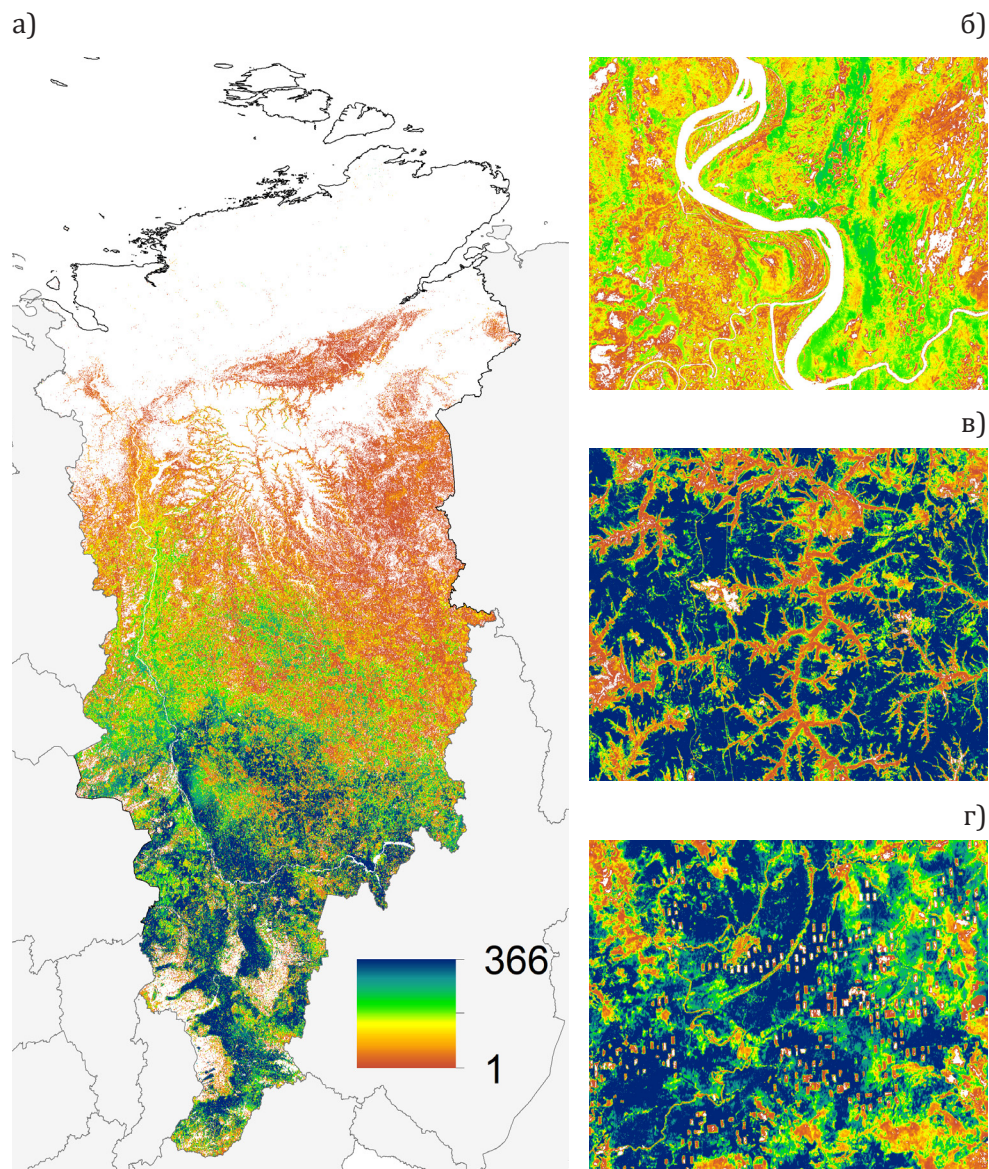


Рис. 13. Запасы надземной фитомассы деревьев (т/га) в лесах Красноярского края в 2020 г. по данным ESA CCI Biomass (<https://climate.esa.int/en/projects/biomass/>). а) край целиком; б) более крупный масштаб в районе 87° в.д., 66° с.ш.; в) 96° в.д., 60 с.ш.; д) 100° в.д., 59° с.ш.

и фракционному составу лесной подстилки, запасам углерода в почве (Прокушкин и др., 2006; Богданов, Прокушкин, 2015; Прокушкин, Зырянова, 2017; Безкоровайная, Климченко, 2017; Сергеева и др., 2020), по запасам КДО (Прокушкин и др., 2011; Mukhortova et al., 2021). Для средней тайги существуют данные по запасам подстилки и КДО (Поздняков, 1969; Горбатенко, 1970; Гордина, 1979, 1985; Красиков, 1985, 1987; Koshurnikova et al., 2015; Полосухина, Прокушкин, 2017). По запасам подстилки есть некоторые данные для южно-таежных лесов (Перевозникова, Баранчиков, 2002; Краснощеков и др., 2007; Иванова и др., 2016), для лесостепной зоны (Семечкина, 1978; Кузьмина, Спицина, 1984; Шугалей, 1998; Безкоровайная и др., 2010) и для горно-таежных лесов (Поздняков, 1969; Кузиков, 1979; Кузиков, Грибов, 1988; Ведрова, Чагина, 1980).

Для территории исследования (Центральная Сибирь) в настоящее время имеются данные по бюджету углерода в старовозрастных (спелых и перестойных) лесах притундровой, северо-таежной (Лесные экосистемы..., 2002; Vedrova et al., 2006), среднетаежной (Трефилова, 2006; Трефилова и др., 2009, 2011) и южно-таежной зон (Кошурникова, 2007; Ведрова, Кошурникова, 2007; Жила, 2013). Результаты исследований основных параметров бюджета углерода этих экосистем показывают, что особенностью старовозрастных бореальных лесов Сибири является аккумуляция на поверхности и в толще почвы медленно разлагающегося фитодетрита. В лесотундре запас углерода в фитодетрите в два раза превышает таковой в фитомассе древостоев. В северной тайге в фитомассе древостоя и в фитодетрите сосредоточены близкие запасы углерода. В березняках и лиственничниках южной тайги соотношение изменяется в пользу фитомассы древостоя, однако ее запас превышает таковой фитодетрита только в 2 раза. В южно-таежных пихтарниках запас органического вещества в фитомассе близок к таковому в фитодетрите. В сосняках южной подзоны тайги запасы древесной фитомассы более чем в 3 раза выше по сравнению с запасами фитодетрита.

В старовозрастных лесах значительная часть фитодетрита представлена крупными древесными остатками (сухостоем и валежом), которые

характеризуются низкой скоростью разложения. Благодаря замедленной скорости разложения существующих запасов фитодетрита и формированию нижних ярусов, старовозрастные леса не всегда становятся источником углерода. Было установлено, что в спелых и перестойных пихтарниках, березняках и лиственничниках южной подзоны тайги интенсивность продукционных процессов выше, чем деструкционных (Жила, 2013; Ведрова и др., 2018). Северные леса также функционируют как сток для углерода атмосферы, наибольшая аккумуляция органического углерода происходит в растительности напочвенного покрова и в фитодетрите, и только 9% приходится на фитомассу древостоя (Ведрова и др., 2018).

Сокращение покрытой лесом площади из-за рубок и пожаров, отчуждение лесных земель под разные виды строительства, разрушение лесных экосистем под воздействием техногенного загрязнения могут существенно снижать аккумуляцию углерода растительным покровом.

Результаты исследований основных параметров бюджета углерода в послепожарных лиственничниках северной тайги (65° с.ш.) показывают, что березовый древостой, формирующийся на месте сгоревшего лиственничного древостоя, может служить источником углекислого газа для атмосферы в отличие от спелых и перестойных лиственничников, которые служат стоком: в таком нарушенном лесу интенсивность возврата С в атмосферу в результате гетеротрофного разложения растительного детрита в 2,5 раза превышает поглощение углерода атмосферы на ассимиляцию в продукции (Климченко, 2005).

Исследования в послепожарных сосновых и лиственничных лесах южной тайги (Нижнее Приангарье) выявили прямую связь между интенсивностью пожара и величиной отпада в древостое. После пожаров высокой интенсивности отпад деревьев составляет более 60% в сосняках и до 50% в лиственничниках. Основной отпад деревьев происходит в течение первых 2–3 лет после пожара. Динамика надземной живой древесной фитомассы в таких нарушенных пожаром лесах также определяется интенсивностью горения. После пожаров высокой интенсивности запасы живой надземной фитомассы могут снижаться на 70%. Установлено,

что после воздействия пожара высокой интенсивности экосистемы южно-таежных сосняков и лиственничников становятся источником углерода в атмосферу. После пожара низкой интенсивности сохраняется полог древостоя и частично живой напочвенный покров, что позволяет таким лесам оставаться стоком для углерода атмосферы (Жила, 2013).

Исследования динамики бюджета углерода послерубочных восстановительных рядов среднетаежных сосняков (60°53' с.ш.; 89°38' в.д.) установили, что сосновые насаждения разного возраста служат резервуаром для накопления значительных запасов углерода (от 68 до 200 т С га⁻¹). Анализ соотношения интенсивности продукционных и деструкционных процессов в этих экосистемах показал, что сосняки одного возраста могут функционировать и как сток, и как источник углерода атмосферы. Это определяется в основном интенсивностью фотосинтетической ассимиляции, т. е. количеством фотоассимилирующей фитомассы (Трефилова, 2006).

В кедрово-елово-пихтовых лесах южной подзоны тайги (57° с.ш.) от 45 до 60% общего запаса С в сосредоточено в органическом веществе почвы. Анализ интенсивности продукционных и деструкционных процессов в послерубочных восстановительных рядах южно-таежных пихтарников показал, что к 50–60-летнему возрасту интенсивность затрат С атмосферы на продуцирование органического вещества превышает или находится в равновесии с минерализационным потоком углерода в атмосферу (Кошурникова, 2007; Ведрова и др., 2018).

В современных условиях промышленное загрязнение воздуха является одним из серьезных факторов нарушения естественных биогеохимических циклов в лесных экосистемах. Особенно уязвимы к такому воздействию лесные экосистемы Севера, для которых характерна низкая скорость продукции и деструкции органического вещества. Запасы углерода были определены в нарушенных лесных экосистемах, которые находятся в течение более 40 лет под воздействием промышленных выбросов Норильского промышленного комплекса (68.4–69.1° с.ш.; 88.4–89° в.д.). В этих экосистемах произошло изменение исходного

состава растительных ярусов. По мере увеличения интенсивности воздействия воздушного загрязнения снижаются запасы органического вещества из-за ослабления, вплоть до полной гибели, древостоя и подроста. В очень сильно нарушенных экосистемах биомасса древостоя на 75–90% представлена сухостоем. С увеличением степени воздействия воздушного загрязнения роль живой растительной биомассы в аккумуляции углерода уменьшается почти в 30 раз. При этом запасы С в древесном ярусе снижаются в 39 раз, а в напочвенном покрове — в 8 раз. Основным источником образования подстилки становится опад кустарников и травянистая растительность. Скорость разложения растительного детрита снижается почти в 2 раза, что позволяет экосистемам сохранять сбалансированность продукционных и деструкционных процессов, отмеченную ранее для ненарушенных экосистем лесотундры (Ведрова, Мухортова, 2014).

Исследования влияния пожара средней и высокой интенсивности на бюджет углерода сосняков подтаежно-лесостепного и таежного высотно-поясного комплексов Юго-Западного Прибайкалья (52°37' с.ш.; 106°47' в.д.) показали, что пожар средней интенсивности не приводит к катастрофическим изменениям пулов С в средневозрастных сосняках. В таежном сосняке через 5 лет после пожара высокой интенсивности пул С оставался на 20% ниже, чем в негоревшем варианте. Запасы С в фитомассе древостоя по сравнению с контролем уменьшаются на 18%, в напочвенном покрове — на 63%. Запасы С в фитодетрите снижаются в 2 раза из-за выгорания крупных древесных остатков (на 64%) и корневого детрита (на 50%) (Ведрова и др., 2012).

В лесных экосистемах Восточного Прибайкалья пул С в незатронутых рубками пихтарнике чернично-зеленомошном (51.3° с.ш.; 105.5° в.д.) и сосняке брусничном (52.3° с.ш.; 107.6° в.д.) на 50–60% представлен органическим веществом фитомассы. Вырубка древостоя снижает долю фитомассы в общем пуле углерода в 3–6 раз. За 60 лет запасы С в сосняках могут восстанавливаться почти до 70%, а в пихтарнике — только до 10% от дорубочного уровня. На свежей вырубке запасы С в почве превышают запасы С в фитомассе в 5 и 16 раз в сосняке и пихтарнике, соответственно.

К возрасту 50–60 лет соотношение запасов С в фитомассе и почве сосняка достигает уровня ненарушенного насаждения, в то время как в пихтарнике участие фитомассы в формировании пула С увеличивается, но не достигает уровня ненарушенной экосистемы (Ведрова и др., 2010).

Таким образом, пулы и потоки С в лесных экосистемах могут существенно изменяться при воздействии природных и антропогенных факторов (пожары, рубки, атмосферное загрязнение). Эти изменения во многих случаях могут приводить к ослаблению или нарушению углероддепонирующей способности этих экосистем и потерям углерода. Величина изменений и период времени, необходимый для восстановления этих функций, в значительной мере зависят от интенсивности воздействия деструктивного фактора, эколого-географических условий и от восстановительных возможностей экосистемы.

5.3. Оценка изменений бюджета углерода лесных экосистем за последние 20 лет на примере тестовых участков в средней тайге и в подтаежной зоне

Экспериментальные данные по запасам углерода в компонентах лесных экосистем, собранные при проведении полевых исследований и из литературных источников, позволили рассчитать изменения в бюджете углерода, произошедшие за последние 20 лет (2001–2021 гг.), на примере двух тестовых участков: в средней тайге (Байкитское лесничество) и в подтаежной зоне (Большемуртинское лесничество).

5.3.1. Объект и методы исследования: актуализация материалов лесоустройства и расчеты запасов углерода в компонентах лесных экосистем

Актуализация материалов лесоустройства на 2001 и 2021 годы на территории опытных полигонов

Байкитское лесничество

В качестве исходных материалов для проведения расчетов изменения запасов древесины на территории тестового полигона в Байкитском лесничестве была взята атрибутивная таблица ГИС с данными лесоустройства 1992 г. и космический снимок высокого разрешения 2021 г.

Принималось, что на нелесных площадях — болота, воды, усадьбы, каменистые россыпи и т. д. — характеристика за 20-летний период (с 2001 по 2021 гг.) не изменилась.

Изменения в конфигурации выделов 1992 г. выявляли посредством их сопоставления с космическим снимком 2021 г.

Актуализация возрастных (сукцессионных) изменений произведена по уравнениям регрессии — зависимости таксационного показателя (ТП) от возраста. Уравнения сформированы по данным массовой таксации Байкитского лесничества по преобладающим породам насаждений и группам увлажнения (автоморфные, мезоморфные, гидроморфные). Уравнения многофакторные, которые в качестве независимых переменных содержат: возраст A , относительную полноту древостоя P и высоту преобладающей породы h . Общий вид зависимости: $ТП = f(A, P, h)$. Расчетные значения таксационных показателей насаждений при необходимости корректировались на основе анализа описания лесотаксационного выдела и визуального анализа изображения на космических снимках.

Актуализация возраста на 2001 г. произведена посредством добавления 9 лет. Актуализация возраста на 2021 г. произведена посредством добавления 29 лет. Актуализация высот преобладающих пород деревьев выделов и запасов древостоев произведена по уравнениям регрессии $h = f(A)$, $M = f(P, h)$ (табл. 23). Уравнения сформированы отдельно для насаждений

в автоморфных, мезоморфных и гидроморфных условиях на основе данных массовой таксации Байкитского лесничества 1992 и 2005 гг. Типы леса были распределены по группам увлажнения следующим образом:

- автоморфные (лиственничники и ельники лишайниковые);
- мезоморфные (лиственничники, кедровники, ельники и березняки брусничные, злаковые, кустарничковые);
- гидроморфные (лиственничники кустарничково-моховые, сфагновые).

Корреляционный анализ показал отсутствие достоверной связи между полнотой древостоя и возрастом. Поэтому полнота древостоя на 2001 и 2021 гг. оставлена прежней, т. е. по состоянию на 1992 г. Отсутствует также корреляция между высотой и возрастом для ели в мезоморфной группе увлажнения.

Повыдельные данные, актуализированные по состоянию на 2001 г., содержатся в атрибутивной таблице ГИС. На основе этих данных сформирована карта опытного полигона, на которой отражены возраст и запас преобладающих пород насаждений. В легенде: Л(160)-100 означает — лиственничник 160 лет с запасом $100 \text{ м}^3/\text{га}$ (рис. 14А).

На вырубках и гарях 1992 г. к 2001 г. лесовосстановление уже завершилось:

- квартал 357 выдел 46 (брусничный тип леса), предположительно возобновилась лиственница;
- квартал 357 выделы 67, 79, 81 и квартал 358 выделы 43, 46 (кустарниковый тип леса), предположительно возобновилась береза.

Единичные деревья при лесоустройстве не учитывались и средний запас определялся только для древостоев (табл. 24).

Визуальное сличение конфигурации выделов с изображением на космическом снимке 2021 г. показало отсутствие насаждений, погибших со времени лесоустройства 1992 г. Конфигурация выделов поэтому сохранена. Все наблюдаемые изменения относятся к возрастным (табл. 25; рис. 14Б).

Средние запасы по группам возраста на 2001 и 2021 гг. приведены в табл. 26 и 27, соответственно.

Таблица 23

**Уравнения регрессии для древостоев
Байкитского лесничества $h = f(A)$, $M = f(P, h)$**

Насаждение	Уравнение регрессии	Количество наблюдений, n	Коэффициент детерминации, R^2
<i>Аутоморфные условия</i>			
Ельник	$h = -2,68171 - 0,00056*A^2 + 0,18234*A$	74	0,496
	$M = -54,771 + 165,9947*P + 4,7179*h - 50,6776*P^2$	74	0,957
Лиственничник	$h = -1,67458 + 0,17806*A - 0,00054*A^2$	1426	0,720
	$M = -65,7753 + 0,07*h^2 + 122,62*P + 5,4274*h + 88,4424*P^2$	1426	0,855
<i>Мезоморфные</i>			
Березняк	$h = 0,464696 + 0,298106*A - 0,001656*A^2$	3374	0,634
	$M = -43,0499 + 0,4006*h^2 + 110,0918*P - 15,9344*P^2 - 0,4042*h$	3374	0,926
Ельник	<i>Связь высоты и возраста древостоя отсутствует</i>	860	0,089
	$M = -153,682 + 103,896*P^2 + 12,858*h - 0,072*h^2 + 112,836*P$	860	0,904
Кедровник	$h = -0,163605 + 0,197626*A - 0,000505*A^2$	3977	0,452
	$M = -159,308 + 0,297*h^2 + 292,718*P^2 + 7,529*h + 94,319*P$	3977	0,845
Лиственничник	$h = 0,08134 + 0,214827*A - 0,000594*A^2$	22479	0,597
	$M = -116,625 - 0,035*h^2 + 117,589*P^2 + 9,323*h + 147,052*P$	22479	0,845
<i>Мезоморфные</i>			
Лиственничник	$h = -3,89551 + 0,25158*A - 0,00091*A^2$	3931	0,468
	$M = -38,1917 + 0,0439*h^2 + 254,9824*P^2 + 5,1005*h - 10,2654*P$	3931	0,886

Таблица 24

**Характеристика опытного полигона Байкитского лесничества
по состоянию на 2001 г.**

Категория земель	Количество выделов, шт.	Площадь, га	Породный состав	Средний возраст, лет	Средневзвешенный запас, м ³ /га
<i>Насаждение</i>					
Лиственничник	214	57617	10Л	158	137
Кедровник	4	805	10К	244	202
Ельник	6	1175	10Е	169	119
Березняк	9	2065	10Б	42	52
Ерник	31	2275	10ЕРН	20	10
<i>Не покрытые лесом земли</i>					
Редина	54	14495	10Л	169	75
<i>Нелесные земли</i>					
Усадьба	1	170			
Пески	3	115			
Гольцы	7	640			
Болото	3	145			
Каменистая россыпь	1	30			

Таблица 25

**Характеристика опытного полигона Байкитского лесничества
по состоянию на 2021 г.**

Категория земель	Количество выделов, шт.	Площадь, га	Породный состав	Средний возраст, лет	Средневзвешенный запас, м ³ /га
<i>Насаждение</i>					
Лиственничник	214	57617	10Л	178	138
Кедровник	4	805	10К	264	202
Ельник	6	1175	10Е	189	113
Березняк	9	2065	10Б	62	58
Ерник	31	2275	10ЕРН	20	10
<i>Не покрытые лесом земли</i>					
Редина	54	14495	10Л	189	75
<i>Нелесные земли</i>					
Усадьба	1	170			
Пески	3	115			
Гольцы	7	640			
Болото	3	145			
Каменистая россыпь	1	30			

Большемуртинское лесничество

Исходными материалами для расчетов и актуализации данных являлись атрибутивная таблица данных лесоустройства ГИС; космический снимок 2006 г. (года проведения лесоустройства); и космический снимок 2021 г.

Также принималось, что на нелесных площадях — болота, воды, усадьбы, каменистые россыпи и т. д. — характеристика за 20-летний период (с 2001 по 2021 гг.) не изменилась.

В данном районе изменения в конфигурации выделов могут быть результатом внешних воздействий — рубок, пожаров, вредителей. Контурное дешифрирование (корректировка конфигурации и площадей лесотаксационных выделов) произведена по космическим снимкам посредством сличения лесоустроительных выделов 2006 г. с изображением вновь появившихся участков гарей, вырубок. Аналитическое дешифрирование таксационных показателей произведено с учетом даты рубки, пожара (из материалов лесоустройства) и периода лесовосстановления (из литературных источников).

Актуализация возрастных изменений древостоев произведена по уравнениям регрессии — зависимости таксационного показателя (*ТП*) от возраста. Уравнения сформированы по данным массовой таксации всего лесничества по насаждениям и группам типов леса. Уравнения многофакторные, которые в качестве независимых переменных содержат: возраст *A*, относительную полноту древостоя *P* и высоту преобладающей породы *h*. Общий вид зависимости: $ТП = f(A, P, h)$. Расчетные значения таксационных показателей насаждений при необходимости корректировались на основе анализа описания лесотаксационного выдела и аналитического дешифрирования космических снимков.

Актуализация возраста на 2001 г. произведена посредством вычитания 5 лет. Актуализация возраста на 2021 г. произведена посредством добавления 15 лет. Актуализация высот преобладающих пород деревьев выдела и запаса древостоя произведена по уравнениям

**Распределение площадей и средних запасов древостоев
по группам возраста в Байкитском лесничестве
по состоянию на 2001 г.**

Древостой	Молодняки		Средне-возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные	
	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га
Лиственничник	2480	39	-	-	4200	130	50937	142
Кедровник	-	-	-	-	-	-	805	202
Ельник	-	-	-	-	-	-	1175	119
Березняк	316	10	-	-	-	-	2065	84
Ерник	-	-	-	-	-	-	2275	10
Итого хвойных	92308211,60	0,4158	1,151	1,168	2,734	2,219	1,996	0,16853

**Распределение площадей и средних запасов древостоев
по группам возраста по состоянию на 2021 г.**

Древостой	Молодняки		Средне-возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные	
	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га
Лиственничник	60	33	2420	69	-	-	55137	141
Кедровник	-	-	-	-	-	-	805	202
Ельник	-	-	-	-	-	-	1175	119
Березняк	-	-	895	24	-	-	1170	84
Ерник	-	-	-	-	-	-	2275	10
Итого хвойных	92308211,60	0,4158	1,151	1,168	2,734	2,219	1,996	0,16853

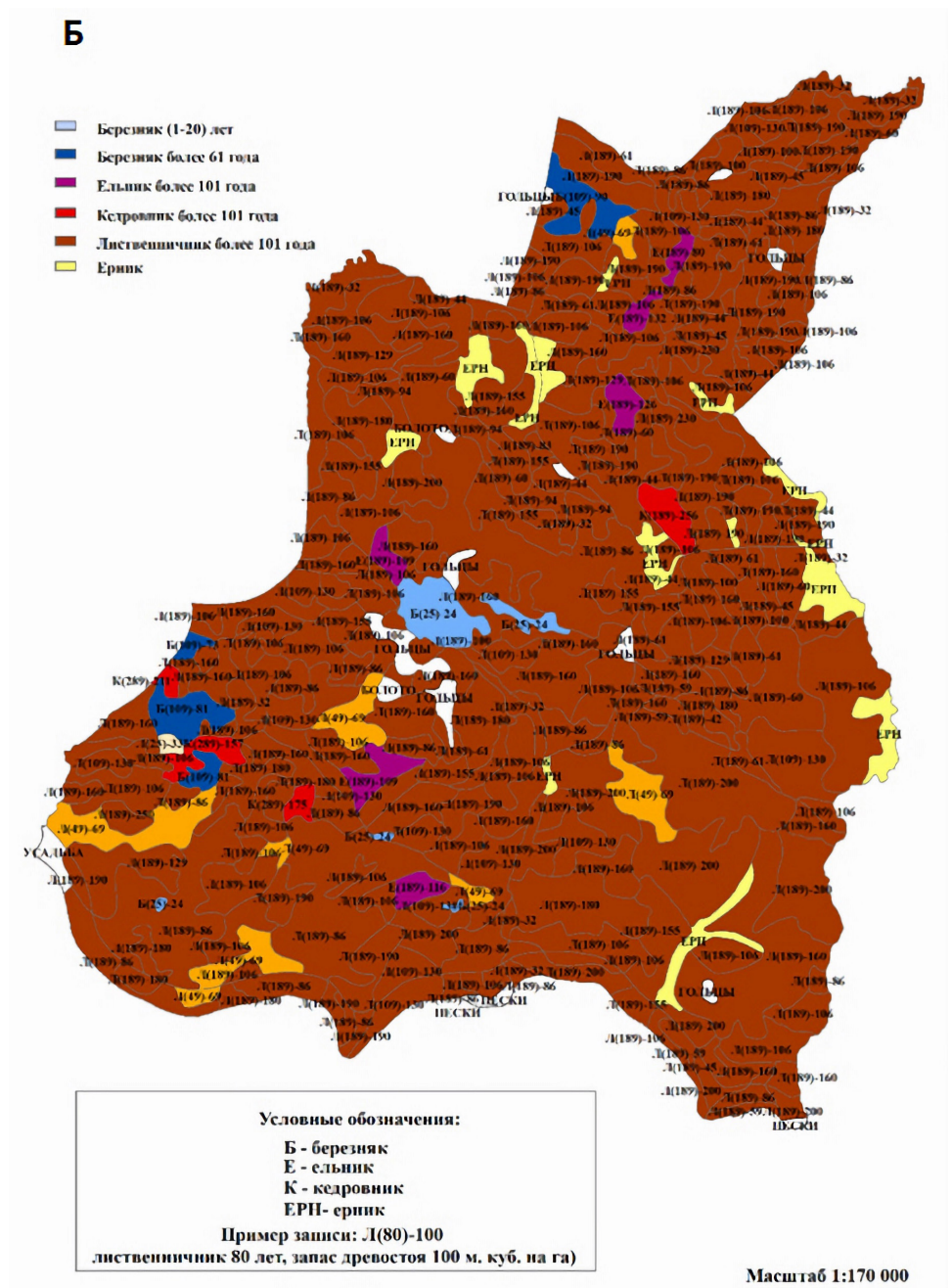
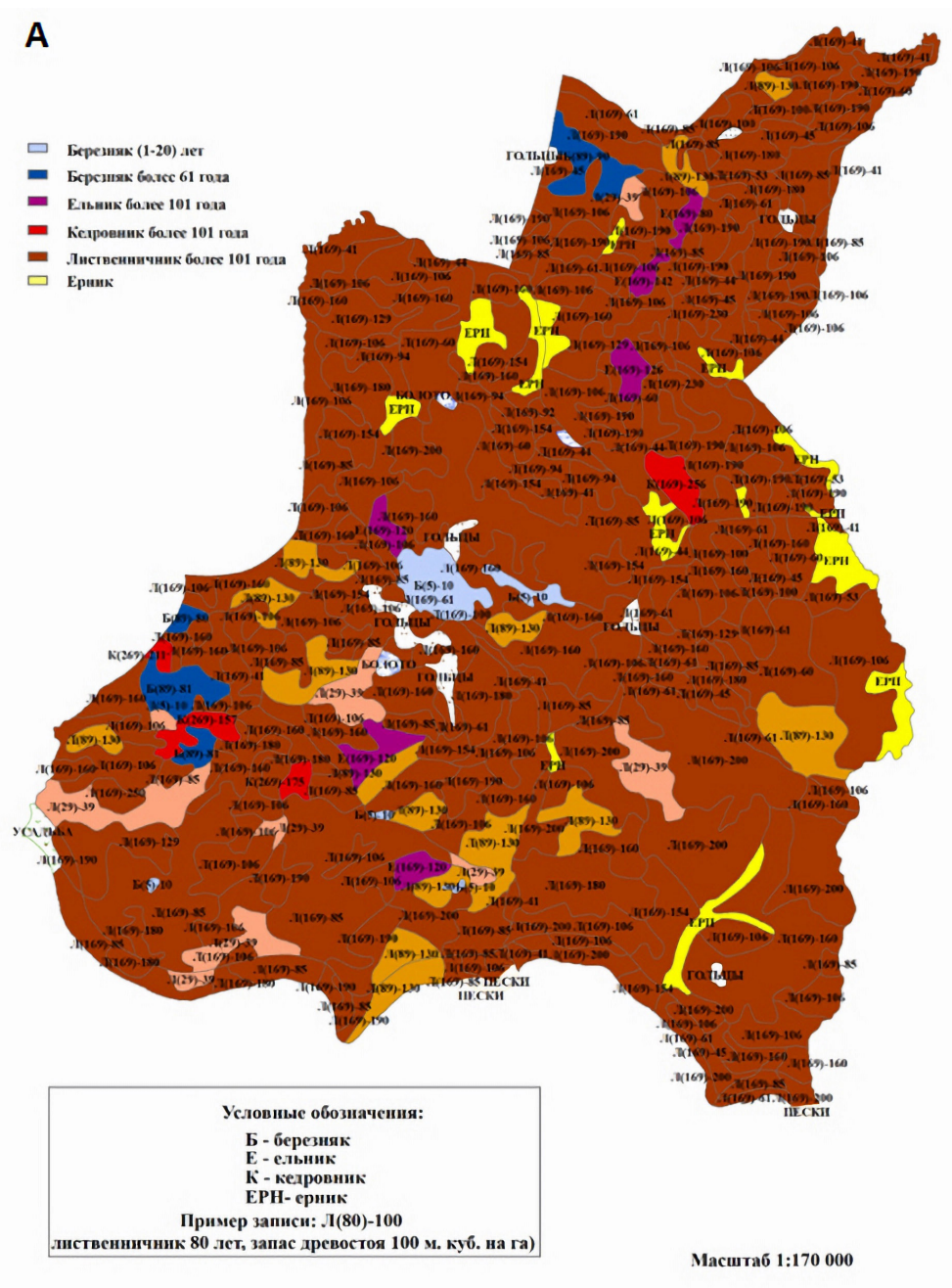


Рис. 14. Насаждения опытного полигона в Байkitском лесничестве с характеристикой по состоянию на 2001(А) и 2021 (Б) гг.

регрессии $h = f(A)$, $M = f(P, h)$ (табл. 28). Уравнения сформированы по группам типов леса на основе данных массовой таксации Большемуртинского лесничества 2006 г. На территории опытного полигона зафиксированы следующие группы:

- зеленомошная (ельники и сосняки);
- разнотравная (березняки, ельники, кедровники, осинники, пихтарники, сосняки);
- сфагновая (ельники).

Корреляционный анализ показал отсутствие связи между полнотой древостоя и возрастом. Поэтому полнота древостоя на 2001 и 2021 гг. оставлена прежней, т. е. по состоянию 2006 г.

Повыдельные данные, актуализированные по состоянию на 2001 г., содержатся в атрибутивной таблице ГИС. На основе этих данных сформирована карта опытного полигона, на которой отражен возраст преобладающих пород насаждений и запас. Например, С(100)-120 означает сосняк 100 лет с запасом 120 м³/га (рис. 15А).

В 2004 г. на территории опытного полигона появились две вырубki. Полигоны этих вырубok объединены с полигонами выделов, в которых произведена рубка. Характеристика дорубочного насаждения принята, как и у насаждения выдела, с которым произведено объединение. Кроме того, на двух прогалинах произведена посадка лесных культур. В материалах лесоустройства эти прогалины уже были отмечены как несомкнувшиеся лесные культуры. Конфигурация выделов в этом случае не изменена. Сомкнувшиеся лесные культуры добавлены в общую покрытую лесом площадь. Запас единичных деревьев и запас древостоя выдела суммировались (табл. 29).

За период с 2006 по 2021 гг. посредством сличения космических снимков выявлены:

- выборочные рубки, результатом которых стало снижение полноты и запаса;
- сплошные рубки со сменой категории земель с насаждения на вырубку.

Произведена коррекция контуров выделов посредством их дробления или, наоборот, объединения. Все прочие изменения в описании лесотаксационных выделов связаны с увеличением возраста (рис. 15Б, табл. 30).

Распределение площадей и средних запасов древостоев по группам возраста по состоянию на 2001 и 2021 гг. приведены в табл. 31 и 32.

Методы расчета запасов углерода на 2001 и 2021 гг. на территории опытных полигонов в Байкитском и Большемуртинском лесничествах

Запасы фитомассы отдельных компонентов древесного яруса рассчитывали на основе данных по запасам стволовой древесины (уточненные данные лесоустройства) с помощью конверсионных коэффициентов (Schepaschenko et al., 2018) с учетом зоны, породного состава и возраста древостоя для каждого конкретного выдела. Объемы КДО были рассчитаны на основе конверсионных коэффициентов (Shvidenko et al., 2022), представляющих собой отношение запаса отдельных фракций КДО (сухостой, валеж) и запаса древостоя с учетом древесной породы, возраста, бонитета и зоны. Пересчет на запасы углерода проводили с учетом базисной плотности отдельно для сухостоя и валежа и содержания в них углерода.

Запасы фитомассы живого напочвенного покрова, запасы лесной подстилки и органического вещества почвы определяли на основе данных, полученных для экспериментальных пробных площадей, имеющих для региона исследований, с учетом типа леса и его возраста.

Для Байкитского лесничества были использованы экспериментальные данные для 15 пробных площадей, исследованных в период 2015–2021 гг. Эти пробные площади характеризуют лиственничники голубично-зеленомошные, мелкотравно-зеленомошные, кустарничково-лишайниковые и заболоченные лиственничные редины голубично-хамедафно-зеленомошные, березняки кустарничково-зеленомошные и чернично-хвощовые, кедровники и пихтарники кустарничково-зеленомошные. Запасы углерода в живом напочвенном покрове

**Уравнения регрессии для древостоев
Большемуртинского лесничества $h = f(A)$, $M = f(P, h)$**

Насаждение	Уравнение регрессии	Количество наблюдений, n	Коэффициент детерминации, R^2
<i>Зеленомошная группа типов леса</i>			
Ельник	$h = 22,07481 + 0,00044*A^2 - 0,06593*A$	189	0,282
	$M = -184,92 + 237,607*P + 9,934*h + 84,747*P^2$	189	0,917
Сосняк	$h = 4,903079 + 0,259061*A - 0,000778*A^2$	105	0,683
	$M = -173,754 + 6,938*h + 220,122*P + 0,126*h^2 + 102,354*P^2$	105	0,871
<i>Разнотравная группа типов леса</i>			
Березняк	$h = 0,480182 + 0,427093*A - 0,002044*A^2$	5747	0,922
	$M = -109,055 + 0,93856*h + 253,669*P + 0,235*h^2 - 53,972*P^2$	5747	0,944
Ельник	$h = -1,57348 + 0,31392*A - 0,00099*A^2$	2276	0,900
	$M = -209,846 + 5,989*h + 502,692*P + 0,101*h^2 - 191,079*P^2$	2276	0,936
Кедровник	$h = -0,194072 + 0,201494*A - 0,000448*A^2$	1267	0,943
	$M = -328,271 + 7,342*h + 925,244*P - 571,764*P^2 + 0,189*h^2$	1267	0,937
Осинник	$h = 0,195027 + 0,479632*A - 0,002346*A^2$	2576	0,952
	$M = -177,812 + 0,88*h + 387,532*P + 0,314*h^2 - 105,609*P^2$	2576	0,930
Пихтарник	$h = -2,71105 + 0,33753*A - 0,00113*A^2$	5140	0,932
	$M = -162,919 + 1,965*h + 413,007*P + 0,237*h^2 - 125,105*P^2$	5140	0,954
Сосняк	$h = 1,737016 + 0,322789*A - 0,000966*A^2$	2746	0,880
	$M = -215,935 + 6,506*h + 466,344*P - 137,761*P^2 + 0,099*h^2$	2746	0,930
<i>Сфагновая группа типов леса</i>			
Ельник	$h = 0,777371 + 0,153184*A$	16	0,770
	$M = 35,231 + 578,555*P^2 + 7,449*h - 374,35*P$	16	0,978

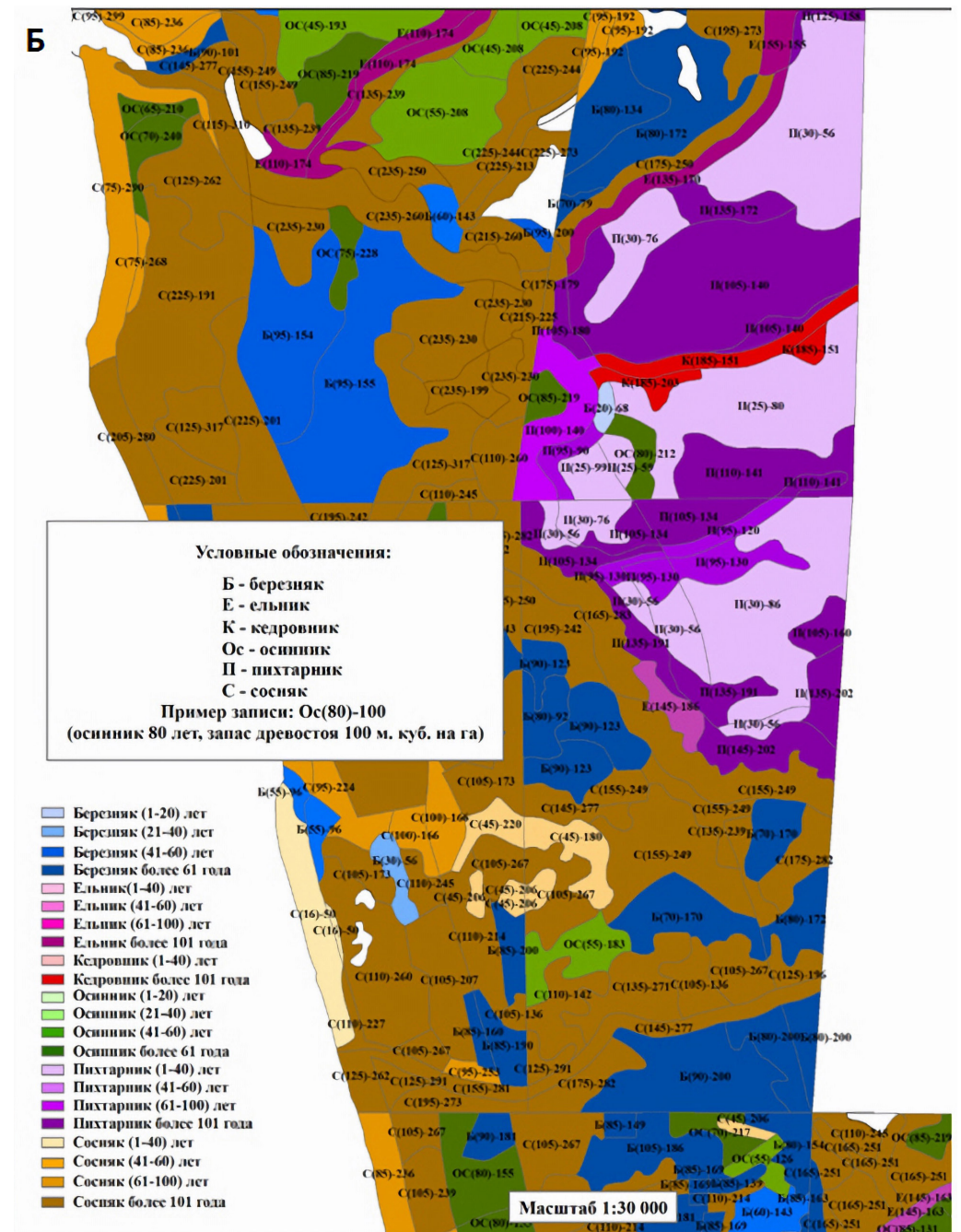
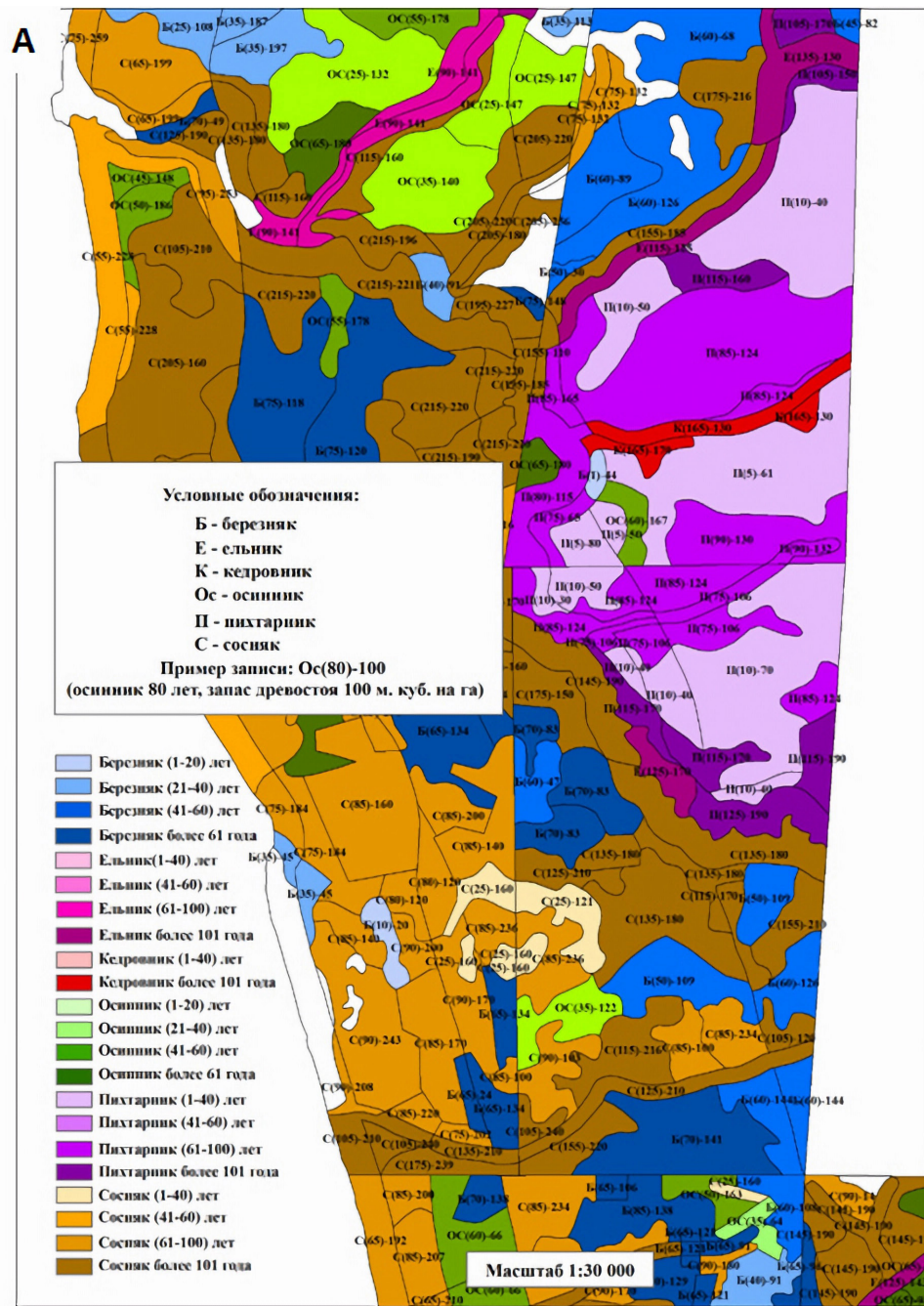


Рис. 15. Насаждения опытного полигона в Большемуртинском лесничестве с характеристикой по состоянию на 2001 (А) и 2021 г. (Б) (фрагмент)

Таблица 29

**Характеристика опытного полигона
Большемуртинского лесничества по состоянию на 2001 г.**

Категория земель	Количество выделов, шт.	Площадь, га	Породный состав	Средний возраст, лет	Средневзвешенный запас, м ³ /га
<i>Насаждение</i>					
Сосняк	345	5464	5,9С4,1(Е,П,Б,Ос)	107	207
Кедровник	6	48	4,2К5,8(Е,П,Б,Ос)	140	163
Ельник	25	294	4,0Е5,0(П,С,Б,Ос)	108	155
Пихтарник	71	1376	4,6П5,4(Е,Б,Ос)	83	141
Березняк	148	3406	5,8Б4,2(Ос,С,Е,П)	59	121
Осинник	143	3493	6,4Ос3,6(Б,С,Е,П)	69	188
Ивняк	1	10	7Ив1Ос1Б1С+Т	15	70
<i>Нелесные земли</i>					
Пастбище	5	63			
Поселок	5	235			
Свалка	1	5			
Сенокос	31	191			15
Склад	3	22			
Усадьба	9	35			

Таблица 30

**Характеристика опытного полигона
Большемуртинского лесничества по состоянию на 2021 г.**

Категория земель	Количество выделов, шт.	Площадь, га	Породный состав	Средний возраст, лет	Средневзвешенный запас, м ³ /га
<i>Насаждение</i>					
Сосняк	357	5485	6,0С4,0(Е,П,Б,Ос)	125	253
Кедровник	6	48	4,2К5,8(Е,П,Б,Ос)	160	201
Ельник	25	294	4,0Е5,0(П,С,Б,Ос)	128	190
Пихтарник	71	1348	4,6П5,4(Е,Б,Ос)	103	156
Березняк	149	3349	5,8Б4,2(Ос,С,Е,П)	79	172
Осинник	145	3448	6,4Ос3,6(Б,С,Е,П)	89	226
Ивняк	1	10	7Ив1Ос1Б1С+Т	15	70
<i>Нелесные земли</i>					
Пастбище	5	63			
Поселок	5	235			
Свалка	1	5			
Сенокос	31	191			15
Склад	3	22			
Усадьба	9	35			

**Распределение площадей и средневзвешенных запасов
древостоев по группам возраста в Большемуртинском
лесничестве по состоянию на 2001 г.**

Древостой	Молодняки		Средне- возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные	
	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га
Сосняк	185	191	1567	219	1011	195	2701	207
Кедровник	2	61	-	-	-	-	46	167
Ельник	9	37	3	70	46	141	236	163
Пихтарник	409	57	183	154	237	126	547	199
Березняк	45	20	1438	120	618	108	1305	133
Осинник	9	70	384	136	626	162	2474	203

**Распределение площадей и средневзвешенных запасов
древостоев по группам возраста в Большемуртинском
лесничестве по состоянию на 2021 г.**

Древостой	Молодняки		Средне- возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные	
	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га	Площадь, га	Запас, м ³ /га
Сосняк	47	59	1049	267	695	258	3694	251
Кедровник	-	-	2	96	-	-	46	210
Ельник	-	-	12	78	-	-	282	194
Пихтарник	363	73	56	107	173	177	756	196
Березняк	4	68	95	109	672	176	2578	174
Осинник	-	-	167	174	109	181	3172	230

варьируют в этих лесах от 1,3 до 7,5 т/га, в составе подстилки аккумулировано от 8,3 до 41,0 т С/га, а в органическом веществе почвы сосредоточено от 28,3 до 118,4 т С/га.

Для района Большемуртинского лесничества были собраны литературные и собственные экспериментальные данные для 79 пробных площадей по запасам живого напочвенного покрова, для 93 пробных площадей — по запасам подстилки и для 24 пробных площадей — по запасам органического углерода в метровом слое почвы. Эти пробные площади представляют собой ненарушенные сосняки, лиственничники, пихтарники, ельники, березняки и осинники и лесные экосистемы разного возраста, восстанавливающиеся после пожаров и рубок.

5.3.2. Изменения запасов углерода в лесах на примере тестовых полигонов в средней тайге и в подтаежной зоне Центральной Сибири

На опытном полигоне в Байкитском лесничестве 73% покрытой лесом площади представлено лиственничными лесами. Территория исследований характеризуется преобладанием старовозрастных лесов: на долю спелых и перестойных древостоев здесь приходится более 88% общей площади, покрытой лесной растительностью.

В общей структуре запасов углерода около 37% общих запасов приходится на органическое вещество почвы, еще 18% от общих запасов приходится на лесную подстилку. В фитомассе древостоя заключено 38%, а на долю древесного детрита (сухостой + валеж) приходится около 4% общих запасов углерода.

За прошедшие 20 лет на опытном полигоне наблюдалось закономерное изменение возрастной структуры насаждений: произошло уменьшение площадей молодых лиственничников и соответствующее увеличение площадей, занятых средневозрастными лиственничными древостоями (2,420 тыс. га). Также на 4,2 тыс. га увеличились площади

спелых и перестойных лиственничников за счет перехода в эту категорию соответствующих площадей приспевающих лесов (рис. 14А и 14Б). Таким образом, к 2021 г. площадь спелых и перестойных лесов увеличилась на 6% и составила уже до 94% общей покрытой лесом площади. Эти изменения в структуре сопровождались общим увеличением запаса насаждений на 77,87 тыс. м³.

Общие запасы углерода в фитомассе стволов увеличились на 51,78 тыс. т или на 2,2% от таковых в 2001 г., фитомасса ветвей увеличилась на 22,27 тыс. т С или на 7,4%, а фитомасса хвои/листвы на 2,02 тыс. т С или 3% от исходной в 2001 г. Запасы углерода в фитомассе живого напочвенного покрова увеличились на 10,94 тыс. т. Всего запасы углерода в наземной фитомассе увеличились на 92,14 тыс. т или на 2,8%. Дополнительно 40,9 тыс. т С было аккумулировано в валеже. Запас валежной древесины увеличился за 20 лет на 14,4%, сухостоя — на 5,6%. Запас углерода подстилок увеличился на 16,47 тыс. т, что составляет менее 1% от запасов углерода в этом компоненте в 2001 г. Запасы углерода в органическом веществе почвы увеличились на 1,1%, что составило 43,73 тыс. т С.

В целом, за 20 лет на территории исследования было аккумулировано 279,38 тыс. т С (2,7% исходного запаса в 2001 г.), что эквивалентно в среднем 1,71 т С/га. На долю живой древесной фитомассы приходится около 58% этой аккумуляции. В древесном детрите (сухостой и валеж) аккумулировано 14,6%, а в органическом веществе почвы и подстилки — 15,7 и 5,9% этого количества, соответственно. Наблюдаемая динамика характерна для лесов с преобладанием спелых и перестойных древостоев, где заметную роль играют процессы изреживания и увеличения отпада.

Поскольку запасы мертвой древесины не могут увеличиваться сами по себе, а являются лишь продуктом отмирания живых деревьев, то количество углерода, поступившего в пул древесного детрита, характеризует соответствующие потери из пула живой древесной фитомассы. Это значит, что реальный прирост стволовой древесины за 20 лет, т. е. поглощение атмосферного углерода и его долгосрочное депонирование

в стволовой древесине, представляет собой сумму наблюдаемого увеличения живой фитомассы стволов и увеличения количества древесного детрита (сухостой+валеж).

Таким образом, при отсутствии значительных нарушений средняя скорость депонирования углерода в лесных экосистемах опытного полигона за последние 20 лет составила 85 кг С/га в год. Около 87% этого количества приходится на пулы с длительным временем оборота (живая и мертвая древесина и органическое вещество почвы).

На опытном полигоне в Большемуртинском лесничестве около 39% территории представлено сосновыми лесами, на долю пихтовых, еловых и кедровых лесов приходится 9, 2 и 0,3% территории, соответственно. Лиственные леса занимают около 49% территории: на долю березовых и осиновых лесов приходится по 24% общей площади полигона. В 2001 г. на долю спелых и перестойных лесов приходилось около 50% лесопокрытой площади опытного полигона, средневозрастные леса занимали 25%, а приспевающие 18% покрытой лесом территории (рис. 15А). За 20 лет площадь спелых и перестойных лесов увеличилась почти в 1,5 раза (до 75% территории), а площадь, занятая средневозрастными и приспевающими древостоями, уменьшилась на 15 и 6%, соответственно (рис. 15Б). Общий запас древостоя за это время увеличился на 25% (на 585,64 тыс. м³).

В общей структуре запасов углерода на долю органического вещества почвы здесь приходится около 57%. Вклад лесной подстилки составляет только 5% общих запасов. В фитомассе древостоя заключено около 33%, а на долю древесного детрита приходится около 3%.

За последние 20 лет общие запасы углерода в надземной фитомассе древостоя увеличились на 23,6% (на 141,93 тыс. т С). При этом запасы углерода в фитомассе стволов и ветвей увеличились на 25,6 и 17,6%, а запасы С в зеленой части фитомассы деревьев (хвоя, листья) снизились почти на 6%. Запасы углерода в древесном детрите на поверхности почвы увеличились на 43,7%, что составило 17,6 тыс. т С, а запасы сухостоя увеличились на 31,5% (10,62 тыс. т С). Запасы углерода в органическом

веществе почвы и в составе лесной подстилки увеличились на 5 и 3%, соответственно, что составило всего 65,65 и 4,05 тыс. т С за 20 лет.

В целом, общие запасы углерода на территории опытного полигона увеличились на 257,42 тыс. т, что составляет 11,3% от запасов, рассчитанных по состоянию на 2001 г. В среднем скорость аккумуляции углерода в этих лесах составила 1,08 т С/га в год. До 63% этой аккумуляции обеспечивает прирост живой фитомассы древостоя. Дополнительно около 25% аккумулируется в органическом веществе почвы. В подтаежной зоне на аккумуляцию в древесном детрите приходится около 11%.

Выборочные и сплошные рубки, проведенные в течение анализируемого периода, занимают менее 1% лесных площадей опытного полигона в Большемуртинском лесничестве, поэтому их влияние на запасы и аккумуляцию углерода минимально.

Сравнительный анализ аккумуляции углерода в лесах различных лесообразователей показал, что наиболее интенсивная аккумуляция углерода наблюдается в березовых и еловых лесах. За 20 лет здесь аккумулировалось 58 и 40,5 т С/га, что составляет, соответственно, 2,9 и 2,0 т С/га в год. В пихтарниках и сосняках скорость аккумуляции несколько ниже и составляет 0,82 и 0,69 т С/га в год.

Таким образом, в отсутствие значительных нарушений для территорий средней тайги и подтайги характерна значительная аккумуляция углерода в живой фитомассе и в растительном детрите, несмотря на преобладание спелых и перестойных древостоев в этих районах. Скорость аккумуляции в подтаежной зоне почти в 13 раз превосходит таковую, характерную для средней тайги (на опытном полигоне в Байкитском лесничестве). Это обусловлено тем, что большие площади в подтайге занимают быстрорастущие древесные виды, такие как береза и сосна, которые обеспечивают высокую скорость аккумуляции углерода в живой фитомассе, более молодой возрастной структурой, а также тем, что большие объемы и высокая скорость оборота растительного детрита обеспечивают значительную аккумуляцию органического вещества в почве.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными экспериментальных исследований на территории Центральной Сибири (Ведрова и др., 2018), где также отмечалось, что в спелых и перестойных лесах интенсивность продукционных процессов выше, чем деструкционных, и была показана значимая роль древесного детрита в аккумуляции и депонировании углерода в таких старовозрастных лесах.

6. ОЦЕНКА ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОЖИВАНИЯ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА

Защита прав коренных народов на их земли является острой комплексной проблемой в условиях промышленного освоения Севера (Клоков, 1997; Амосов и др., 2001; Территории..., 2005). В Сибири противоречия между разными группами населения в значительной мере обусловлены историческими факторами (Проблемы..., 1998).

В прошлом жизнь аборигенных народностей Сибири, населявших лесную зону, обеспечивалась за счет оленеводства, охоты и собирательства. Русские переселенцы, осваивавшие Сибирь в XVII–XIX столетиях, принесли этому населению огнестрельное оружие, металлические капканы, алкоголь, хлеб и другие привлекательные продукты цивилизации. Их получить было возможно почти исключительно в обмен на пушнину. В результате запасы последней были сильно истощены, бобр оказался практически уничтожен, соболь сохранился в ничтожном количестве. Важнейшим условием перепромысла был рост цен на пушнину по мере того, как соответствующие виды животных становились малочисленными, а промысел все менее результативным.

После Октябрьской революции произошло второе существенное вмешательство в жизнь аборигенного населения — принуждение его к оседлому образу жизни по политическим мотивам. Такой образ жизни был несовместим с кочевым оленеводством. Без перекочевки же обойтись было нельзя, поскольку пастбища оленей при систематическом выпасе быстро истощались. Оседлый образ жизни в этих условиях обеспечивался за счет завозимых из других районов страны потребительских товаров. В результате у аборигенного населения развились иждивенческие настроения и были утрачены прежние производственные навыки.

Третьим важным событием было промышленное освоение Сибири. Оно долгое время трактовалось как героическое покорение Севера. Это освоение в значительной степени осуществляли люди, рассматривавшие свою жизнь на Севере в качестве временной, как способ заработка денег.

Позже, перед началом современных экономических реформ, таких приехавших на заработки переселенцев стали неодобрительно называть временщиками. Их обоснованно обвиняли в пренебрежении интересами коренного населения и хищническом использовании природных богатств. Противоречие интересов временщиков и коренного населения было особенно очевидным.

В настоящее время возврат к полностью натуральному хозяйству, свойственному аборигенному населению края в XVII–XVIII веках, уже невозможен. Поэтому для сохранения присущей соответствующим этносам культуры природопользования необходимо предусматривать обеспечение сбыта товарной продукции, получаемой традиционными способами. Если давние русские переселенцы такую продукцию и товарные услуги могли получать благодаря товарному земледелию, заготовке дров, развитию гужевого транспорта, торговле и пр., то для аборигенного населения главным источником заработка была и остается пушнина. К ней может добавляться продукция оленеводства, рыболовства. Превращение Енисея и Оби в период интенсивного освоения Севера в транспортные артерии с оживленным движением сделало возможным массовый сбыт ягод и рыбы. По всей вероятности, положение аборигенного населения в настоящее время было бы гораздо более благополучным, если бы о нем не была проявлена неразумная забота со стороны органов власти. Эта забота выразилась в принудительном прекращении кочевого оленеводства и сселении оленеводов в поселки. Однако оленеводство без обязательной смены пастбищ привело к быстрой деградации кормовой базы этих животных и сокращению их численности. Выживание же населения в поселках во все большей степени начало обеспечиваться за счет дотаций, снабжения этих поселков продуктами питания. Это привело к развитию у аборигенного населения иждивенческих настроений и утрате прежних традиций природопользования, особенно — относящихся к кочевому оленеводству.

В современный период прямые субсидии, направленные на закупку для местных жителей продовольствия или других потребительских товаров, могут рассматриваться лишь как временная аварийная мера.

Действенной помощью аборигенному населению может стать субсидирование предпринимателей, которые будут рассматривать закупку традиционной продукции собирательства не как источник получения высоких прибылей, а гуманистическую деятельность. Естественно, такая деятельность будет нуждаться в субсидиях. При современной же ситуации для аборигенного населения сохраняется опасность полного вымирания и ассимиляции оставшейся его части русским национальным большинством.

Несмотря на признаки ассимиляции в технологической среде и стандартизацию жизнеобеспечения, традиционная культура проявляет устойчивость своих базисных ценностей и адаптивные возможности в условиях изменчивой социальной среды (Концепция..., 2002).

В Сибири формируется сложная система типов природопользования — от традиционного до промышленного. В настоящее время значительные площади территорий проживания коренных малочисленных народов уже отведены под добычу полезных ископаемых или под геологическую разведку с перспективой их промышленного освоения. Не менее значимым процессом становится формирование лесопромышленного комплекса. Все это нарушит структуру и ритмику традиционного природопользования, приведет к утрате оленеводческих и охотничьих площадей, сузятся ареалы обитания ценных объектов охоты. В целях сохранения жизнеобеспечения коренных народов необходимо осуществить природнохозяйственное зонирование территории.

Рассмотрим эти проблемы на примере Эвенкийского района Красноярского края.

Предоставление лесных участков в пользование для традиционной хозяйственной деятельности регулируется федеральными законами: 27.06.2018 г. № 164-ФЗ «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации»; от 7 мая 2001 г. № 49-ФЗ «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации»; от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ «Лесной кодекс Российской Федерации»

(ст. 9, 25, 38, 48, 50), а также законом Красноярского края от 25.11.2010 г. № 11–5343 (ред. от 22.12.2016 г.) «О защите исконной среды обитания и традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Красноярского края».

Но в июле 2017 г. Правительство Красноярского края приняло Постановление № 421-п «Об утверждении порядка образования территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Российской Федерации, проживающих на территории Красноярского края...». Анализ этого документа показал, что он по сути противоречит вышеизложенным законам и в соответствии со ст. 50 Лесного кодекса РФ, а также со ст. 22 Федерального закона от 26.07.2006 г. № 135-ФЗ «О защите конкуренции» является нелегитимным. Если следовать этому Порядку..., то территории традиционного природопользования никогда не будут созданы.

Стратегической ошибкой был перевод резервных лесов Байкитского и Тунгусско-Чунского районов Эвенкии в эксплуатационные, благодаря чему лесопромышленные компании получили доступ к заготовке древесины в этих лесах, а ежегодная расчетная лесосека выросла на 17 млн кубм. Рассчитанная Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН экономически доступная расчетная лесосека по этим районам составляет только 3 млн кубм. Правильным решением проблемы был бы перевод этих лесов в категорию защитных.

Приоритетом в лесопользовании является использование лесов для сохранения стабильности природных экосистем. Леса региона являются естественноисторической средой обитания коренных народностей Севера, играют важную роль в качестве кормовой базы для оленеводства, развития охотничьих промыслов. С учетом вышеизложенного, все темнохвойные, а также часть смешанных лиственнично-темнохвойных лесов как охотничьи угодья коренных малочисленных народов, а также участки леса, где возможен выпас домашнего оленя, необходимо отнести к особо защитным участкам и исключить из расчета размера главного пользования лесом.

Таким образом, из расчета размера главного пользования должны быть исключены:

- а) леса, расположенные в водоохранных зонах;
- б) особо защитные участки леса в соответствии с Правилами заготовки древесины в лесах Российской Федерации и Лесоустроительной инструкцией;
- в) кедровые леса;
- г) спелые и перестойные насаждения с запасом древесины на 1 га 50 м³ и менее;
- д) особо охраняемые природные территории;
- е) участки леса, используемые под оленьи пастбища;
- ж) охотничьи угодья (сюда попадают все темнохвойные, а также часть смешанных лиственнично-темнохвойных лесов).

Лесопромышленное освоение целесообразно вести в высокополнотных массивах светлохвойной тайги.

Кроме того, необходима разработка схемы размещения особо охраняемых природных территорий, после осуществления которой также предстоит уменьшение площади эксплуатационных лесов. Выделение зеленых зон вокруг поселков Байкит и Ванавара также потребует перевода части эксплуатационных лесов в защитные.

Развитие территорий юга Эвенкии обусловлено природными, историко-культурными и иными региональными характеристиками. Сложившийся режим природопользования реализуется по трем приоритетным направлениям (рис. 16):

- а) территория лесопромышленного освоения — заготовка древесины;
- б) территория традиционного природопользования — северное оленеводство и промысловая охота;
- в) территория промышленного освоения природных ресурсов — недропользование (Принципы..., 2009).

Критерием выделения территорий традиционного природопользования является наличие запасов лишайниковых кормов. Темнохвойные

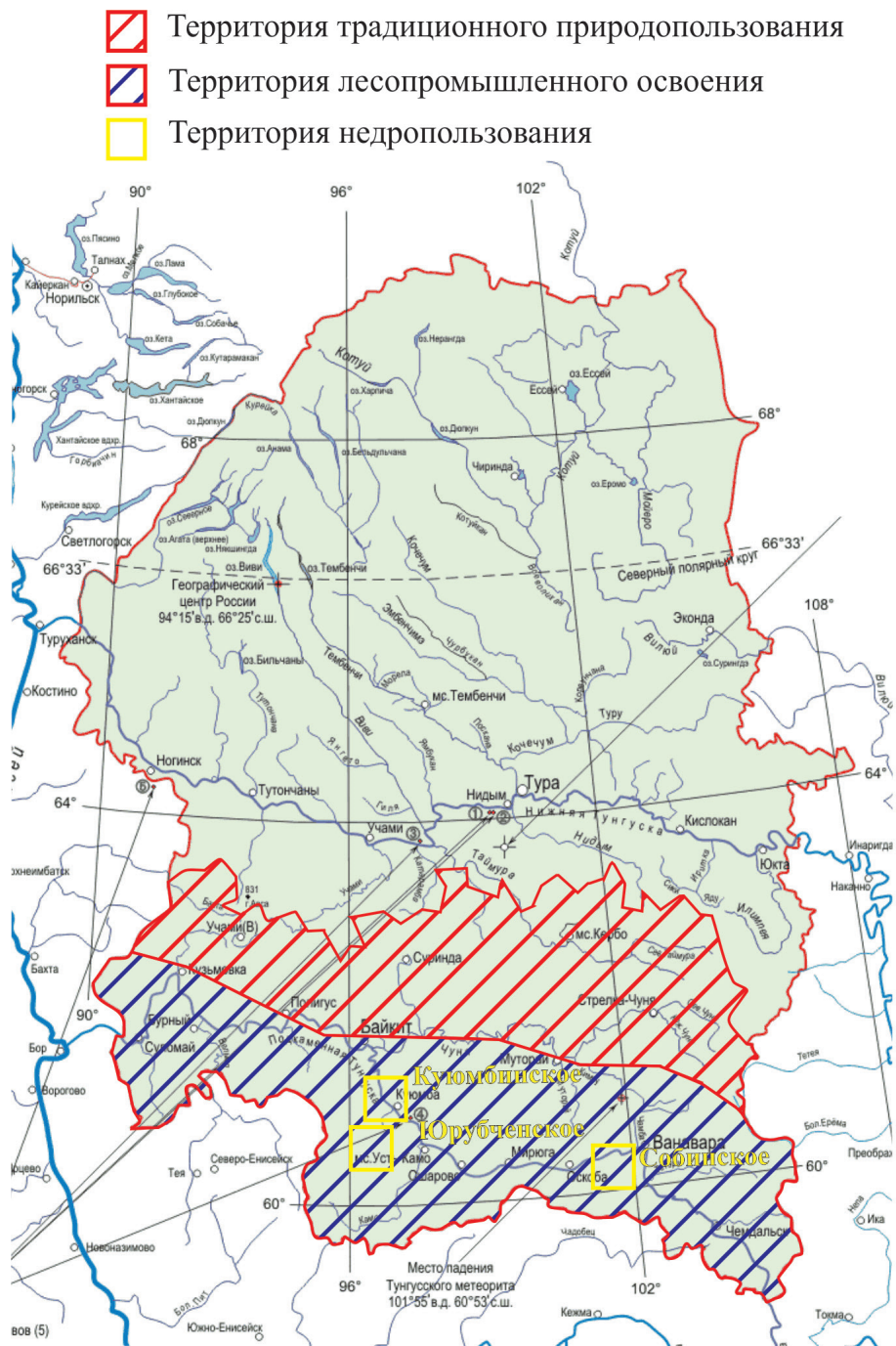


Рис. 16. Территории приоритетного пользования юга Эвенкии

и низкопродуктивные светлехвойные леса пригодны для оленеводства в качестве основных пастбищ.

Заготовку древесины рекомендуется проводить в сосняках и лиственничниках зеленомошной, разнотравной и лишайниковой групп типов леса. Непригодны для хозяйственного освоения рубками сфагновые, травяно-болотные и вейниковые группы типов леса ввиду нерентабельных запасов на 1 га, наиболее чувствительных к внешнему воздействию экосистем, где воспроизводство леса крайне затруднено. Выбор способа рубки производится исходя из лесорастительных условий. В сухих и свежих типах леса сосны и лиственницы возможно проведение сплошных рубок. На участках с распространением многолетнемерзлых пород и возможностью образования термокарста целесообразно применение выборочных рубок (Келлер, 2004, 2006).

Резюмируя вышесказанное, необходимо считать главной целью ведения хозяйства в лесах Сибири — сохранение средостабилизирующих свойств лесных экосистем. Одновременно необходимо удовлетворять потребности в древесине и другой лесной продукции. Лесопользование следует организовывать на принципах комплексного использования как различных защитных, так и ресурсносырьевых функций лесов.

7. ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ

7.1. Методические подходы к прогнозированию динамики лесов

Прогноз динамики лесного фонда должен базироваться на анализе произошедших изменений структуры лесов за максимально доступный предыдущий период с выявлением естественных и антропогенных причин. Методические принципы исследования динамики лесного фонда были изложены нами ранее (Основы..., 1997; Онучин и др., 1998; Втюрина, Соколов, 2008; Динамика..., 2013; Соколов и др., 2017).

Необходимость и актуальность прогноза динамики лесов заключается в использовании результатов исследований в дальнейшей разработке стратегии устойчивого лесопользования с целью устранения негативных тенденций в лесах.

Прогноз долговременной динамики лесного фонда Сибири построен на результатах комплексного изучения аспектов организации и ведения лесного хозяйства, лесопользования и лесоуправляющего проектирования, оценки стратегий и лесопользования в Красноярском крае как наиболее репрезентативном субъекте в Сибирском федеральном округе.

Ретроспективный анализ динамики лесного фонда произведен нами за 60-летний период (с 1961 г.), что позволило выявить тенденции в изменениях породновозрастной структуры лесов края с оценкой влияния естественных и антропогенных факторов (лесные пожары, ветровалы, очаги вредителей леса, рубки, лесовосстановительные мероприятия, развитие инфраструктуры, связанной и не связанной с лесным хозяйством и др.).

Исходя из вышеизложенного, мы не ставим целью увязывать прогноз динамики лесов Красноярского края с предполагаемыми частями исследователей глобальными изменениями климата (Meleshko et al., 2008; Lindner et al., 2010; Чебакова и др., 2011; Швиденко, 2012; Лескинен и др., 2020 и др.).

Для прогнозирования динамики лесов применяется моделирование естественных и антропогенных процессов в лесных экосистемах: ход роста насаждений, лесообразовательные и сукцессионные процессы, лесные пожары, массовые очаги вредителей и болезней леса, рубки леса, лесохозяйственные мероприятия и др. Для прогнозирования динамики на уровне насаждений разработано множество эмпирических, механистических и гибридных моделей. Гибридные модели построены на сочетании эмпирических и механистических моделей. Лучше всего они работают на уровне лесных экосистем и ландшафтов с относительно однородными лесорастительными и климатическими условиями (Разнообразие..., 2012).

Заслуживает внимания имитационная модель прогноза динамики смешанных насаждений, на основе которой был разработан комплекс программ FORRUS-S (FORRest of RUSSia-Stand), позволяющий анализировать динамические процессы в лесных экосистемах (Чумаченко, 1993; Чумаченко и др., 2004; Chumachenko et al., 2003).

Прогнозный комплекс FORRUS-S состоит из ряда отдельных блоков, включая данные о моделируемом объекте, и блок имитационного моделирования, который состоит из моделей естественного развития и экзогенных воздействий. Модель экзогенных воздействий имитирует различные виды рубок, техногенные и прочие внешние воздействия. На выходе формируется информация о прогнозном состоянии лесных экосистем в виде таблиц, графиков и карт.

Здесь следует высказать следующее соображение. Идеальных моделей в природе не бывает, особенно когда речь идет о моделировании сложных лесных экосистем с множеством параметров. Поэтому, чем длиннее шаг прогнозирования, тем менее достоверны его итоги.

В результате ранее проведенных исследований нами была получена методическая схема исследования динамики лесного фонда с возможностью разработки кратко- и долгосрочного прогноза динамики лесного фонда (рис. 17; Втюрина, Соколов, 2008; Динамика..., 2013).

Динамика лесного фонда на уровне экорегиона, лесного района или субъекта РФ является необходимым инструментом для разработки ее долгосрочного прогноза и стратегии лесопользования.

Концепция прогнозирования состояния лесов должна быть основана на ретроспективном анализе произошедших изменений за длительный период, перспективах развития политической и социально-экономической ситуации в стране и мире, а также на соотношении спроса и предложения на лесные ресурсы и, прежде всего, древесину.

Во многом эти процессы будут зависеть от изменения системы лесопользования, которая в настоящее время копирует в основном бюджетно-административные принципы советского периода. Эти принципы коренным образом противостоят сложившейся рыночной экономике в постсоветский период. Лесной кодекс 2006 г. не смог устранить это противоречие, поэтому лесное хозяйство страны очутилось на обочине, если не за ее пределами, экономического развития. Отсюда возникает дополнительная сложность прогнозирования на долгосрочный период.

При сохранении существующей системы лесопользования сделать кратко- и среднесрочный (на 10–20 лет) прогноз динамики лесов несложно. Некоторый опыт у нас имеется (Основы..., 1997; Динамика..., 2013).

В рамках международного научного проекта «Лесные ресурсы Сибири» мы разработали прогноз изменения структуры лесного фонда Ангарского южно-таежного экорегиона Красноярского края через 100 лет при сохранении существующего режима лесопользования (Основы..., 1997).

Мы сравнили результаты прогноза динамики по основным преобладающим породам за 20-летний период с фактическим состоянием лесного фонда по экорегиону на 01.01.2008 г. Оказалось, что по прогнозу площадь хвойных насаждений должна была уменьшиться на 5,8% за счет увеличения площади лиственных, а фактически она уменьшилась на 5,0%, т. е. в пределах статистической ошибки. Это свидетельствует о правильности методического подхода к построению прогноза.

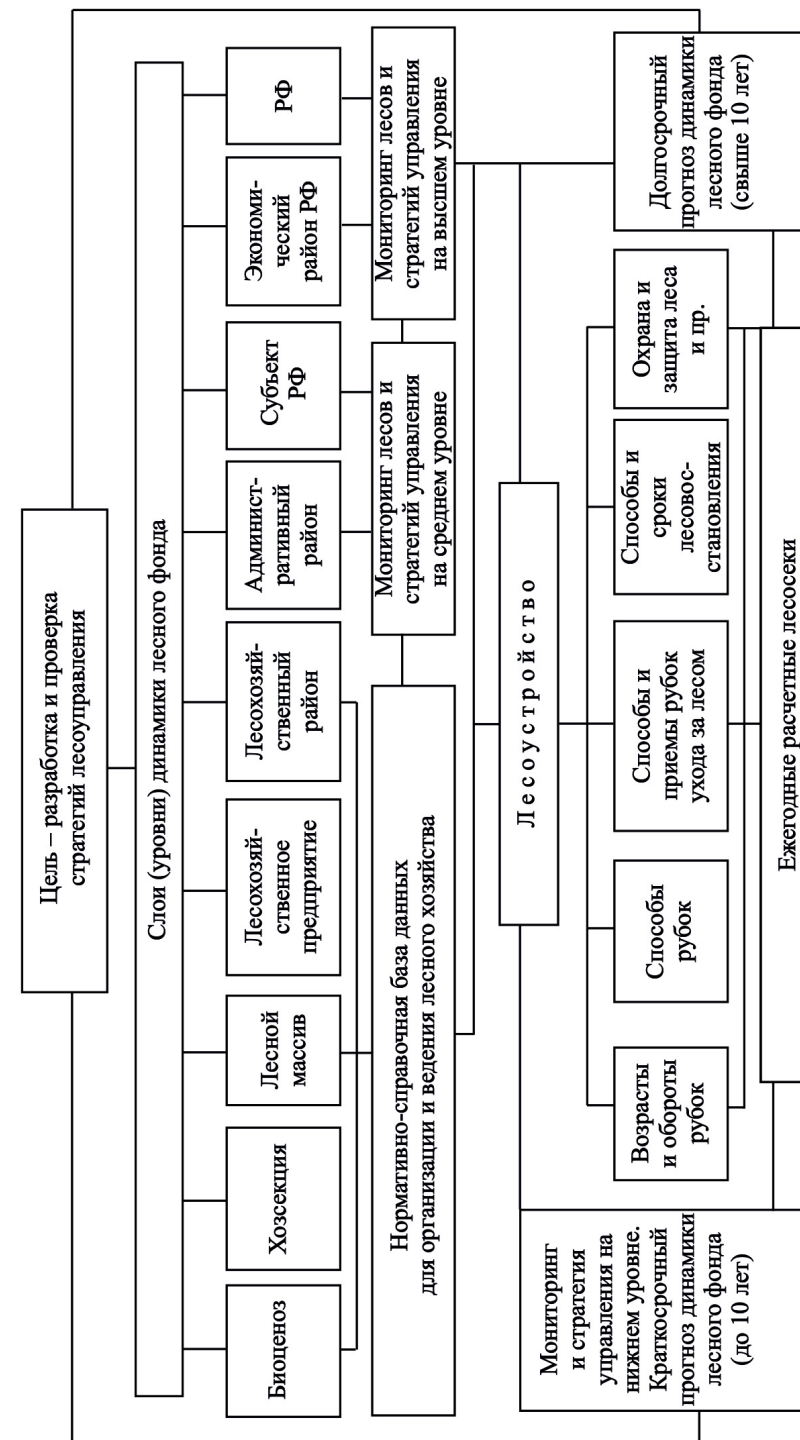


Рис. 17. Методическая схема исследования динамики лесного фонда

Ранее при лесоустройстве производился прогноз ожидаемой структуры лесного фонда на конец ревизионного периода, т. е. на 10 лет. Эта структура рассчитывалась при условии выполнения проекта организации и развития лесного хозяйства и естественных лесообразовательных процессов. Однако по истечении ревизионного периода при повторном лесоустройстве результаты прогноза если и анализировались, то формально.

Приведем в качестве примера прогноз структуры лесного фонда при лесоустройстве Большемуртинского лесхоза Красноярского края через 3 ревизионных периода с 1969 по 2011 г. (табл. 33).

Весьма значительные отклонения прогноза лесоустройства 1969 г. от фактической структуры лесного фонда Большемуртинского лесхоза в 2011 г. (доля хвойных, соответственно, 71,2 и 52,0%) свидетельствуют о неудовлетворительной деятельности государственных органов в области лесопользования, которые проигнорировали проектные рекомендации лесоустройства и не смогли поддержать леса в оптимальном состоянии.

Таблица 33

Прогноз структуры лесного фонда Большемуртинского лесхоза по преобладающим породам

Преобладающая порода	Прогноз лесоустройства	Ветви кроны
Кедр	8,9	6,1
Сосна	12,5	11,1
Лиственница	0,7	0,5
Ель	22,5	9,3
Пихта	26,6	25,0
Береза	16,7	35,3
Осина	12,1	12,7
Итого	100,0	100,0

В 90-х годах прошлого века нами была разработана имитационная модель оптимизации ежегодной расчетной лесосеки по лесхозам Кемеровской области, которая позволяла прогнозировать на оборот рубки структуру лесного фонда в зависимости от принятого размера рубки и динамики лесовосстановления (Бондарев, Соколов, 1995; Основы..., 1997). При этом использовался механизм определения состояния лесного фонда в зависимости от принятой ежегодной расчетной лесосеки, естественных возрастных переходов и способов лесовосстановления. Учитывалось, что любая модель работает лишь в рамках параметров, ее определяющих. Поэтому определение параметров являлось наиболее ответственным и сложным процессом моделирования. Прежде всего это касалось длительности процессов лесовыращивания, при прогнозировании которых наблюдаются самые большие неопределенности. Поскольку лесовыращиванию присуща большая продолжительность (до 100 лет и более), то на лесные насаждения в течение этого периода воздействует множество факторов естественного и антропогенного характера. Поэтому достоверность прогноза на оборот рубки закономерно снижается. Кроме того, достаточно сложно учитывать многообразие сукцессионных процессов, которые требуют привлечения большого количества статистически достоверных наблюдений. Следовательно, наиболее важно выявить основные тенденции, позволяющие с определенной вероятностью прогнозировать динамику лесов.

В процессе исследований был выявлен другой существенный аспект. Проводимые лесовосстановительные мероприятия не оказали сколько-нибудь серьезного влияния на естественную динамику лесов. Зато интенсивная смена пород приводит к значительному изменению породной структуры. Рассмотренные на примере Кемеровской области проблемы использования и воспроизводства лесов характерны для всей территории Сибири.

Одним из важнейших параметров, закладываемых в любую модель прогнозирования динамики лесов, является размер ежегодного пользования древесиной, определяемый расчетной лесосекой. Но здесь не все

так однозначно. Считается, что ежегодная расчетная лесосека является научно обоснованным нормативом лесопользования, обеспечивающим неистощительность и постоянство его. Действительность опровергает этот вывод, который был построен на идеалистической модели нормального леса немецкой классической лесной школы (Нормальный лес, 1986). Фактически же модель нормального леса, существуя уже два столетия, нигде не была реализована (Шейнгауз, 2007а, б).

Нами был проанализирован «Порядок исчисления расчетной лесосеки» (2011) (далее — Порядок...), в котором предусмотрено четыре вида расчетных лесосек и условия выбора одной из них или промежуточной. Показано, что все они, как правило, обеспечивают довольно быстрое истощение эксплуатационных ресурсов (Соколов и др., 2015). Результат анализа на примере Красноярского края выглядит следующим образом. Действующая ежегодная расчетная лесосека составляет 81,9 млн м³. Стратегия развития лесопромышленного комплекса Красноярского края на период до 2030 г. предусматривает увеличение заготовки древесины до 37,6 млн м³ в ликвиде при предполагаемом съеме древесины с 1 га лесопокрытой площади 1,6 м³. Но общее использование древесины с 1 га не может превышать средний прирост на 1 га, который составляет 1,3 м³, в том числе по хвойным породам — 1,2 м³. Рассчитанная нами ежегодная экономически доступная расчетная лесосека по краю равна 26,8 млн м³, в том числе по хвойным — 21,4 млн м³. Таким образом, использование действующей расчетной лесосеки неизбежно приведет к перерубу допустимого изъятия древесины по эколого-экономическим соображениям почти в три раза, и это неизбежно отразится на состоянии лесного фонда через несколько десятков лет (Соколов и др., 2015, 2016). Наш вывод подтверждает Г. Н. Коровин (Разнообразие..., 2012, с. 22), что «ни одна из расчетных лесосек не может служить объективной оценкой ресурсного потенциала лесов, допустимых размеров устойчивого лесопользования».

Прогнозирование динамики и состояния лесного фонда на средние и долгосрочные периоды базируется на моделировании лесообразовательных процессов и воздействий на лесные экосистемы естественного

и антропогенного характера. К естественным нарушениям относятся лесные пожары, очаги вредителей и болезней леса, ветровалы и др. К антропогенным — рубки леса, мероприятия по воспроизводству и уходу за лесом, гидростроительство, добыча полезных ископаемых, создание лесной инфраструктуры, строительство газо- и нефтепроводов, дорог, линий электропередач и др.

Нами разработан прогноз динамики лесного фонда до 2061 г. при сохранении существующей системы лесопользования в России и Красноярском крае (табл. 34, 35, рис. 18).

Таблица 34

Прогноз динамики лесов Красноярского края, тыс. га

Год учета лесного фонда	Общая площадь	в том числе покрытая лесом				
		итого	хвойные	в т. ч. спелые и перестойные	лиственные	в т. ч. спелые и перестойные
2011	158711,4	104987,5	79897,1	52377,1	18085,6	8965,4
Прогноз на 2061 г.	156531,4	101856,7	72652,6	47223,2	22199,3	10877,6
Изменение	-2120,0	-3130,8	-7244,5	-5153,9	+4113,7	+1912,2

При разработке прогноза ориентировались на объемы рубок, заложенные в Стратегии развития лесопромышленного комплекса Красноярского края на период до 2030 года. Естественные нарушения от лесных пожаров, очагов вредителей и болезней леса, изменения в площади лесного фонда за счет промышленного и гражданского строительства и создания лесной инфраструктуры принимались на уровне последних 60 лет. Учитывалось, что проведение мероприятий по воспроизводству и уходу за лесом практически не влияет на динамику лесного фонда.

Таблица 35

**Прогноз динамики распределения покрытых лесом земель
по преобладающим породам, тыс. га**

Преобладающая порода	Учет лесного фонда, 2011 г.	Прогноз на 2061 г.	Изменения	Изменения (%)
Сосна	13534,0	9031,4	-4452,6	-32,9
Ель	7188,1	9636,7	+2508,6	+34,9
Пихта	5756,3	7540,7	+1784,4	+30,0
Лиственница	43741,8	37618,4	-6123,4	-14,0
Кедр	9676,9	8825,4	-851,5	-8,8
Итого хвойных	79897,1	72652,6	-7244,5	-9,1
Береза	15253,4	16870,2	+1616,8	+10,6
Осина	2790,0	5318,8	+2528,8	+90,6
Итого лиственных	18085,6	22159,3	+4113,7	+22,7
Прогноз на 2061 г.	156531,4	101856,7	72652,6	47223,2
Прочие породы и кустарники	7004,8	7004,8	-	-
Всего	104987,5	101856,7	-3130,8	-3,0

Таким образом, сохранение экстенсивной формы лесопользования негативно скажется на состоянии и динамике лесного фонда. Общая площадь уменьшится на 1,3%, покрытые лесом земли — на 3,0%, площадь хвойных насаждений — на 9,1%, причем наибольшее уменьшение будет наблюдаться в сосновых насаждениях — 32,9%, зато существенно увеличится площадь лиственных пород — на 22,7%.

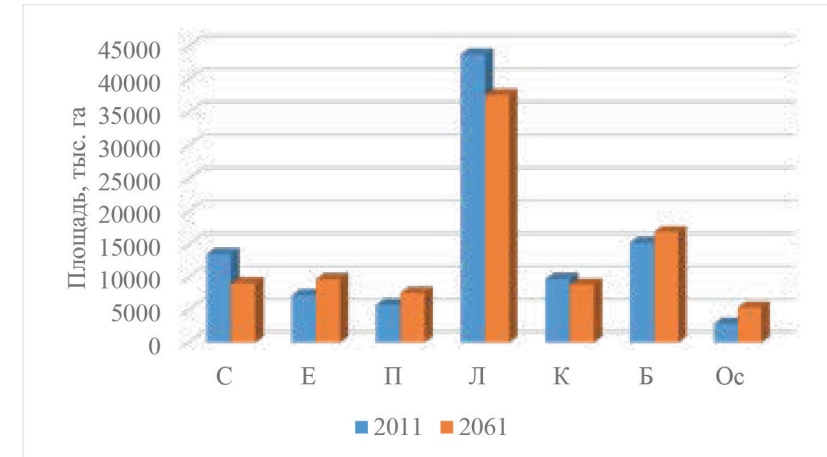


Рис. 18. Прогноз динамики лесов

Чтобы изменить ситуацию в лесном комплексе России и Сибири, необходим переход на «правильное» лесное хозяйство, как говорили корифеи российского лесоводства. В оптимистическом «Прогнозе развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года» (FAO..., 2012) переход от инерционного к инновационному сценарию развития был намечен в 2015 г. На наш взгляд, оптимистический прогноз ФАО может быть осуществлен только после кардинального изменения системы лесопользования в России.

Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации и Красноярского края до 2030 года не могут быть реализованы, поскольку в них неточно отражена информация о лесах. По своей сути эти документы превращены в набор добрых пожеланий. Никто в данный момент не располагает достоверной информацией об актуальных лесных ресурсах с учетом структуры лесного фонда и его динамики. В первую очередь это относится к категории эксплуатационных лесов, которые интенсивно эксплуатируются с середины 30-х годов прошлого века и восстанавливаются целевыми породами примерно на одну треть. Лесной фонд деградирует, и как переломить эту тенденцию стратегии — не дают ответа.

В ближайшей перспективе необходимо решить проблему баланса спроса и предложения древесного сырья. Прежде всего необходимо

ликвидировать информационный вакуум в учете лесного фонда. Это возможно с применением инновационных технологий лесоинвентаризации и лесоустройства. Современная система лесоуправления фактически противодействует прогрессу в информационном обеспечении лесного комплекса. Такая ситуация требует немедленного исправления, что невозможно без изменения основ лесного законодательства России и возрождения государственного лесоустройства, фактически ликвидированного Лесным кодексом РФ 2006 г. Резервом удовлетворения спроса на древесину может быть организация рационального лесопользования в защитных лесах, доля которых в России составляет более 25%. Накопленный опыт, в том числе международный, свидетельствует, что такое лесопользование возможно на основе выборочной системы рубок при соблюдении лесоводственно-экологических требований.

Без решения вышеперечисленных проблем невозможен переход к устойчивому управлению лесами. Этот переход потребует в свою очередь пересмотр основ лесного законодательства России. Фактически потребуются создание новой парадигмы взаимодействия человека и леса, новой лесной экономики и политики (Моисеев, 2009; Швиденко и др., 2017).

7.2. Прогноз развития лесов Красноярского края по модели G4M

Глобальная модель леса (G4M, <https://iiasa.ac.at/g4m>) была разработана в Международном институте прикладного системного анализа (Kindermann et al., 2006, 2013). Модель может представлять результаты в виде карт с пространственным разрешением в 0,5 градуса и временным шагом в 1 год. Начальные значения откалиброваны на уровне страны по данным отчета в ФАО на 2020 г. Лесоуправление контролируется с помощью целевого оборота рубок, интенсивности и интервалов рубок ухода, а также лесовозобновления желательной группой пород

деревьев. В данном случае мы моделировали текущий режим лесопользования. В модели рассмотрены отдельно три группы пород: хвойные вечнозеленые, хвойные листопадные и лиственные. Кроме того, в модели отдельно рассмотрены бореальная и умеренная зоны природы. Модель использует климатические данные (месячные значения температуры, осадков и фотосинтетически активной радиации) и свойств почвы (влагоемкость, содержание азота и фосфора). Результаты применения модели для различных регионов мира представлены в работах Forsell et al., 2019; Böttcher et al., 2012; Frank et al., 2021; Gusti et al., 2020; Schelhaas et al., 2017. Неопределенности и точность оценок модели обсуждались в Tum, 2010; Avitabile, Camia, 2018; Gusti et al., 2020. Поскольку модель основана на внешних данных, на ее прогноз влияет качество этих данных (Wehkamp et al., 2018).

G4M моделирует динамику углерода в древостоях, текущие приросты, объемы древесины, доступной для лесозаготовок, до 2100 г. по четырем различным сценариям изменения климата Representative Concentration Pathway (RCP) RCP2.6, 4.5, 6.0 и 8.5 с климатическими данными из моделей климата ISIMIP2b HadGEM2-ES. Описание сценариев изменения климата доступно на сайте Межправительственной комиссии по изменениям климата (IPCC) (Data Distribution Center, 2019).

G4M рассчитывает следующие параметры для каждого отдельного 0,5-градусного пикселя территории, хвойных/лиственных, каждого сценария и каждого года:

- чистая первичная продукция, тС/га/год,
- изменение запаса древесины, тС/га/год,
- запасы древесины, тС/га,
- расчетная лесосека, тС/га/год,
- деловая древесина,
- дровяная древесина,
- потери при лесозаготовках.

Прогноз динамики запасов древесины по модели G4M в лесах Красноярского края на 2020–2100 гг. представлен на рис. 19.

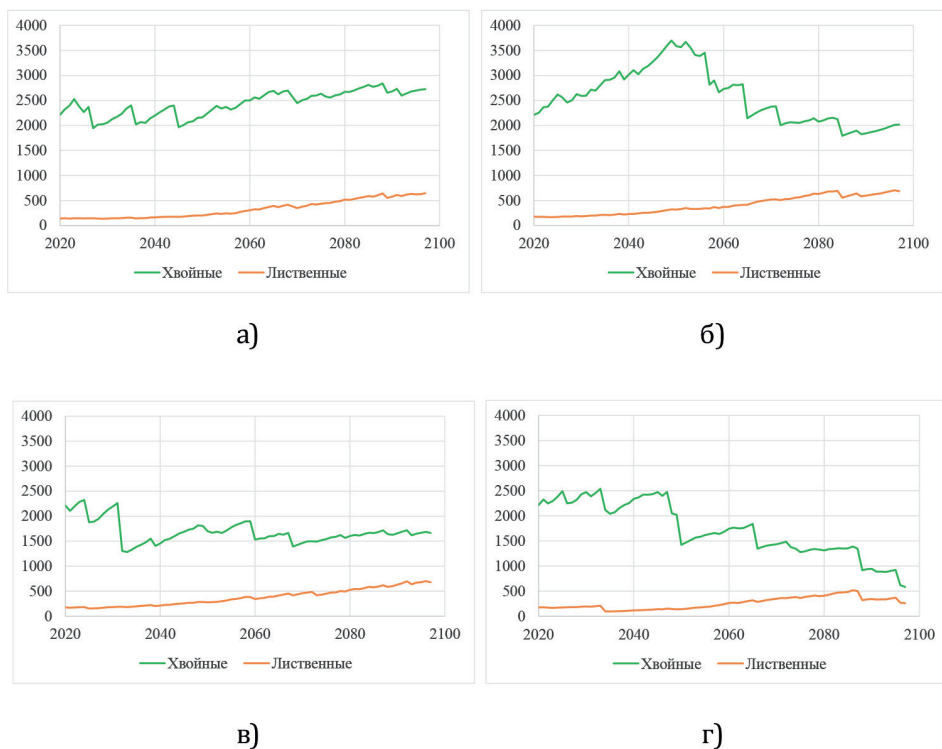


Рис. 19. Прогноз запасов древесины (млн т С) в лесах Красноярского края при различных вариантах климата: а) RCP2.6, б) RCP4.5, в) RCP6.0, г) RCP8.5

Запас хвойных пород колеблется, но остается достаточно постоянным за период прогноза (2020–2100 гг.) при варианте климата RCP2.6 (см. рис. 19). Наиболее благоприятным на первом этапе является RCP4.5, при котором наблюдается рост запаса хвойных пород до середины столетия, затем происходит быстрое снижение запасов. Снижение запасов хвойных на 40% при RCP6.0 происходит уже к 2030 г., затем запас остается постоянным на этом низком уровне. Рекордное снижение запасов хвойных (на 70% к концу века) наблюдается только при самом жестком сценарии климата (RCP8.5). Запас лиственных пород постепенно растет при всех вариантах климата, кроме самого жесткого, где наблюдается значительная гибель древостоев в отдельные годы.

Модель прогнозирует увеличение площади лиственных пород при нынешней системе ведения хозяйства и любом из рассмотренных вариантов изменения климата (рис. 20)

На рисунке 21 приведены расчетные значения максимальных текущих приростов в лесах Красноярского края. Амплитуда колебаний приростов от года к году выше у хвойных пород по сравнению с лиственными. Кроме того, межгодовые колебания выше при более серьезном потеплении климата. Средний прирост хвойных пород выше при самом мягком прогнозе климата (RCP2.6) — 1.55 и плавно снижается до 1.42 при RCP 8.5. Лиственные породы показывают более высокие приросты при RCP4.5 и RCP6.0 (1.52), незначительно снижаясь до 1.5 при RCP2.6 и до 1.46 при RCP8.5. Однозначный тренд на снижение приростов наблюдается только при сценарии климата RCP8.5.

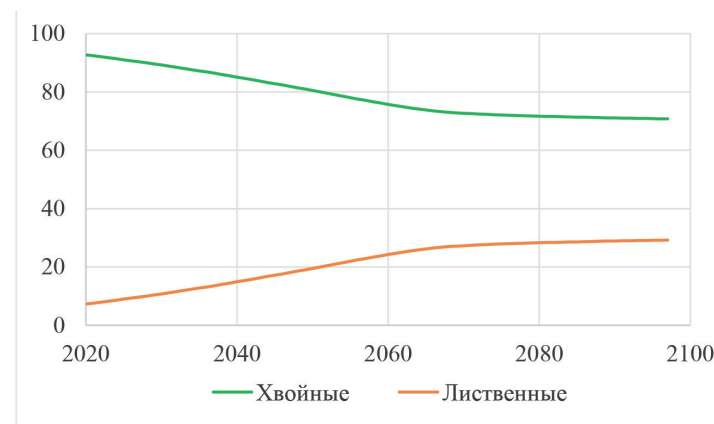


Рис. 20. Прогноз доли площади (%) занятой лиственными и хвойными породами

Потенциальные накопленные объемы заготовки деловой древесины представлены на рисунке 24. Общие запасы древесины, доступные для лесозаготовки, выше при умеренном потеплении климата (RCP 4.5), когда сказывается положительный эффект потепления и обеспечивается значительное увеличение приростов. Итоги практически равны для двух

крайних вариантов климата (RCP 2.6 и RCP 8.5), но причины этого разные. Более высокие объемы лесозаготовки при RCP2.6 объясняются высокими приростами, обеспечивающими устойчивое лесопользование, а при RCP8.5 — значительной гибелью древостоев от неблагоприятных погодных условий и возможностью санитарных рубок на нисходящем тренде запасов древесины в лесах (рис. 22а). Модель предсказывает достаточно высокую гибель лесов, и в отдельные годы доступные объемы лесозаготовок увеличиваются в 3–5 раз по сравнению с базовыми, даже при относительно небольшом потеплении климата (сценарий RCP 2.6, рис. 22б). Очевидно, что лесозаготовки в погибших древостоях будут затруднены, принимая во внимание (1) значительные площади нарушений в отдельные годы, (2) ограничения доступности, (3) короткие временные рамки, в течение которых погибшая древесина сохраняет приемлемое качество. Эти ограничения не рассматриваются в G4M, и реальное пользование лесом возможно на существенно более низком уровне.

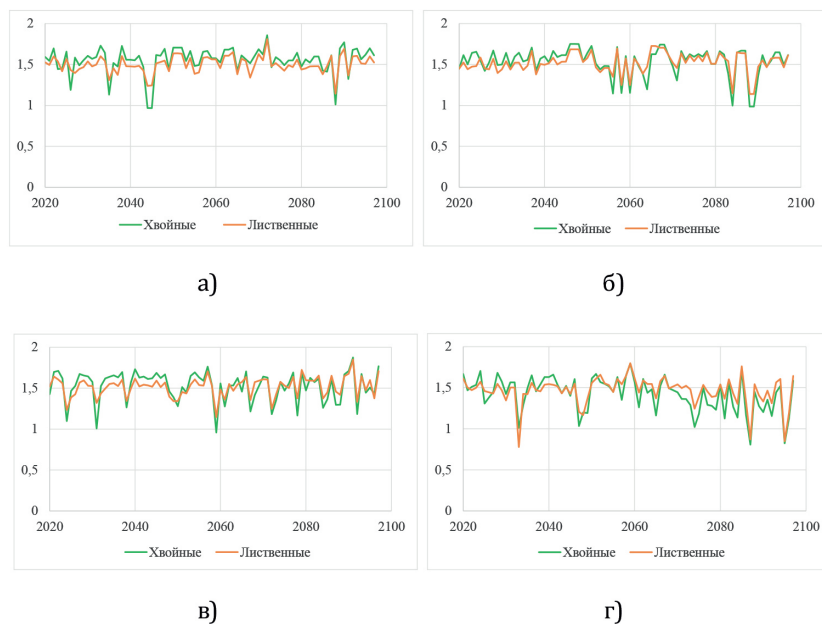
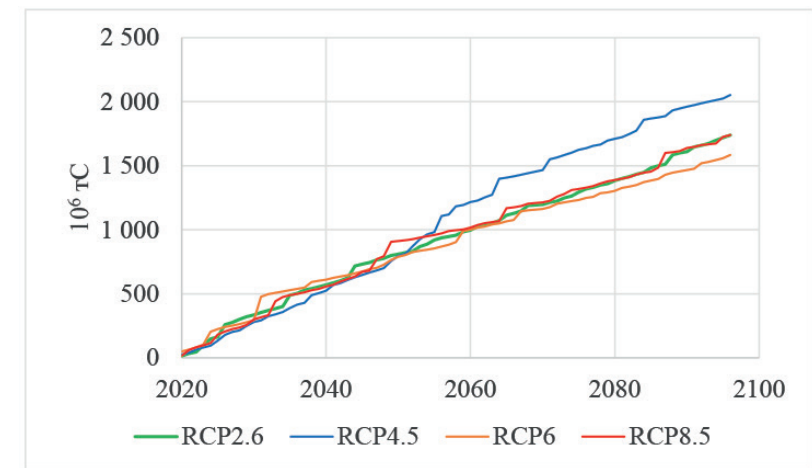
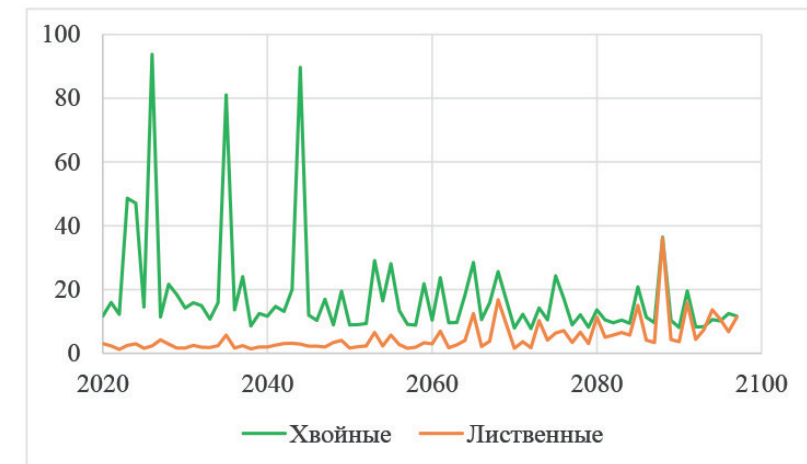


Рис. 21. Прогноз максимального текущего прироста древесины (т С/га/год) в лесах Красноярского края при различных вариантах прогноза климата: а) RCP2.6, б) RCP4.5, в) RCP6.0, г) RCP8.5



а)



б)

Рис. 22. Потенциальный объем заготовки деловой древесины в лесах Красноярского края: а) накопленная потенциальная заготовка при различных сценариях климата (млн тС); б) ежегодная при варианте климата RCP2.6 (млн тС/год)

В целом, по данным модели G4M, при текущей системе ведения лесного хозяйства леса Красноярского края сохраняют текущий уровень запасов древесины (и углерода фитомассы) только при умеренном потеплении климата. Наблюдаемое изменение климата заметно серьезнее умеренных сценариев, поэтому требуются адаптивные методы лесного хозяйства, включая подбор древесных пород при лесовосстановлении и уходе за лесом, противопожарную организацию территории, предотвращающую распространение пожаров на большие территории и прочее.

8. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО СЕКТОРА СИБИРИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Необходимость разработки стратегии адаптивного управления бореальными лесами Сибири в условиях глобальных изменений диктуется законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» и указом Президента Российской Федерации от 8 ноября 2021 г. № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации». Решение этой задачи невозможно без оценки природных и антропогенных воздействий на лесные экосистемы и динамики лесов за максимально возможный период.

Одной из ключевых целей, стоящих перед лесной отраслью, является интенсификация использования и воспроизводства лесов. Учитывая уровень лесного хозяйства России, задачи воспроизводства лесных ресурсов и их рационального использования будут оставаться актуальными на ближайшую и среднесрочную перспективы.

В последние годы разработаны различные концепции и стратегии развития лесного сектора Российской Федерации и ее субъектов.

В Красноярском крае разрабатывались Концепция и основные направления развития лесного комплекса Красноярского края на период 2004–2015 годы, Стратегия развития лесопромышленного комплекса Красноярского края на период до 2020 года, отраслевая программа «Развитие лесного комплекса Красноярского края на 2016–2018 годы», Программа развития лесного хозяйства Красноярского края на период до 2018 года, а также Стратегия долгосрочного социально-экономического развития Красноярского края на срок до 2030 года, в которой отдельным разделом показан лесопромышленный комплекс.

К сожалению, эти документы по своей сути были направлены на развитие лесопромышленного комплекса, т. е. древесинопользование. Между тем, лесной сектор состоит из пяти основных взаимосвязанных блоков (Основы..., 1997; Соколов, 2008):

1. Лесное хозяйство, обеспечивающее рациональное использование, охрану, защиту и воспроизводство лесов.
2. Лесопромышленный комплекс.
3. Промысловое использование лесов.
4. Сельскохозяйственное использование лесов.
5. Биосферное использование лесов.

Все леса имеют многофункциональное значение, поэтому организация лесного хозяйства в современных условиях должна быть направлена прежде всего на многоцелевое лесопользование с несомненным приоритетом биосферного использования лесов. Необходимо признать равнозначность функций леса, что повлечет за собой признание равнозначности режимов лесопользования. Поэтому эксплуатационный режим — такой же вид лесопользования, как водоохранный, запретный, рекреационный и др.

Оценки леса, исходящие только из учета древесины, приносят объективный вред лесному хозяйству, поскольку занижают ценность многих лесных участков, которые имеют большое экологическое и социальное значение.

Исходя из вышесказанного, должны разрабатываться стратегии и программы развития лесного комплекса, в том числе на региональном уровне. Поэтому актуально осуществление программы развития лесного комплекса Сибири на период до 2030 г. Эта программа является составной частью Стратегии социально-экономического развития Сибирского федерального округа до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 26.01.2023 г. № 129-р.

Программой намечено решить проблему инерционного мышления и отсутствия прогнозных оценок развития лесной отрасли при переходе ее на инновационный, интенсивный путь ведения хозяйства.

Лесной комплекс Сибири развивается по экстенсивному пути. Это обусловлено отчасти объективными экономическими причинами и кажущимся избытком или, по крайней мере, отсутствием дефицита лесных

ресурсов на настоящий момент времени, о чем свидетельствует динамика лесного фонда.

В Концепции и основных направлениях развития лесного комплекса Красноярского края на период 2004–2015 годы, разработанной ГНЦ ЛПК (Москва), анализировалось состояние лесопромышленного комплекса на 2002 г. Был сделан вывод, что основная причина сложившегося неудовлетворительного состояния лесопромышленного комплекса (ЛПК) заключалась в недостаточности мощностей по глубокой химической и химико-механической переработке древесины, что усугубляет проблему комплексного использования низкосортной, мелкотоварной, лиственной древесины и древесных отходов. В результате этого основными конкурентными продуктами в лесном комплексе Красноярского края являлись пиломатериалы и круглый лес.

Вместе с тем, развитие внутреннего и внешнего рынков лесобумажной продукции указывало на перспективные тенденции увеличения потребления продуктов глубокой переработки древесины (фанера, древесные плиты, специализированные пиломатериалы, целлюлозно-бумажные продукты и изделия из них и др.).

Стратегическая цель развития лесного комплекса в Концепции была определена правильно (она актуальна и в настоящее время): достижение роста объемов производства продукции, необходимой для удовлетворения спроса на внутреннем и внешнем рынках, на базе приоритетного развития глубокой переработки древесины для повышения эффективности и конкурентоспособности производства, а также устойчивого управления лесами.

Основные задачи Концепции развития лесного комплекса включали в себя:

— создание условий для перехода к устойчивому развитию лесопромышленных предприятий на всей территории края с обеспечением экологического оздоровления производств и экологической чистоты продукции;

— формирование эффективного ядра конкурентоспособных предприятий, действующих на принципах самофинансирования, обеспечивающих реально складывающийся и прогнозируемый платежеспособный спрос на внутреннем рынке России и внешних рынках зарубежья;

— формирование на базе ведущих лесоперерабатывающих предприятий структур корпоративного управления;

— обеспечение ускорения инвестиционного процесса, направленного на обновление, техническое и технологическое перевооружение производства, ориентированного на выпуск конкурентоспособной лесобумажной продукции;

— обеспечение максимальной загрузки действующих мощностей предприятий, имеющих возможности производства конкурентоспособной продукции и расположенных в экономически доступных районах;

— повышение социально-экономического уровня жизни работников предприятий лесопромышленного комплекса и обеспечение их социальной защищенности, сохранение и модернизация существующих и создание новых рабочих мест (Концепция..., 2003).

Исходя из цели и задач, Концепция являлась основой развития лесопромышленного комплекса, а не лесного комплекса в нашем понимании (Основы..., 1997). О лесном хозяйстве ничего не говорилось, если не считать одной строки: «Создаются условия для повышения доходности в лесохозяйственной деятельности (в среднем в 3 раза)» (Концепция..., 2003, с. 6). Механизмы повышения доходности в Концепции не были обозначены.

Прогнозировалось, что реализация Концепции позволит вовлечь в промышленное производство значительные, невостребованные ресурсы низкокачественного сырья за счет ввода новых мощностей по глубокой переработке древесины, обеспечив при этом рост товарной продукции с 1 м³ заготовленной древесины с 25,2 \$ в 2002 г. до 70–80 \$ в 2010 и 140–160 \$ в 2015 г.

Прогнозные показатели к 2015 г. не были достигнуты. Товарная продукция в 2015 г. с 1 м³ заготовленной древесины составила \$ 58,

что в 3 раза меньше прогнозируемой. Объемы производства в ЛПК в количественных показателях приведены в таблице 36.

Таблица 36

Показатели производства в ЛПК Красноярского края

Показатели	Ед. изм.	2002 г.	Прогноз	Изменения (%)	Процент исполнения прогноза
Вывозка древесины	млн м ³	8,9	18,0	11,0	61
Пиломатериалы	млн м ³	1,6	4,5	2,2	49
ДВП	млн м ²	49,2	50,0	42,7	85
ДСП	тыс. м ³	70,0	570,0	19,1	3
МДФ	тыс. м ³	–	600,0	–	–
Пеллеты	тыс. т	–	–	114,0	–
Целлюлоза	тыс. т	63,5	1700,0	–	–
Бумага	тыс. т	33,0	1300,0	–	–
Картон	тыс. т	49,8	120,0	–	–
Клееные изделия	тыс. м ³	–	–	11,4	–
Мебель	млрд руб.	–	1,5	1,3	87
Товарная продукция в текущих ценах	млрд руб.	7,0	25,8 в ценах 2002 г.	25,1	Ориентировочно 50 %, в ценах 2014 г.

Сверхоптимистические прогнозы Концепции: «Лесосырьевые ресурсы, промышленный потенциал и кадровое обеспечение позволяют, в отличие от других отраслей, увеличить объемы лесопромышленного производства в Красноярском крае в ближайшей перспективе в 10 и более раз» (Концепция..., 2003, с. 4) — не осуществились. Не получил развития и другой оптимистический тезис Концепции: «Лесопромышленный комплекс Красноярского края по доходности может выйти на уровень инвестиционного самообеспечения на реконструкцию и техническое перевооружение производства, а также аккумулировать средства на доленое участие (в размере 50–60%) в инвестировании нового строительства объектов ЛПК, в том числе освоении лесосырьевых ресурсов, ранее недоступных (Концепция..., 2003, с. 6).

Необходимо отметить, что на недостижение показателей концепции в определенной мере повлиял мировой экономический кризис 2008–2009 гг.

Последующие разработки программ развития лесного комплекса Красноярского края производились без учета результатов предыдущей Концепции (2003), что не могло привести к положительным результатам. Рассмотрим это на примере Стратегии развития лесопромышленного комплекса Красноярского края на период до 2020 года и отраслевой программы «Развитие лесного комплекса Красноярского края на 2016–2018 годы», а также Материалов к стратегии долгосрочного социально-экономического развития Красноярского края на срок до 2030 года (лесопромышленный комплекс).

Эти документы повторяют ошибки различных концепций и стратегий развития ЛПК субъектов РФ и Российской Федерации. Мы уже указывали, что эти документы направлены на развитие лесопромышленного комплекса, т. е. древесинопользование, что свидетельствует о непонимании сути лесного сектора, состоящего из пяти вышеназванных блоков, и требует критического пересмотра материалов действующих стратегий и программ.

Прежде всего этот вывод касается оценки древесных ресурсов. По материалам Стратегии развития лесопромышленного комплекса

Красноярского края на период до 2020 года ежегодная расчетная лесосека составляет 81,9 млн м³ с колебаниями по годам от 77,5 до 98,3 млн м³. Отсюда делается вывод, что расчетная лесосека позволяет повышать объемы лесозаготовок в крае практически неограниченно. Это абсолютно ложный вывод, и эта гигантомания наносит невосполнимый ущерб лесному комплексу.

Рассчитанная нами экономически доступная ежегодная расчетная лесосека по краю составляет 26,8 млн м³ (32,7% от действующей), в том числе по хвойным 21,4 млн м³ (Соколов, 2005; Природные ресурсы..., 2007; Организация..., 2009; Соколов и др., 2015). Материалами этой Стратегии по лесопромышленному комплексу предусматривается увеличение заготовки деловой древесины до 33,6 млн м³ (в ликвиде ориентировочно 37,6 млн м³). Предполагается сьем древесины с 1 га лесной площади до 1,6 м³. Общее использование древесины с 1 га лесопокрытой площади (это будет правильнее) не может превышать средний прирост на 1 га, который составляет 1,3 м³, в том числе по хвойным — 1,2 м³. Сравнение этого показателя с лесоресурсными странами Европы не имеет смысла из-за совершенно разной продуктивности лесов.

В материалах Стратегии... приводится утверждение о «неосваиваемых ресурсах древесины» в четырех районах Нижнего Приангарья (Богучанский, Енисейский, Мотыгинский, Кежемский) в размере до 23 млн м³, что в корне неверно. Экономически доступная расчетная лесосека по этим районам равна 15,7 млн м³, в том числе по хвойным — 13,7 млн м³, а резерв для увеличения рубок составляет не более 6 млн м³.

Такая ориентировка неизбежно приведет к скрытым перерубам расчетной лесосеки, что регулярно практиковалось в советский период, приводило к преждевременному исчерпанию эксплуатационного фонда и перебазированию лесозаготовительных предприятий с негативными социально-экономическими последствиями, а также противоречит принципам постоянства лесопользования и устойчивого развития.

Многие лесопользователи в крае уже испытывают трудности в подборе лесосечного фонда, несмотря на большие лесосеки «на бумаге».

Продemonстрируем это на примере лесосырьевой базы в Кодинском лесничестве Красноярского края (рис. 23). Лесопользователь с трудом размещает расчетную лесосеку на территории, причем дополнительные трудности создают лесные пожары, хорошо видимые на космоснимке.

Таким образом, материалы стратегий и программ по своей сути являются концепцией развития лесопромышленного комплекса. Стратегические направления развития лесного хозяйства — неотъемлемой части лесного комплекса — показаны схематично. Проигнорировано использование недревесных ресурсов и возможного сельскохозяйственного использования лесов. Целиком не учтены биосферная, природоохранная и рекреационная функции лесов. Реальные эколого-экономически доступные лесосырьевые ресурсы не определены. Это может привести к повторению практики перерубов расчетных лесосек, что недопустимо для постоянно действующих производств.

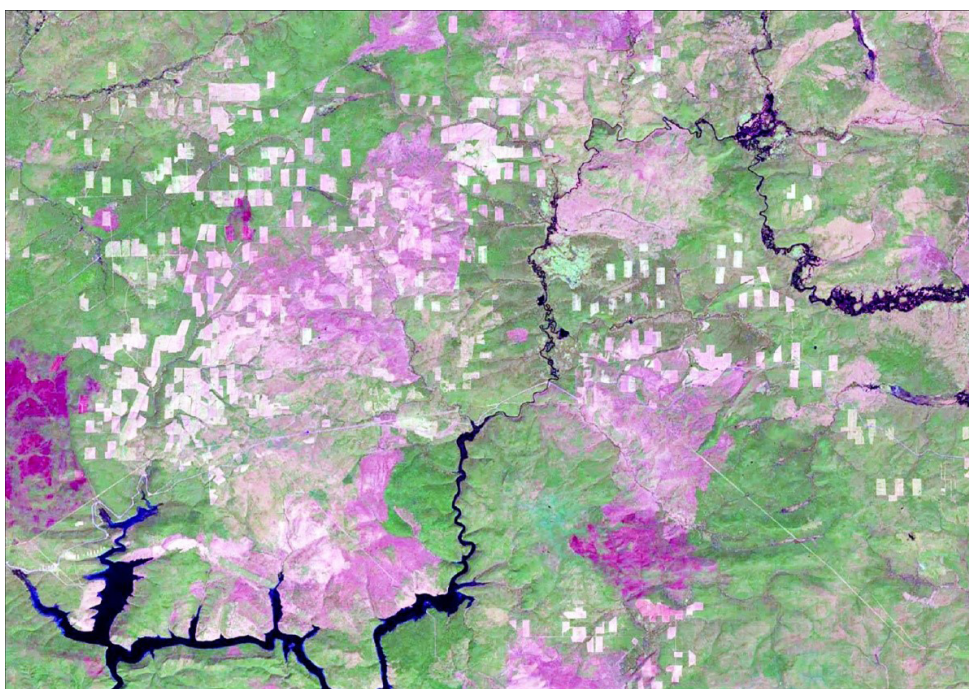


Рис. 23. Лесосеки на арендной территории в Нижнем Приангарье (спутниковый снимок Landsat, 2015)

Здесь важно отметить следующее. Действующий «Порядок исчисления расчетной лесосеки» (2011) без изменений повторяет «Методику определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственного значения СССР» (1987). Однако многие исследователи (Основы..., 1997; Шейнгауз, 2007а, б; Ващук, 2013; Лалетин и др., 2013 и др.) указывают, что действующая методика несовершенна и ее положения следует применять крайне осторожно, особенно при расчетах для постоянно действующих предприятий.

Из вышеизложенного следует сделать вывод о необходимости разработки методики исчисления ежегодных расчетных лесосек, соответствующей современным экономическим условиям (Соколов, Багинский, 2014).

При разработке любых стратегий развития лесного комплекса важна достоверность заложенных в их основу данных о лесных ресурсах. Эти данные базируются на материалах лесоустройства разной давности. В целом по Сибири преобладают материалы лесоустройства давностью более 10 лет. Поэтому любые решения в сфере лесопромышленного хозяйства в лесах неизбежно будут иметь неопределенный характер.

Проблема лесоустройства — это проблема собственника лесов, т. е. государства, разрешение которой возможно за счет применения современных технологий лесоинвентаризации на базе средств дистанционного зондирования Земли. Нами была разработана и направлена в Рослесхоз для апробации технология лесоинвентаризации на основе сочетания лазерной съемки и аэрокосмических снимков (Фарбер и др., 2003; Фарбер, Соколов, 2009). Технология обеспечивала повышение точности работ до уровня I разряда лесоустройства с экономической эффективностью около 200%. Рослесхоз отреагировал в лучших бюрократических традициях: технология заслуживает внимания, но в связи с отсутствием средств апробация откладывается на неопределенное время. Между тем, в мировой практике лазерные технологии становятся обычным средством для лесоинвентаризации (Gregoire et al., 2011; Ståhl et al., 2011; Ene et al., 2012; Stephens et al., 2012).

При осуществлении Стратегии развития лесного комплекса Сибири до 2035 г. должны быть максимально учтены природно-экономические условия по лесорастительным зонам и лесным районам, Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г., а также Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года (Прогноз..., 2012).

В стратегии должны быть учтены все пять вышеуказанных блоков, составляющих лесной комплекс. В ее содержании следует учитывать основополагающие факторы:

— основы организации устойчивого лесопользования (своевременность и достоверность данных о лесных ресурсах, их эколого-экономическая доступность и оценка, экономически доступные ежегодные расчетные лесосеки, возрасты и способы рубок, охрана окружающей среды, способы и технологии рубок, дорожное строительство и лесная инфраструктура, ревизия инвестиционных проектов на предмет соответствия лесосырьевым ресурсам, организация модельных лесов, организация хозяйства в защитных, в том числе кедровых, лесах и др.);

— разработка региональных правил использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов;

— формы и методы частногосударственного партнерства в сфере использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, направленные на совершенствование организации устойчивого лесопользования;

— повышение экономической эффективности лесного комплекса;

— соблюдение интересов населения, прежде всего лесных поселков и общин.

На наш взгляд, следует разработать основные направления развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 г. с привлечением ведущих квалифицированных региональных специалистов науки и практики.

Цель стратегии — рост объемов производства продукции, необходимой для удовлетворения спроса на внутреннем и внешнем рынках на базе приоритетного развития глубокой переработки древесины для

повышения эффективности и конкурентоспособности, а также устойчивого управления лесами.

Задачи:

— переход к устойчивому развитию предприятий лесного сектора с обеспечением экологического оздоровления производств и экологической чистоты продукции;

— обеспечение ускорения инвестиционного процесса, направленного на обновление, техническое и технологическое перевооружение производств;

— формирование информационного обеспечения лесного сектора на основе современных технологий лесоустройства;

— снижение уровня нелегальных лесозаготовок;

— повышение социально-экономического уровня жизни работников лесного сектора и создание новых рабочих мест.

Предлагается следующее содержание стратегии и основных направлений развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 года:

Введение

Анализ современного состояния лесного комплекса Сибири

Заготовка древесины

Переработка древесины

Оценка рынков лесобумажной продукции, внутреннее потребление, экспорт и импорт

Инвестиции

Социальная инфраструктура

Основные проблемы

Оценка лесосырьевого потенциала

Площади и запасы лесов

Динамика лесного фонда

Достоверность информации о лесах

Действующие и экономически доступные ежегодные расчетные лесосеки

Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов

Стратегические направления развития лесного комплекса

Совершенствование лесной политики

Развитие глубокой переработки древесины

Использование отходов

Инвестиции в инновационное развитие лесного комплекса

Повышение бюджетного дохода

Повышение социального потенциала

Снижение уровня нелегальных рубок леса

Воспроизводство, охрана и защита лесов

Сохранение биоразнообразия, снижение экологических рисков, сертификация

Образование, наука и инновационные технологии

Механизм реализации стратегии и основных направлений развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 года

Прогноз результатов реализации стратегии и основных направлений развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 года

Приложения

Для разработки стратегии и основных направлений развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 г. необходимо создать рабочую группу при Департаменте лесного хозяйства СФО с обеспечением необходимого финансирования.

С учетом вышесказанного и должна разрабатываться Стратегия развития лесного комплекса Сибири на период до 2035 г. При этом необходимо исключить негативный опыт разработки и исполнения предыдущих стратегий, концепций и программ, в котором была разорвана комплексность пяти взаимосвязанных блоков лесного сектора и, прежде всего, лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса. Без возрождения лесного хозяйства, которое было развалено реформами 2000-х

и последующих годов, невозможно успешное развитие лесопромышленного комплекса. Эта взаимосвязь обязана учитывать влияние трех остальных блоков лесного комплекса и, прежде всего, биосферную роль лесных экосистем.

В настоящее время Рослесхозом делается очередная попытка разработки программы интенсификации использования и воспроизводства лесов. В целом положительно оценивая эту попытку, отмечаем очередную ошибку этой программы, заключающуюся в недопонимании федеральными органами лесоправления сущности понятия «лесной комплекс» (Соколов, 2014).

Исходным постулатом стратегии лесной политики должна служить парадигма устойчивого управления лесами. Соответствие систем ведения лесного хозяйства принципам устойчивого управления должно оцениваться при помощи ряда критериев и индикаторов, среди которых следует выделять сохранение лесов в хорошем жизненном состоянии, повышение их вклада в депонирование углерода, сохранение ресурсных (древесных и недревесных) и защитных (водоохранных и почвозащитных) функций, сохранение биоразнообразия, усиление социально-экономических функций леса.

Необходимо признать, что качество окружающей среды в большей степени зависит от экосистемных функций леса, чем от ресурсных. Эти функции пока не могут быть точно оценены. Но понимание того, что растущий лес более значим, чем срубленные деревья, обозначает необходимость перехода к экосистемному планированию и лесоправлению. Существующее лесное планирование уделяет основное внимание моно-ресурсному подходу, т. е. древесинопользованию. Этот однобокий подход необходимо срочно изменить.

Устойчивое управление лесами необходимо рассматривать как постоянно обучающуюся динамическую систему, предполагающую использование новейших научных результатов и непрерывное корректирование принимаемых решений, что полностью соответствует научному

пониманию целесообразных путей коэволюции человека и природы в меняющемся мире.

Глобальная мировая политика неизбежно сказывается на состоянии лесного сектора России. Жестокое санкционное давление со стороны «недружественных» стран разорвало давно сложившиеся связи на мировом рынке, что заставляет перекраивать лесную логистику. Это приводит к ухудшению экономического состояния лесного сектора и возникновению кризисных явлений, подобных мировому кризису 2008–2009 гг. Потребовалась переориентировка сбыта лесной продукции на азиатско-тихоокеанские рынки. Кроме того, потребуется усиление внимания к внутренним рынкам потребления лесной продукции. Эти проблемы должны найти немедленное отражение в долгосрочных стратегиях развития лесного сектора России и субъектов РФ.

Кризисные явления в лесном секторе негативно сказываются прежде всего на лесном хозяйстве, что подтверждается всей историей лесных отношений в Российском государстве. Лесное хозяйство — это отрасль материального производства, в которой, как и в ЛПК, действуют законы рыночной экономики. Исходя из этого и необходимо возродить лесное хозяйство в России. Основой возрождения будет объективная рыночная эколого-экономическая оценка лесных ресурсов, позволяющая через механизмы лесной ренты перейти от дотационной схемы финансирования лесохозяйственного производства и лесоправления к системе, обеспечивающей ведение правильного лесного хозяйства и прибыль. Эти механизмы не новы, они использовались в царской России, используются и в экономически развитых лесных странах мира.

В стратегиях и концепциях не показано решение проблемы финансирования лесного хозяйства в новых условиях. Оценки леса, исходящие только из учета древесины, приносят объективный вред лесному хозяйству, поскольку занижают ценность многих лесных участков, которые имеют большое экологическое и социальное значение. Да и сама оценка древесины базируется фактически на лесных таксах советских времен (прейскурант 07–01). Поэтому необходимы разработка и внедрение

методик и нормативов эколого-экономической оценки лесных ресурсов, соответствующих реальным социально-экономическим условиям.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 16.12.2015 г. № 623 лесное хозяйство относится к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники «б. Рациональное природопользование», а в соответствии с перечнем критических технологий Российской Федерации к технологиям: Мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения, а также Предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

С точки зрения научно-технологического развития Российской Федерации наибольшими вызовами в области лесного хозяйства являются:

- исчерпание возможностей экономического роста, основанного на экстенсивной эксплуатации лесосырьевых ресурсов;
- возрастания природных и антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству лесных ресурсов и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан;
- необходимость эффективного освоения и использования лесных ресурсов путем преодоления диспропорций в социально-экономическом развитии регионов страны.

Своевременной реакцией на эти вызовы для лесного хозяйства должно быть реформирование лесной политики и лесного законодательства Российской Федерации, создание новых технологий, продуктов и услуг, отвечающих национальным интересам и необходимых для существенного повышения качества жизни населения.

Главная цель реорганизации лесоправления в России заключается в следующем:

- 1) обеспечение экономической эффективности лесного комплекса;
- 2) рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов и их сохранение для будущих поколений.

Эта цель может быть достигнута только при грамотной системе эколого-экономического, правового и административного регулирования лесных отношений.

Для безболезненного перехода России к устойчивому управлению лесами в ближайшей перспективе лесной отрасли Сибири необходимо ориентироваться на более широкое внедрение модели интенсивного использования и воспроизводства лесов, которая предполагает повышение продуктивности лесов и комплексное использование лесных ресурсов. Такой подход невозможен без широкого применения достижений лесной науки, новейших технологий и технических средств. Особое внимание в связи с этим должно уделяться созданию опытных лесных хозяйств, в которых должны апробироваться передовые технологии.

Необходимо формирование и проведение лесной политики, соответствующей государственным интересам, учитывающей длительный жизненный цикл лесных экосистем, а не сиюминутные интересы отдельных корпораций и ведомств. В краткосрочной перспективе интенсификация лесопользования может быть обеспечена в основном за счет вовлечения в хозяйственный оборот низкотоварной древесины посредством ее глубокой переработки. В долгосрочной перспективе решение проблемы снабжения лесопромышленного комплекса сырьем должно решаться за счет повышения продуктивности лесов лесохозяйственными мероприятиями, включающими использование методов плантационного лесовыращивания, эффективную охрану и защиту лесов. Этот путь может обеспечить удовлетворение спроса на древесную продукцию высокого качества, которая всегда будет востребована.

В условиях быстро меняющихся общественных и экономических отношений совершенствование лесного законодательства неизбежно. В то же время принципиальные положения научно обоснованного лесного хозяйства должны оставаться постоянными, «вечными», как сам процесс лесовыращивания. Резких поворотов в лесной политике и лесном законодательстве не должно повторяться. К приоритетам правильного лесного хозяйства относятся обеспечение ресурсооборота, т. е. сбалансированного

лесопользования и лесовосстановления, обеспечивающих неистощимость лесов; приоритет древесины как главной цели хозяйства, с запасом которой и ресурсооборотом связаны средорегулирующие, средостабилизирующие и рекреационные функции леса; учет длительности лесовыращивания и необходимости вложения в него средств, отдача от которых в ближайшие годы невозможна, а окупаемость возможна лишь через многие десятилетия; приоритет общественных, гражданских интересов в лесопользовании.

Лесному хозяйству необходимо в полной мере использовать потенциал научных организаций для разработки эффективных способов борьбы с негативными процессами и явлениями в лесах Российской Федерации (борьба с лесными пожарами, защита от вредителей и болезней, новые методы инвентаризации лесов, применение биотехнологий для переработки и утилизации отходов лесозаготовки и т. д.). В этом контексте следует рассмотреть вопрос о создании опытных лесных хозяйств с приданием им особого статуса, позволяющего апробировать инновационные методы ведения лесного хозяйства с последующим распространением положительного опыта. Особое внимание следует уделить вопросу специфики организации лесного хозяйства в защитных лесах, включая кедровые. Грамотное ведение хозяйства в этой категории лесов должно быть направлено на поддержание и усиление их защитных функций и одновременно не допускать неоправданных потерь лесной продукции, генерируемой защитными лесами.

Длительный период воспроизводства в лесном хозяйстве показывает необходимость принятия решений, результаты которых будут проявляться много десятилетий спустя. Система действий должна быть нацелена на адаптацию лесов к прогнозируемым природным и экономическим изменениям. Долгосрочные прогнозы динамики лесного фонда необходимы, чтобы подтвердить правильность принимаемых решений в сфере управления лесами Российской Федерации.

Переход лесного хозяйства на рельсы устойчивого развития невозможен без решения проблемы квалифицированных кадров. К сожалению,

качество подготовки специалистов лесного профиля в ВУЗах за последнее время существенно снизилось. По разным причинам, в том числе вследствие тренда научных исследований в сторону глобальных климатических изменений, уменьшилось количество аспирантов, ведущих исследования по лесной тематике. Этой проблеме также необходимо уделять серьезное внимание.

Особо важной проблемой является правильная расстановка кадров в сфере лесоуправления и обеспечение лесной отрасли профессионалами высокого уровня. В структуре управления, определяющей развитие отрасли, должны быть специалисты, имеющие профильное образование с серьезной практикой работы в лесном комплексе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили вскрыть закономерности и особенности структуры и динамики лесов Сибири. Основой формирования растительности являются климатические и литогенные условия внешней среды, которые, складываясь из многих компонентов, а также взаимно трансформируя лесорастительные качества, позволяют развиваться в заданном направлении остальным факторам структурообразования. Это обстоятельство обусловило географию размещения породного состава лесов, их продуктивность и структуру древостоев.

Установлено, что заложенная в нормативно-технические документы по лесному хозяйству Сибири трехзвенная схема лесохозяйственного районирования (Смагин и др., 1978) «не работает». Рекомендуемые методы, способы и приемы ведения хозяйства в основном определяются структурой древостоев, микроусловиями участков и хозяйственным разделением лесов на категории защитности. Основные недостатки существующего в Сибири лесохозяйственного районирования: излишняя дробность, недостаточно надежные данные об условиях их произрастания и искусственность систем ведения лесного хозяйства привели к тому, что это районирование фактически не учитывалось лесоустройством и практикой лесного хозяйства.

Нами разработана двухступенчатая структура лесохозяйственного районирования Сибири, устраняющая недостатки существующего. Метод построения — наложение ландшафтного и лесорастительного районирования (в рамках зон и подзон) на базовое лесоэкономическое в границах субъектов РФ. Выделенные таксоны первого уровня (37 по Сибири) названы экорегионами (эколого-экономические регионы).

Названия экорегионов составлены по принципу сочетания географической и зональнолесорастительной принадлежности. Границы их корректировались административными границами субъектов РФ и внутренним лесоэкономическим содержанием экорегионов. Таким образом, наше районирование является по своей сути природно-экономическим административным. Это наиболее удобно для управления лесами и организации лесного комплекса в субъектах РФ и на федеральном уровне.

Для природно-экономических условий Сибири количество выделенных нами экорегионов будет оптимальным. Изменение экономических условий в отдельных экорегионах может происходить разными темпами. Поэтому в целях возможной дальнейшей дифференциации лесного хозяйства в пределах экорегионов предусмотрено выделение таксонов второго уровня — субэкорегионов. Их выделение произведено нами на ландшафтно-экологической основе. Исследования по их уточнению и насыщению необходимой количественной и качественной информацией продолжаются.

Структура лесного фонда, состав и продуктивность таежных лесов с учетом их целевого назначения и экологической роли определяют возможный размер лесопользования, которое имеет многоцелевой характер. При расчетах ежегодного размера лесопользования следует исходить из реальных возможностей лесного фонда с учетом эколого-экономической доступности лесных ресурсов. Без определения последней невозможна эколого-экономическая оценка лесов.

Система грамотного лесопользования не может осуществляться без наличия в ее составе экологической направленности. В Лесном кодексе и подзаконных нормативных правовых актах этой направленности, кроме декларативных заявлений, внимания не уделено. Следовательно, эта проблема перекладывается из федерального центра на субъекты РФ.

Экологические факторы объективно существуют в природе и прямо или косвенно влияют на доступность лесных ресурсов для лесопользования. Они в сочетании с экономическими факторами регламентируют доступность лесных ресурсов или делают их недоступными для использования. В ближайшей перспективе науке предстоит решить задачу многофакторного моделирования эколого-экономической доступности лесных ресурсов.

Изложены социально-экономические предпосылки формирования новой концепции ценообразования в лесном комплексе. Основой для создания экономического механизма стимулирования лесопользования должна стать система экономических оценок леса на корню. Эколого-экономическая оценка лесов — это заключительный этап в изучении закономерностей всей хозяйственной деятельности в лесу, начиная

с лесовыращивания и завершая изъятием готовой продукции. Научно обоснованные нормативы платы за лесные ресурсы отвечают требованиям ресурсосбережения, повышения многофункциональной роли лесов, способствуют переустройству экономических основ лесной политики.

Лесное хозяйство характеризуется длительным процессом воспроизводства леса и большим временным разрывом между вложениями в лесовосстановление и получением конечных результатов, если рассматривать леса только как источник древесины. При сложившейся системе лесопользования ожидание результата через 80–110 лет не может стимулировать арендаторов, поскольку они всегда будут стремиться окупить свои затраты на воспроизводство леса в течение максимум срока аренды.

В сфере лесного комплекса особое внимание необходимо уделить лесной экономике и, прежде всего, эколого-экономической оценке лесных ресурсов и биосферных функций леса как одного из основных стабилизаторов окружающей природной среды.

Государственное регулирование в этой сфере должно иметь гибкий характер и содействовать как развитию ЛК, так и поддержанию экологической роли леса и сохранению биоразнообразия. Чтобы не допустить развала малых и средних предприятий лесного бизнеса, необходимо содействие в их интеграции и кооперации с крупными вертикально интегрированными компаниями.

При реализации национальной лесной политики (которая находится в зачаточном состоянии) на федеральном уровне следует учитывать следующее:

- необходима рыночная оценка леса на корню, основанная на реальных биржевых оптовых ценах, т. е. рентная оценка;
- необходимо изменение в распределении лесного дохода (но не лесного налога, как в настоящее время) по бюджетам разных уровней и части его, направляемого на воспроизводство лесных ресурсов в полном объеме;
- определенная часть лесного дохода должна направляться по целевым статьям в бюджеты муниципальных образований на развитие социальной сферы в лесных поселках;

— экологические требования к лесопользованию должны быть обязательны для исполнения.

Предложены методические подходы к эколого-экономической оценке защитных лесов, позволяющие объективно определять их ресурсно-экологическую ценность, что должно быть отражено в лесном кадастре.

Установлено, что при отсутствии значительных нарушений для лесных территорий Центральной Сибири характерна значительная аккумуляция углерода в фитомассе и растительном детрите, несмотря на преобладание спелых и перестойных древостоев на севере региона. Скорость аккумуляции углерода в компонентах лесных экосистем увеличивается при движении с севера на юг, что обусловлено более благоприятными климатическими условиями, породным составом и более молодой возрастной структурой древостоев в южной части Центральной Сибири.

Произведена экономическая оценка поглощения углерода лесами Сибири. Ежегодный чистый сток углерода в растительных экосистемах составляет ориентировочно около 220 млн т С, с экономической оценкой поглощения 310 млрд руб.

В Сибири формируется сложная система типов природопользования — от традиционного до промышленного. В настоящее время значительные площади территорий проживания коренных малочисленных народов уже отведены под добычу полезных ископаемых или под геологическую разведку с перспективой их промышленного освоения. Не менее значимым процессом становится развитие лесопромышленного комплекса, в том числе и на территориях, ранее считающихся малодоступными. Все это нарушит структуру и ритмику традиционного природопользования, приведет к утрате оленеводческих и охотничьих площадей, сузятся ареалы обитания ценных объектов охоты. В целях сохранения жизнеобеспечения коренных народов необходимо осуществить природно-хозяйственное зонирование территории.

Главной целью ведения хозяйства на территориях традиционного природопользования следует считать сохранение средостабилизирующих

свойств лесных экосистем. Одновременно необходимо удовлетворять потребности в древесине и другой лесной продукции. Лесопользование необходимо организовывать на принципах комплексного использования как различных защитных, так и ресурсносырьевых функций лесов.

Концепция прогноза динамики и состояния лесов основана на ретроспективном анализе произошедших изменений за долговременный период, перспективах развития политической и социально-экономической ситуации в стране и мире, а также на соотношении спроса и предложения на лесные ресурсы и, прежде всего, древесины.

Во многом эти процессы будут зависеть от изменения системы лесопользования, которая в настоящее время копирует в основном бюджетно-административные принципы советского периода. Эти принципы коренным образом противоречат сложившейся рыночной экономике в постсоветский период. Отсюда возникает дополнительная сложность прогнозирования на долгосрочный период.

Прогнозы показывают, что сохранение экстенсивной формы лесопользования негативным образом скажется на состоянии и динамике лесного фонда Красноярского края. До 2061 г. общая площадь уменьшится на 1,3%, покрытые лесом земли — на 3,0, площадь хвойных насаждений — на 9,1%, причем наибольшее уменьшение будет наблюдаться в сосновых насаждениях — 32,9%. Зато существенно увеличится площадь лиственных пород — на 22,7%. Примерно такие же процессы ожидаются на территории всей Сибири.

Исходным постулатом стратегии лесной политики должна служить парадигма устойчивого управления лесами. Соответствие систем ведения лесного хозяйства принципам устойчивого управления лесами должно оцениваться при помощи ряда критериев и индикаторов, среди которых следует выделять сохранение лесов в хорошем жизненном состоянии, повышение их вклада в депонирование углерода, сохранение ресурсных (древесных и недревесных) и защитных (водоохранных и почвозащитных) функций, сохранение биоразнообразия, усиление социально-экономических функций леса.

Необходимо признать, что качество окружающей среды в большей степени зависит от экосистемных функций леса, чем от ресурсных. Эти функции пока не могут быть точно оценены. Но понимание того, что растущий лес более значим, чем срубленные деревья, обозначает необходимость перехода к экосистемному планированию и лесоуправлению. Существующее лесное планирование уделяет основное внимание моно-ресурсному подходу, т. е. древесинопользованию. Этот однобокий подход необходимо срочно изменить.

Устойчивое управление лесами необходимо рассматривать как постоянно обучающуюся динамическую систему, предполагающую использование новейших научных результатов и непрерывное корректирование принимаемых решений, что полностью соответствует научному пониманию целесообразных путей коэволюции человека и природы в меняющемся мире.

Глобальная мировая политика неизбежно сказывается на состоянии лесного сектора России. Жестокое санкционное давление со стороны «недружественных» стран разорвало давно сложившиеся связи на мировом рынке, что заставляет перекраивать лесную логистику. Это приводит к ухудшению экономического состояния лесного сектора и возникновению кризисных явлений, подобных мировому кризису 2008–2009 гг. Потребовалась переориентировка сбыта лесной продукции на азиатско-тихоокеанские рынки. Кроме того, потребуются усиление внимания к внутренним рынкам потребления лесной продукции. Эти проблемы должны найти немедленное отражение в долгосрочных стратегиях развития лесного сектора России и субъектов РФ.

Кризисные явления в лесном секторе негативно сказываются прежде всего на лесном хозяйстве, что подтверждается всей историей лесных отношений в Российском государстве. Лесное хозяйство — это отрасль материального производства, в которой, как и в ЛПК, действуют законы рыночной экономики. Исходя из этого и необходимо возрождать лесное хозяйство в России. Основой возрождения будет объективная рыночная эколого-экономическая оценка лесных ресурсов, позволяющая через механизмы лесной ренты перейти от дотационной схемы финансирования

лесохозяйственного производства и лесоуправления к системе, обеспечивающей ведение правильного лесного хозяйства и прибыль.

Следует признать, что современное состояние лесоуправления в России многими экспертами оценивается как неудовлетворительное и даже как критическое. Это обусловлено как отсутствием внятной лесной политики в целом, так и недооценкой перспективной роли лесного комплекса в системе экономических отношений в стране с учетом ожидаемого воздействия изменения климата.

Для исправления сложившейся ситуации была разработана и утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 312-р от 11.02.2021 г. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года (далее — Стратегия). Стратегия в основном повторяет ошибки и недостатки разработанных в последние годы различных концепций и стратегий развития лесного сектора РФ и ее субъектов. По своей сути, эти документы направлены на развитие лесопромышленного комплекса (ЛПК), т. е. на древесинопользование.

Необходимо понимать, что состоятельность Стратегии как системы управленческих действий и решений определяется обеспеченностью необходимыми ресурсами, иначе этот документ превращается в набор добрых пожеланий. Низкая производительность лесов России (средний прирост не превышает 1.3 м³/га) практически не учитывалась при разработке Стратегии. Принимающие решения ведомства и официальные лица дезориентированы громадной площадью лесов и завышенной ежегодной расчетной лесосекой (по данным Стратегии уже 730 млн м³). Наши данные показывают, что эколого-экономическая ежегодная расчетная лесосека не превышает 35% от официально действующей.

Длительный период воспроизводства в лесном хозяйстве показывает необходимость принятия решений, результаты которых будут проявляться много десятилетий спустя. Система действий в лесном секторе должна быть нацелена на адаптацию лесов к прогнозируемым природным и экономическим изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

Абаимов А. П., Бондарев А. И., Зырянова О. А., Шитова С. А. Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1997. 208 с.

Алтунин И. В. Карбоновирус // Аргументы недели: сайт. Москва, 2022. URL: <https://argumenti.ru/society/nature/2022/09/788002> (дата обращения: 17.05.2023)

Амосов А. Е., Бендерский Ю. Г., Карасева Т. Б. Эвенки за годы реформ: Мониторинг социально-экономического развития. Красноярск: Буква, 2001. 139 с.

Анненская Г. Н., Видина А. А., Жучкова В. К. и др. Морфологическая структура географического ландшафта. М.: Изд-во МГУ, 1962. 55 с.

Антанайтис В. В., Дялтувас Р. П., Мажейка Ю. Ф. Организация и ведение лесного хозяйства на почвенно-типологической основе. М.: Агропромиздат, 1985. 201 с.

Ануфриев В. П., Лебедев Ю. В., Неклюдов И. А. Водоохранная роль лесов: экономический аспект // Вестник Уральского отделения РАН, 2013. № 4 (46). С. 31–39.

Арнольд Ф. К. Оценка действующих в лесах капиталов и достигаемых ими результатов. СПб. 1884. 282 с.

Аткина Л. И. Структура и продуктивность травяно-кустарничкового яруса лесов южной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1990. 19 с.

Ахмадеева М. М. Методологические аспекты проблемы оценки лесных земель // Лесной журнал. 2002. № 4. С. 123–127.

Баранчиков Ю. Н., Перевозникова В. Д. Очаги массового размножения сибирского шелкопряда как источники дополнительного выброса углерода // Чтения памяти академика В. Н. Сукачева. XX. Насекомые в лесных биогеоценозах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. С. 32–53.

Баранчиков Ю. Н., Перевозникова В. Д. Лесовосстановление в шелкопрядниках южной тайги Приенисейской Сибири // Экологи-

географические аспекты лесообразовательного процесса: материалы Всерос. конференции с участ. иностр. ученых. Красноярск, 23–25 сентября 2009 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2009. С. 354–357.

Барталев С. А., Стыценко Ф. В., Егоров В. А., Лупян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.

Безкорвайная И. Н., Антонов Г. И., Иванов В. В., Семенякин Д. А. Биологическая активность почв после несплошных рубок в сосняках Красноярской лесостепи // Хвойные бореальной зоны. 2010. № 27 (3–4). С. 238–242.

Безкорвайная И. Н., Климченко А. В. Запасы мортмассы в криогенных почвах после пожаров // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Романа Викторовича Ковалева. 4–8 декабря 2017 г., г. Новосибирск. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. Ч. II. С. 10–14.

Белов С. В. Количественная оценка гигиенической роли леса и нормы лесов зеленых зон: методическое пособие. Л.: ЛенНИИЛХ, ротاپринт ВЗЛТИ, 1964. 65 с.

Беспалова В. В. История изменений в экономической оценке лесных ресурсов для финансирования лесного хозяйства Российской Федерации // Лесоведение. 2022. № 2. С. 213–224.

Бобров Р. В. Все о национальных парках. М.: Молодая гвардия, 1987. 222 с.

Богданов В. В., Прокушкин С. Г. Влияние экспозиции склонов на послепожарную трансформацию органического вещества в лиственничниках криолитозоны Средней Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 3–7.

Бондарев А. И., Соколов В. А. Проблемы оптимизации лесопользования в условиях Сибири (на примере Кемеровской области) // Лесная

таксация и лесоустройство: Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск: КГТА, 1995. С. 23.

Буренина Т. А., Шишкин А. С., Онучин А. А., Борисов А. Н. Снежный покров на вырубках разных лет в пихтово-кедровых лесах Енисейского края // Лесоведение. 2013. № 6. С. 23–26.

Валендик Э. Н. Стратегия охраны лесов Сибири от пожаров // Лесное хозяйство. 1996. № 3. С. 12–15.

Васильев В. П. Экономическое содержание лесных такс в СССР // Труды Института леса АН СССР, Т. V. М.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 76–87.

Ващук Л. Н. Пути совершенствования методики исчисления расчетных лесосек // Государственный лесной реестр, государственная инвентаризация лесов и лесоустройство: матлы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 29.11–1.12.2012 г. М.: ФГУП «Рослесинфорг», 2013. С. 39–45.

Ващук Л. Н., Швиденко А. З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: ОАО «Иркутская областная типография № 1», 2006. 392 с.

Ведрова Э. Ф. Влияние сосновых насаждений на свойства почв. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1980. 101 с.

Ведрова Э. Ф., Евдокименко М. Д., Безкоровайная И. Н., Мухортова Л. В., Чередникова Ю. С. Запасы углерода в органическом веществе послепожарных сосняков Юго-Западного Прибайкалья // Лесоведение. 2012. № 1. С. 3–13.

Ведрова Э. Ф., Кошурникова Н. Н. Масса и состав фитодетрита в темнохвойных лесах южной тайги // Лесоведение. 2007. № 5. С. 3–11.

Ведрова Э. Ф., Мухортова Л. В. Биогеохимическая оценка лесных экосистем // Сибирский экологический журнал. 2014. Т. 21. № 6. С. 933–944.

Ведрова Э. Ф., Мухортова Л. В., Иванов В. В., Кривобоков Л. В., Болонина М. В. Восстановление запасов органического вещества после рубок в лесных экосистемах Восточного Прибайкалья // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2010. № 1. С. 83–94.

Ведрова Э. Ф., Мухортова Л. В., Трефилова О. В. Участие старовозрастных лесов в бюджете углерода бореальной зоны Центральной Сибири // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2018. № 3. С. 326–336.

Ведрова Э. Ф., Чагина Е. Г. Биологический круговорот и плодородие почв // Пути и методы лесорастительной оценки почв и повышения их продуктивности: тез. докл. Всесоюз. совещ. М., 1980. С. 39–40.

Владышевский Д. В. Экология лесных птиц и зверей (кормодобывание и его биоценоотическое значение). Новосибирск: Наука, 1980. 264 с.

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ.

Воевода И. Н., Рузманов Я. С. Стратегия освоения кедровых лесов Сибири // Лесная промышленность, 1979. № 4. С. 17–18.

Волокитина А. В., Софронов М. А., Софронова Т. М. Охрана леса от пожара: Учеб. пособие. Красноярск: СибГТУ, ИЛ СО РАН, 2007. 142 с.

Воробьев В. Н. Биологические основы комплексного использования кедровых лесов. Новосибирск: Наука, 1983. 254 с.

Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Губаев А. В., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье // Вестн. Поволжского гос. технологич. унта. Сер. Лес. экология. Природопользование. 2012. № 1 (15). С. 12–22.

Воронин И. В. Основы анализа хозяйственной деятельности лесхоза. М. – Л.: Гослесбумиздат, 1960. 47 с.

Воронков П. Т. О задачах экономической оценки лесных земель // Вопросы экономики и организации производства. Красноярск. 1972. С. 74–79.

Воронков П. Т. Экономическая оценка лесных угодий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1974. 23 с.

Воронков П. Т. Экономическая оценка лесных угодий. Новосибирск: Наука, 1976. 134 с.

Втюрина О. П., Соколов В. А. Динамика лесов Красноярского края // Лесная таксация и лесоустройство. 2008. № 1(39). С. 112–114.

Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1976. 171 с.

Габеев В. Н. Биологическая продуктивность сосновых лесов Южного Приобья: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 1988. 44 с.

Габеев В. Н. Экология и продуктивность сосновых лесов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. 226 с.

Галкин И. А., Махатков И. Д., Забелин В. А. Опыт моделирования животного населения (мелких млекопитающих) в ландшафтах северо-таежной подзоны Западной Сибири / Интерэкспо ГЕО-Сибирь: сб. материалов науч. конгр., 25–29 апр. 2005 г., Новосибирск. Новосибирск, 2005. Т. 3: Землеустройство, кадастр земель и недвижимости, лесостроительство, ч. 1. С. 184–189.

Гальперин М. И. Организация хозяйства в пригородных лесах. М.: Лесная пром-сть, 1967. 231 с.

Гейер Г. Руководство к оценке лесов. Перевод Д. М. Кравчинского, 1877. СПб: тип. В. Киршбаума, 1878. 138 с.

Гиряев М. Д. Лесопромышленный маркетинг и лесное хозяйство США // Лесное хоз-во. 1991. № 12. С. 49–50.

Гончаров А. В. Эколого-экономические функции национального парка // Экон. и соц.-прав. принципы экологической безопасности. Л.: Сев.-Зап. заоч. политехн. ин-т, 1991. С. 41–43.

Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов в связи с климатическими условиями районов их произрастания: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1970. 29 с.

Гордина Н. П. Продуктивность надземной фитомассы сосняков лишайниковых бассейна реки Сым: дисс. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1979. 139 с.

Гордина Н. П. Пространственная структура и продуктивность сосняков Нижнего Енисея. Красноярск: Изд-во Красноярского гос. университета, 1985. 128 с.

Гофман К. Г. Методологические основы экономической оценки природных ресурсов // Экономические проблемы оптимизации природопользования. М.: Наука, 1973. С. 28.

Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1959. № 3. С. 3–20.

Гродницкий Д. Л. Сибирский шелкопряд и судьба пихтовой тайги // Природа. 2004. № 11. С. 49–55.

Громцев А. Н. Ландшафтные аспекты теории лесообразовательного процесса // Всес. совещ. «Теория лесообразовательного процесса» (тезисы докладов). Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1991. С. 39–40.

Громцев А. Н. Лесорастительное районирование на ландшафтной основе // Лесное хозяйство. 1992. № 2–3. С. 24–25.

Данюлис Е. П. Строение и рост разновозрастных сосновых насаждений Иркутской области и особенности таксации их: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1969. 28 с.

Дворяшин М. В., Соколов В. А. Применение крупномасштабной аэрофотосъемки в целях контроля лесопользования // Аэрокосмический мониторинг таежных лесов. Тезисы докл. всес. конф. Красноярск, 1990. С. 92–93.

Динамика лесов Красноярского края / Втюрина О. П., Скудин В. М., Соколов В. А. Красноярск: Дарма-печать, 2013. 103 с.

Добровольский В. К. Кедровые леса СССР и их использование. М.: Изд-во «Лесная пром-сть», 1964. 187 с.

Докучаев Н. Е. Механизмы, обеспечивающие восстановление численности бурозубок Северо-Восточной Сибири / Биологические проблемы Севера: тез. докл. X Всесоюз. семинара. Магадан, 1983. С. 20–21.

Дубенок Н. Н., Лебедев А. В. Гидрологическая и санитарно-гигиеническая роль лесных насаждений в условиях изменения климата на примере лесной опытной дачи Тимирязевской академии // Передовые технологии и материалы будущего: сб. ст. Минск: БГТУ, 2021. Т. 1. С. 8–12.

Дуда В. В. Методы лесостроительства и их контролирующая роль в лесном хозяйстве / Лесное хоз-во. 1985. № 5. С. 57–60.

Дьяконов К. Н. Геофизика ландшафта. Метод балансов: учебно-метод. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1988. 95 с.

Екимов Е. В., Борисов А. Н., Шишкин А. С. Взаимосвязь зараженности инфекционными, инвазионными заболеваниями и динамики численности мелких млекопитающих в природных популяциях Енисейского кряжа // Сибирский лесной журнал. 2017. № 3. С. 40–46.

Екимов Е. В., Шишкин А. С., Борисов А. Н. О причинах массовой спленомагии в природных популяциях полевок // Экология. 2015. № 2. С. 149–155.

Елагин И. Н. Сезонное развитие сосновых лесов: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск, 1975. 35 с.

Ефимов Д. Ю. Флора экосистем Усть-Илимского водохранилища. Новосибирск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2011. 182 с.

Жила С. В. Трансформация фитомассы в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья под воздействием пожаров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2013. 20 с.

Жуков А. Б., Коротков И. А., Кутафьев В. П., Назимова Д. И., Речан С. П., Савин Е. Н., Чередникова Ю. С. Леса Красноярского края / Леса СССР. Т. 4. Леса Урала, Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 248–320.

Жуков А. Б., Шиманюк А. П. Лесоводственные мероприятия — основа повышения продуктивности лесов. М.: ИЛ АН СССР, 1958. 16 с.

Завалишин Н. Н. Оценка влияния смещения Солнца от центра инерции на температуру тропосферы // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22. № 1. С. 31–33.

Завалишин Н. Н. Возможный механизм современного потепления: уменьшение альбедо, вызванное смещением Солнца от барицентра // XI Сибирское совещание по климатозоологическому мониторингу, 2015. С. 24–25.

Захаров В. М., Шефтель Б. И., Дмитриев С. Г. Изменение климата и популяционная динамика: возможные последствия (на примере мелких млекопитающих в центральной Сибири) // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131, № 5. С. 435–439.

Иванова Г. А., Жила С. В., Кукавская Е. А., Иванов В. А. Постпирогенная трансформация фитомассы древостоя в насаждениях Нижнего

Приангарья // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. 6 (354). С. 17–32.

Игнатьева Л. А. Динамика органического вещества и роль растительности в биологическом круговороте некоторых типов лесов средней Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1968. 20 с.

Игнатьева Л. А. Особенности биологического круговорота азота и минеральных элементов в некоторых типах леса Среднего Приобья / Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 1971. С. 250–261.

Исаев А. С. Химическая борьба со стволовыми вредителями даурской лиственницы // Древоисоведение и защита древесины. Труды Ин-та леса АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Т. 65. С. 105–117.

Исаев А. С. Тайга: приумножить ее богатства // Лесн. пром-сть. № 128. 26.10.1978.

Исаев А. С. Лесные ресурсы Сибири и проблемы их изучения // Проблемы лесопромышленного комплекса Сибири. Ч. 1. Новосибирск, 1980. С. 25–49.

Исаев А. С., Уткин А. И. Низовые пожары в лиственничных лесах Восточной Сибири и значение стволовых вредителей в послепожарном состоянии древостоя // Защита лесов Сибири от насекомых вредителей. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 118–183.

Исаева Р. П., Копылова Ю. Ю., Лебедев Ю. В., Макаренко Г. П. Эколого-экономическая оценка водоохранно-водорегулирующей и водоочистительной роли лесов Среднего Урала // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. М-во образования Российской Федерации, Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. Вып. 23. С. 43–54.

Исаченко А. Г. Система понятий современного ландшафтоведения // География и современность. Л., 1982. С. 17–52.

Исаченко Г. А. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М., 1965. 327 с.

История развития научной работы в заповеднике // Государственный природный биосферный Центральносибирский заповедник: сайт.

Красноярск, 2023. URL: <https://centralsib.com/page/scientific-history/> (дата обращения 15.04.2023).

Калашников Е. Н. Ландшафтно-экологический подход к исследованию лесообразовательного процесса // Всес. совещ. «Теория лесообразовательного процесса» (тез. докл.). Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1991. С. 81–82.

Калашников Е. Н., Киреев Д. М. Основы ландшафтно-статистического метода лесоинвентаризации. Новосибирск: Наука, 1978. 144 с.

Каменский А. И., Тушинский Г. К., Давыдова М. И., Неклюкова Н. П. Физическая география СССР. Изд-е 2-е. М.: Просвещение, 1966. 847 с.

Карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий». М 1:8 000 000 / Гл. ред. Г. Н. Огуреева. Карта на 2 листах. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: Изд. ТОО «ЭКОР», 1999.

Келлер В. А. Лесоводственно-экологические основы организации хозяйства на юге Эвенкии // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2004. С. 165–166.

Келлер В. А. Размер лесопользования в лесах юга Эвенкии // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы геосферных исследований: материалы науч. конф., 12–15 сент. 2006 г. Чита, 2006. С. 185–187.

Киреев Д. М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Наука, 1977. 214 с.

Киреев Д. М. Ландшафтно-морфологический анализ лесообразовательного процесса // Теория лесообразовательного процесса. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1991. С. 64–66.

Кислова Т. А. Оценка рекреационных функций леса // Лесн. хоз-во. 1988. № 2. С. 37–39.

Кислый А. А., Равкин Ю. С., Богомолова И. Н. и др. Распределение и территориальная неоднородность населения мелких млекопитающих Южной Тайги Западной Сибири // Зоологический журнал. 2019. Т. 98, № 3. С. 343–352.

Климченко А. В. Аккумуляция углерода в валежнике лиственничников северной тайги и Средней Сибири // Лесное хозяйство. 2005. № 5. С. 33–34.

Клоков К. Б. Традиционное природопользование народов Севера: концепция сохранения и развития. СПб., 1997. 91 с.

Колесников Б. П. Естественно-историческое районирование лесов (на примере Урала) // Вопросы лесоведения и лесоводства. Доклад на 5-м Всемирном лесн. конгрессе. М.: АН СССР, 1960. С. 51–57.

Колесников Б. П. Лесотехническое районирование и порайонная специализация лесохозяйственных мероприятий на территории Большого Урала // Материалы по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1963. С. 87–100.

Колесников Б. П. Лесохозяйственные области таежной зоны СССР и системы лесного хозяйства в аспекте долгосрочных прогнозов // Информ. бюл. науч. совета по комплекс. освоению таежных территорий. 1969. № 2. С. 9–39.

Колесников Б. П. Районирование лесного фонда — научно-организационная основа интенсификации лесного хозяйства // 1 Всес. совещ. по проблеме районирования лесного фонда СССР. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. С. 2–7.

Колесников Б. П., Смолоногов Е. П. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральского Приобья // Проблемы кедр. Материалы научно-производственной конференции по комплексному использованию и воспроизводству кедровых лесов. 15–17 сентября 1959. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1960. С. 21–31.

Концепция и основные направления развития лесного комплекса Красноярского края на период 2004–2015 годы. Красноярск, 2003. 156 с.

Концепция устойчивого социального развития Алтае-Саянского экорегиона / Плюснин Ю. М., Калугина З. И., Соболева С. В., Попков Ю. В., Тапилина В. С. / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2002. 58 с.

Коротков И. А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР / Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В. А. Алексеева и Р. А. Бердси. Красноярск: ИЛ СО РАН, 1994. С. 29–47.

Корчагин А. А. Современная динамика лесной растительности на европейском севере СССР // Лесоведение. 1968. № 3. С. 30–35.

Коршунов Н. А. Лесные пожары от молний на территории Красноярского Приангарья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2002. 26 с.

Косицын В. Н., Скудин В. М., Дворяшин М. В. Освидетельствование мест рубок главного пользования с применением материалов крупномасштабной аэрофотосъемки // Лесное хоз-во. 2003. № 1. С. 38–39.

Кошурникова Н. Н. Бюджет углерода в темнохвойных лесах южной тайги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2007. 20 с.

Красиков И. И. Продуктивность надземной биомассы лиственничных древостоев Южной Эвенкии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск: СТИ, 1985. 22 с.

Красиков И. И. Динамика надземной фитомассы лиственничных древостоев Южной Эвенкии / Лиственница и ее комплексная переработка. Красноярск, 1987. С. 23–27.

Краснощеков Ю. Н., Безкоровайная И. Н., Кузьмиченко В. В. Трансформация свойств лесной подстилки при контролируемом выжигании шелкопрядников в Нижнем Приангарье // Почвоведение. 2007. № 2. С. 170–178.

Крассов О. И. Право лесопользования в СССР. М.: Наука, 1990. 235 с.

Креслин Э. П. Рентное лесное хозяйство в России. М.: Гослестехиздат, 1934. 160 с.

Креснов В. Г., Манович В. Н., Махонин А. С. О характеристике кедровых лесов Сибири // Лесное хоз-во. 2007. № 3. С. 35–38.

Крылов Г. В. Лесорастительное районирование Сибири // Вопросы развития лесного хоз-ва Восточной Сибири. М.: АН СССР, 1958. С. 16–23.

Крылов Г. В. Леса Сибири и Дальнего Востока, их лесорастительное районирование. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. 156 с.

Крылов Г. В. Лесные ресурсы и лесорастительное районирование Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: СО АН СССР, 1962. 240 с.

Кузиков И. Е. Изменение фитомассы в пихтарниках зеленомошных типов леса в различных климатических условиях Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1979. 24 с.

Кузиков И. Е., Грибов А. И. Динамика фитомассы пихтарников зеленомошных Средней Сибири // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. научн. тр. Красноярск: КПИ, 1988. С. 70–73.

Кузьмик Н. С. Методика расчета эколого-экономической оценки лесов зеленых зон // Вестник КрасГАУ. Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГАУ, 2006. № 14. С. 489–493.

Кузьмик Н. С., Соколов В. А., Фарбер С. К. Эколого-экономическая оценка лесов зеленых зон. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 110 с.

Кузьмина Г. П., Спицина Н. Т. Биологическая продуктивность лесных фитоценозов Назаровской котловины / Трансформация лесными экосистемами факторов окружающей среды. Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1984. С. 25–42.

Кулагина М. А. Биологическая продуктивность и круговорот элементов // Продуктивность сосновых лесов. М.: Наука, 1978. С. 90–178.

Кулагина М. А. Биологический круговорот веществ в еловых лесах типа Sphagneto-Hylocomiosum / Гидроморфные системы лесов и болот. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1986. С. 71–83.

Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 204 с.

Кутафьев В. П., Митрофанов Д. П. Лесоводственная характеристика объектов исследования / Исследование биологических ресурсов лесов Средней тайги Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973. С. 11–20.

Лазарев А. С. Платный отпуск древесины на корню: история развития и совершенствования // Лесное хоз-во. 1990. № 7. С. 18–22.

Лазарев А. С. Какой быть цене на древесину на корню и в заготовленном виде? // Лесное хоз-во. 1992. № 12. С. 15–18.

Лазарев А. С. Лесной доход. М.: Финстатинформ, 1997. 261 с.

Лазарев А. С., Аскеров Д. Ю. Лесные таксы 1992 г. // Лесное хоз-во. 1993. № 5. С. 5–8.

Лалетин А. А., Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В. О порядке исчисления расчетных лесосек // Лесн. таксация и лесоустройство. 2013. № 1(49). С. 64–69.

Лацинский Н. Н. О сохранении эталонных участков черневой тайги на Салаирском кряже / Охрана растительного мира Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. С. 106–110.

Лебедев Ю.В. Эколого-экономическая оценка лесов Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 214 с.

Лебков В. Ф. Организация хозяйства в горных лесах Южной Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1967. 288 с.

Леса Среднего Приангарья. Новосибирск: Наука, 1977. 264 с.

Лескинен П., Линднер М., Веркерк П. Й., Набуурс Г. Я., Ван Брусселен Й., Куликова Е., Хассегава М. и Леринк Б. (ред.). 2020. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука 11. Европейский институт леса. 140 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 29.01.1997 г. № 22-ФЗ.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ.

Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Плешиков Ф. И., Ваганов Е. А., Ведрова Э. Ф. и др. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002. 356 с.

Литвиненко В. И. Размещение лесохозяйственного производства Сибири. Новосибирск: Наука, 1975. 171 с.

Литвинова В. С. Рост и формирование искусственных насаждений на супесчаных почвах в Ширинской степи Хакасии: дисс. канд. с-х. наук. Красноярск, 2009. 132 с.

Ловелиус Н. В. Дендроиндикация. Санкт-Петербург: Петровская академия наук и искусств, 2000. 313 с.

Логацкий В. Н. Методы определения арендной платы при многоцелевом лесопользовании // Лесной журнал. 1991. № 3. С. 107–112.

Лопатников Л. И. Экономикоматематический словарь: словарь соврем. экон. науки / Под ред. Г. Б. Клейнера. 5 изд., перераб. и доп. М.: Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Российской Федерации, Дело, 2003. 519 с.

Лоскутов С. Р., Шапченкова О. А., Петрунина Е. А., Плящечник М. А., Тютюкова Е. А., Пашенова Н. В., Гродницкая И. Д., Анискина А. А., Сенашова В. А. Диагностика ранних изменений физикохимических свойств древесины под действием грибных инфекций // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 61–72.

Львович М. И. Человек и воды: преобразование водного баланса и речного стока. М.: Географгиз, 1963. 568 с.

Макаров А. М., Коросов А. В. Динамика трофических связей мелких насекомоядных млекопитающих тайги // I всесоюзное совещание по биологии насекомоядных млекопитающих. М., 1992. С. 106–107.

Медведева О. Е. Оценка стоимости лесных земель // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2003. № 11–12. С. 82–86.».

Методика определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственного значения СССР. М., 1987. 23 с.

Методика экономической оценки лесов // Институт Росгипролес: сайт. Москва, 2004. URL: <http://rosgiproles.park.ru/public/default.asp?no=17872032> (дата обращения: 09.03.2004).

Митрофанов Д. П. Химический состав лесных растений Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 120 с.

Митрофанов Д. П. Продуктивность лесов центральной Эвенкии / Структурнофункциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1983. С. 53–63.

Митрофанов Д. П., Касапенко Л. Ф., Лапицкая Л. С., Пашенных О. К. Первичная продукция лесных фитоценозов Среднего Енисея / Лесные растительные ресурсы Средней Сибири. Красноярск: ИЛИД, 1986. С. 3–9.

Моисеев Н. А. Воспроизводство лесных ресурсов. М.: Лесная пром-сть, 1980. 264 с.

Моисеев Н. А. Лесная экономика в системе экономических наук: ее место, роль и отраслевые особенности // Лесной экономический вестник. 2009. № 3. С. 10–23

Моисеев Н. А. Хозяйство на «мертвеца» в лесах защитного значения // Лесная газета. 2011. № 26–28.

Моисеев Н. А., Чертовский В. Г. Лесоэкономическое и лесорастительное районирование (на примере Архангельской области) // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. М.: Наука, 1967. С. 7–22.

Мотовилов Г. П. Лесоводственные основы организации лесного хозяйства. М. – Л.: АН СССР, 1955. 216 с.

Мотовилов Г. П. Учет и устройство лесов // Современные вопросы лесного хозяйства и лесной промышленности в зарубежных странах. М.: Гослесбумиздат, 1962. С. 85–108.

Назимова Д. И. Климатическая ординация лесных экосистем как основа их классификации // Лесоведение. 1995. № 4. С. 63–73.

Неклюдов И. А., Ануфриев В. П. Эколого-экономическая оценка водорегулирующей роли лесопокрываемых водосборов Среднего Урала // Интерэкспо «ГЕО-Сибирь». 16–18 апреля. 2014 г., Новосибирск. № 2. Т. 3. Новосибирск: СГУГиТ, 2014. С. 355–363.

Нестеров Н. С. Определение денежной доходности лесного хозяйства. М., 1909. 23 с.

Нестеров С. А. Адаптивные системы управления: конспект лекций. СПб.: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005. 90 с.

Нормальный лес // Лесная энциклопедия. Т. 2. М.: Советская энциклопедия, 1986. С. 119.

Онучин А. А., Соколов В. А., Втюрина О. П., Мурзакматов Р. Т., Соколова Н. В., Лалетин А. А. Эколого-экономическая оценка древесных ресурсов Красноярского края // Лесная таксация и лесоустройство. 2012. № 1(47). С. 116–122.

Онучин А. А., Фарбер С. К., Втюрина О. П. и др. Проблемы сертификации лесных ресурсов // Лесная промышленность. 1998. № 4. С. 7–9.

Организация устойчивого лесопользования в Красноярском крае / Соколов В. А., Онучи А. А., Фарбер С. К. и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 361 с.

Орлов М. М. Очерки лесоустройства в его современной практике. Л. – М.: Изд-во «Новая деревня», 1924. 364 с.

Орлов М. М. Лесоустройство. Т. 1. Л.: Лесн. хоз-во, лесн. пром-сть и топливо, 1927. 428 с. Т. 2. Л.: Лесное хоз-во и лесн. пром-сть, 1928. 326 с. Т. 3. Л.: Лесное хоз-во и лесн. пром-сть, 1928. 348 с.

Орлов М. М. Леса водоохранные, защитные и лесопарки. Устройство и ведение хозяйства. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 89 с.

Основы управления лесами Сибири / Соколов В. А. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1997. 308 с.

Панов А. В. Структура и динамика органического вещества на вырубках в сосняках лишайниковых среднетаежной подзоны Приенисейской Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2010. 20 с.

Парижское соглашение, 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf.

Паутова В. Н. Надземная масса и транспирация растений некоторых сообществ в зоне тундролесья // Тр. Лимнол. ин-та СО АН СССР. 1976. 22(42). С. 92–128.

Перевозникова В. Д., Баранчиков Ю. Н. Структура запасов надземной фитомассы в свежих шелкопрядниках пихтовой тайги Нижнего Приангарья // Энтомологические исследования в Сибири. Красноярск: Изд-во КФ СО РЭО, 2002. Вып. 2. С. 166–180.

Переход В. И. Лесная рента и ее происхождение. Минск, 1925. 15 с.

Петров А. П. Государственное регулирование экономических отношений: учебное пособие. Пушкино, 1992. 52 с.

Петров А. П. Экономическая оценка лесных ресурсов в условиях их аренды (лицензирования) // Лесное хоз-во. 1993. № 4. С. 12.

Петро А. П. Рентные платежи — действенный механизм повышения доходности лесопользования // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2002. № 3. С. 82–84.

Петров А. П. Государственное управление лесами. Пушкино: ВИПКЛХ, 2011. 204 с.

Петров А. П. Лесная политика Российской Федерации: уроки прошлого и взгляд в будущее // Лесное хоз-во. 2012. № 1. С. 13–16.

Петрунин Н. А. Индикативный анализ горимости лесов в России // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 4. С. 115–137.

Писаренко А. И., Страхов В. В. От управления к контролю и надзору за лесами России // Лесное хоз-во. 2008. № 5. С. 7–10.

Писаренко А. И., Страхов В. В. О лесной политике России. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ИД «Юриспруденция», 2012. 600 с.

Плешиков Ф. И. Лесорастительные свойства почв ленточных боров Минусинской котловины и их относительная оценка: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1975. 26 с.

Плешиков Ф. И., Батин С. Ю. Надземная фитомасса автоморфных и болотных сосняков / Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1984. С. 103–112.

Побединский А. В. Системы ведения лесного хозяйства на зонально-типологической основе. М.: ЦБНТИ, 1983. 36 с.

Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с.

Поздняков Л. К. Леса Якутской АССР / Леса СССР. Т. 4. М.: Наука, 1969. С. 469–537.

Поздняков Л. К. Продуктивность лесов Сибири / Ресурсы биосферы: итоги советских исследований по Международной биологической программе. Л.: Наука, 1975. (1). С. 43–55.

Поздняков Л. К. Лес на вечной мерзлоте. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 100 с.

Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярск: Красн. книж. из-во, 1969. 155 с.

Поликарпов Н. П. Рубки и возобновление в кедровниках // Рубки и возобновление в лесах Восточной Сибири. Материалы межобластной конференции по обмену опытом. Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1966. С. 45–82.

Поликарпов Н. П., Назимова Д. И., Андреева Д. И., Софронов М. А. Формационный состав лесных зон Сибири как отражение взаимодействия лесообразователей // Лесоведение. 1998. № 4. С. 3–11.

Полосухина Д. А., Прокушкин А. С. Сравнительная характеристика запасов и изотопного состава почвенного органического вещества лесных биогеоценозов зоны охвата высотной мачты ЗОТТО / Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования, 14–17 ноября 2017, Барнаул // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: Алтайский государственный университет, 2017. Ч. 2. С. 55–61.

Поляков В. И. Черневые кедровники Западного Саяна: контроль и прогнозирование хода роста. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 181 с.

Поляков В. С. Рост пихтвоеловых древостоев Енисейского района Красноярского края // Учет лесосырьевых ресурсов и устройство лесов. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1964. С. 19–30.

Порядок исчисления расчетной лесосеки. Утв. приказом Рослесхоза от 27.05.2011 г. № 191.

Починков С. В. Рыночная модель лесопользования: экономические аспекты // Лесной журнал. 2000. № 1. С. 26–29.

Починков С. Я. Цена леса в условиях рынка // Лесное хоз-во. 1992. № 12. С. 18–21.

Принципы организации хозяйства в лесах юга Эвенкии / Келлер В. А., Соколов В. А., Фарбер С. К., Шишкин А. С., Втюрина О. П., Кузьмик Н. С. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 126 с.

Природные ресурсы Красноярского края. Энциклопедия. Красноярск: КНИИГиМС, 2007. 472 с. (Раздел 6. Лесные ресурсы. С. 260–309).

Проблемы устойчивого лесопользования / В. А. Соколов, И. М. Данилин, С. К. Фарбер и др. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1998. 225 с.

Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. FAO, Рим, 2012. 86 с.

Прокушкин А. С., Кнорре А. А., Кирдянов А. В., Шульце Е. Д. Продуктивность мхов и накопление органического вещества в подстилке листовенничника сфагнового в криолитозоне // Экология. 2006. № 4. С. 252–260.

Прокушкин С. Г., Богданов В. В., Прокушкин А. С., Токарева И. В. Послепожарное восстановление органического вещества в напочвенном покрове листовенничников криолитозоны Центральной Эвенкии // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2011. (2). С. 227–234.

Прокушкин С. Г., Зырянова О. А. Оценка запасов фитомассы в листовенничниках Центральной Эвенкии (на примере малого водосборного бассейна) // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. (9). С. 122–128.

Протопопов В. В. Биологическая продуктивность лесов Западного Саяна / Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. С. 59–65.

Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алатае-Саянского экорегиона): справ. пособие / Ю. А. Андреев, А. В. Брюханов. Красноярск, 2011. 272 с.

Работа с населением по предотвращению лесных пожаров: практ. пособие / Г. Д. Главацкий, О. А. Главацкая, Д. Ф. Ефремов и др. Под ред. чл.-кор. РАСХН Е. П. Кузьмичева. М.: Изд-во «Весь Мир», 2006. 128 с.

Разнообразие и динамика лесных экосистем России. В 2-х кн. Кн. 1. // М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 461 с.

Раковская Э. М., Давыдова М. И. Физическая география России: учеб. для студ. пед. высш. учеб. заведений: В 2 ч. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. Ч. 2. 304 с.

Рийниекс Я. И. Анализ динамики лесных насаждений под влиянием лесохозяйственной деятельности // Лесное хоз-во. 1987. № 5–6. С. 55–57.

Рожков Л. Н. Кадастровая оценка лесов Беларуси рекреационного назначения // Лесоведение и лесное хоз-во. 1992. № 26. С. 16–23.

Рожков Ю. Ф., Кондакова М. Ю. Оценка нарушенности лесных экосистем и их восстановления после пожаров в Олекминском заповеднике (Россия) по космическим снимкам Landsat // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021. Т. 26, № 2. С. 94–107.

Савицкая Т. А., Трифонов В. А., Серова И. В., Решетникова И. Д., Исаева Г. Ш. Анализ эпидемиологической ситуации по ГЛПС и проведения профилактических дератизационных мероприятий в Российской Федерации за 2018 год / Сборник материалов Региональной научно-практической конференции. Казань, 2019. С. 137–141.

Санников С. Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяции сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу: Материалы совещания. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1973. С. 236–277.

Сапогов А. В., Шефтель Б. И., Готфрид А. Б. Экологическая характеристика популяций землероек и грызунов района стационара «Мирное» / Биологические ресурсы, биоценозы, промысловое хозяйство Туруханской тайги: материалы Первого науч.-произв. совещ. М., 1977. С. 102–111.

Седых В. Н. Формирование кедровых лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1979. 110 с.

Седых В. Н. Лесообразовательный процесс: понятия и методы исследования // Теория лесообраз. процесса. Красноярск, 1991. С. 139–142.

Седых В. Н. Проблема кедра. Существует ли она? // Базовые проблемы перехода к устойчивому управлению лесами России — учет лесов

и организация лесного хозяйства. Материалы международного семинара. 6–7 декабря 2007 г., Красноярск. Красноярск, 2007. С. 55–57.

Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука, 2009. 164 с.

Седых В. Н. Динамика равнинных кедровых лесов Сибири. Новосибирск: Наука, 2014. 232 с.

Седых В. Н., Максютов Ш. Ш. Генетическая типология лесов в решении задач современного лесоводства. Новосибирск: Наука, 2016. 108 с.

Селиховкин А. В., Смирнов А. П. Лесные пожары, вредители и болезни леса: проблемы и решения // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2015. Т. 7, № 3. С. 315–320.

Семечкин И. В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений // Организация лесного хоз-ва и инвентаризация лесов. Красноярск, 1962. С. 119–131.

Семечкин И. В. Строение разновозрастных кедровых насаждений и особенности их таксации. // Тез. докл. конф. по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск: СТИ, 1963. С. 217–224.

Семечкин И. В. Структура и динамика кедровников Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 253 с.

Семечкина М. Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.

Сергеева О. В., Мухортова Л. В., Кривобоков Л. В. Распределение запасов подстилки и биомассы живого напочвенного покрова в северной тайге Центральной Эвенкии в зависимости от рельефа // Сибирский лесной журнал. 2020. № 1. С. 38–46.

Скудин В. М. Проблемы и перспективы развития современного лесостроительства в Сибири // Лесное хоз-во. 2000. № 4. С. 38–45.

Смагин В. Н. Актуальные проблемы лесной типологии // Вопросы лесоведения. 1973. Т. 2. С. 15–26.

Смагин В. Н., Ильинская С. А., Назимова Д. И., Новосельцева И. Ф., Чередникова Ю. С. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.

Смагин В. Н., Семечкин И. В., Поликарпов Н. П. Лесохозяйственное районирование Сибири // Лесные растительные ресурсы Сибири. Красноярск, 1978. С. 5–23.

Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Ось-89, 1997. 255 с.

Смолоногов Е. П. Эколого-географическое дифференцирование и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 288 с.

Смолянов А. С. Состояние использования лесосечного фонда в светлохвойных древостоях Приангарья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1978. 17 с.

Соколов В. А. Проектирование противопожарных мероприятий при лесостроительстве. «Горение и пожары в лесу»: тез. докл. и сообщений Первого Всес. научно-техн. совещ. 22–24 ноября 1978 г. Красноярск, 1978. С. 121–122.

Соколов В. А. Опыт лесопользования в лесах Восточных Саян. Красноярск: ЦНТИ, 1979. 2 с.

Соколов В. А. О рациональности лесопользования в лесах Восточного Саяна // Лесная таксация и лесостроительство. Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибГТУ, 1981. С. 3–7.

Соколов В. А. Проблемы рационального использования лесных ресурсов Восточного Саяна // Рациональное лесопользование и охрана окружающей среды (тез. докл. краевой научно-практ. конф., 19 апреля 1983 г.). Красноярск, 1983. С. 29–31.

Соколов В. А. Принципы организации комплексного хозяйства в лесах Восточно-Саянского горнотаежного района: автореф. дис... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1985. 24 с.

Соколов В. А. Организация хозяйства по составляющим породам в лесах Восточного Саяна // Лесн. хоз-во. 1987. № 2. С. 54–56.

Соколов В. А. Экономическая доступность древесных ресурсов Красноярского края // Лесн. хоз-во. 2005. № 1. С. 10–12.

Соколов В. А. Перспективы развития лесного комплекса Сибири // Сиб. экол. журн. 2008. № 3. С. 361–369.

Соколов В. А. Основы организации устойчивого лесопользования // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 14–24.

Соколов В. А., Аткин А. С., Фарбер С. К. и др. Структура и динамика таежных лесов. Новосибирск: Наука, 1994. 168 с.

Соколов В. А., Багинский В. Ф. О методике исчисления расчетных лесосек // Сиб. лесн. журн. 2014. № 5. С. 9–15.

Соколов В. А., Вараксин Г. С., Фарбер С. К. Организация хозяйства в лесах Красноярского края. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 190 с.

Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В. О разработке стратегии развития лесного комплекса Красноярского края на период до 2030 года // Сиб. лесн. журн. 2016. № 4. С. 39–48.

Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В. Лесные ресурсы Красноярского края: перспективы и ограничения использования // Сиб. лесн. журн. 2021. № 4. С. 24–33.

Соколов В. А., Лалетин А. А., Втюрина О. П. Оценка древесных ресурсов Красноярского края. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 129 с.

Соколов В. А., Семечкин И. В., Втюрина О. П., Кузьмик Н. С., Соколова Н. В. Основы организации хозяйства в кедровых лесах // Лесное хозяйство. 2012. № 1. С. 29–30.

Соколов В. А., Спиридонов Б. С. Проблемы развития лесного комплекса в Нижнем Приангарье // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона. Красноярск–Лесосибирск. 1991. Т. 1. С. 17–26.

Соколов В. А., Фарбер С. К. Возобновление в лесах Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 219 с.

Соколов В. А., Швиденко А. З., Ведрова Э. Ф. Леса Красноярского края в Киотском процессе. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. 120 с.

Солнцев Н. А. История физико-географического районирования европейской части СССР // Физико-географическое районирование СССР. М.: 1962. С. 6–54.

Софронов М. А., Волокитина А. В. Методика пирологического обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами. Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. 71 с.

Софронов М. А., Годьдаммер И. Г., Волокитина А. В., Софронова Т. М. Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2005. 330 с.

Столяров Д. П., Бурневский Ю. И., Романюк Б. Д. Географические ландшафты и лесные экосистемы // Лесное хоз-во. 1992. № 12. С. 22–24.

Струмилин С. Г. Оценка «даровых» благ природы // Вопросы экономики. 1967. № 8. С. 60–73.

Суворов Е. Г. Темнохвойная тайга и сосновые леса в ландшафтах Приангарья // Ландшафтно-экологические исследования в Приангарской тайге. Иркутск, 1989. С. 6–14.

Судачков Е. Я. Задачи, содержание и методика лесоэкономического районирования на примере Красноярского края // Материалы по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1963. С. 349–361.

Сукачев В. Н. Общие принципы и программа изучения типов леса / Избранные труды. Т. 1. Л.: Наука, 1972. С. 259–310.

Суприянович Н. Е. Строение и рост сосняков Приангарья // Таксационные исследования лесов Сибири. Красноярск, 1977. С. 31–75.

Тамаркин М. Л. Леса, лесное хозяйство и особенности лесоинвентаризации и лесоустройства в Северной Америке. М.: Лесная пром-сть, 1964. 195 с.

Терехин Э. А. Оценка нарушенности лесных экосистем юго-запада Среднерусской возвышенности с применением материалов космических съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 4. С. 112–124.

Территории традиционного природопользования Восточной Сибири: Географические аспекты обоснования и анализа / **А. Т. Напрасников, М. В. Рагулина, Л. Л. Калеп** и др. Новосибирск: Наука, 2005. 212 с.

Ткачева Л. П. Об экономической оценке средообразующих функций леса // География освоения ресурсов Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. С. 93–106.

Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. 600 с.

Третьяков Н. В. Метод исследования динамики древостоев данного типа леса. Труды ЛТА, 1956. Вып. 73.

Трефилова О. В. Годичный цикл углерода в сосняках средней тайги Приенисейской Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2006. 20 с.

Трефилова О. В., Ведрова Э. Ф., Кузьмичев В. В. Годичный цикл углерода в зеленомошных сосняках Енисейской равнины // Лесоведение. 2011. № 1. С. 3–12.

Трефилова О. В., Ведрова Э. Ф., Оскорбин П. А. Запас и структура крупных древесных остатков в сосняках Енисейской равнины // Лесоведение. 2009. № 4. С. 16–23.

Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 169 с.

Углова Е. С., Орешков Д. Н. Население мелких млекопитающих Енисейского кряжа / Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. Материалы I межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 5-летию организации Тигирекского заповедника. Труды ГПЗ «Тигирекский». Вып. 1. Барнаул: изд-во «Алтайские страницы», 2005. С. 357–359.

Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. М., 1963. 165 с.

Фалалеев Э. Н. Леса Сибири. Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та. 1985. 135 с.

Фарбер С. К. Формирование древостоев Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 432 с.

Фарбер С. К., Соколов В. А. Основные положения технологии лесоинвентаризации на основе выборочных данных лазерной съемки и цифровых космических снимков // Лесн. хоз-во. 2009. № 4. С. 38–39.

Фарбер С. К., Соколов В. А., Данилин И. М., Втюрина О. П., Соколов И. В. Метод ландшафтно-статистической лесоинвентаризации на основе лазерного зондирования и космической съемки лесного покрова // Лесоведение. 2003. № 5. С. 3–9.

Филипчук А., Страхов В. Запад считает, что наши леса исчезнут. Но это ошибочное мнение // Лесная газета. 2016. № 50.

Фрай Р. С. Охрана окружающей среды в США и Северной Европе (тенденции и законодательство) // Лесная пром-сть. 1994. № 1. С. 29–30.

Фуряев В. В. Шелкопрядники тайги и их выжигание. М.: Наука, 1966. 92 с.

Фуряев В. В. Возобновление леса на горях в шелкопрядниках Кеть-Чулымского междуречья // Лесное хозяйство. 1967. № 9. С. 41–43.

Фуряев В. В. Влияние пожаров и массовых размножений сибирского шелкопряда на формирование лесов Кеть-Чулымского междуречья // Сб. Вопросы лесоведения. Красноярск, 1970. С. 408–420.

Фуряев В. В. Современные представления о роли пожаров в лесообразовательных процессах и методы ее исследования // Теория лесообразов. процесса. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1991. С. 166–168.

Фуряев В. В., Злобина Л. П. Нарушенность пожарами лесов Нижнего Приангарья // География и природные ресурсы. 1996. № 3. С. 47–52.

Фуряев В. В., Ишутин Я. Н., Ключников М. В., Черных В. А. Лесные пожары в экстремальных погодных условиях Южной Сибири // Лесное хоз-во. 2012. № 1. С. 41–44.

Ханбеков И. И., Недвецкий Н. А., Власюк В. Н., Ханбеков Р. И. Влияние леса на окружающую среду. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 136 с.

Цветков П. А. Устойчивость лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири. Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2007. 252 с.

Цымек А. А. Основные принципы лесохозяйственного районирования // Лесное хоз-во. 1962. № 1. С. 53–57.

Чагина Е. Г. О балансе углерода при разложении опада в кедровниках Западного Саяна // Вопросы лесоведения. 1970. № 1. С. 246–52.

Чагина Е. Г. Биологический круговорот в сосняках разной продуктивности / Почвенные факторы продуктивности сосняков. Новосибирск: Наука, 1976. С. 168–89.

Чанг Д., Пирс П. Х. Лесная экономика. М.: НПЦ «Лесное дело», 2019. 384 с.

Чебакова Н. М., Парфенова Е. И., Бляхарчук Т. А. Экосистемы и виды // Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад. Всемирный фонд дикой природы (WWF России). М., 2011. С. 38–51.

Чумаченко С. И. Базовая модель динамики многовидового разновозрастного лесного ценоза // Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем. Научные труды МЛТИ. — Вып. 248. М.: МЛТИ, 1993. С. 147–180.

Чумаченко С. И., Паленова М. М., Коротков В. Н. Прогноз динамики таксационных показателей лесных насаждений при разных сценариях ведения лесного хозяйства // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 2. С. 492–507.

Чупров Н. П. К методике экономической оценки и доступности древесных ресурсов леса // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2004. № 6. С. 103–108.

Чупров Н. П., Антуфьева Е. Д., Кузнецова Н. П. Экономическая оценка лесов и лесных земель в условиях Севера // Лесн. хоз-во. 1984. № 6. С. 26–28.

Чупров Н. П., Воронков П. Т. Методические рекомендации по экономической оценке лесов. Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. 34 с.

Чупров Н. П., Кудряшов М. М. Экономическая оценка лесных ресурсов и лесных земель в условиях Севера и Северо-Запада России // Лесн. хоз-во. 2000. № 3. С. 25–27.

Чупров Н. П., Кудряшов М. М., Антуфьева Е. Д. Экономическая оценка лесных ресурсов и лесных земель в рыночных условиях // Лесной журнал. 1995. № 4–5. С. 141–153.

Чупров Н. П., Торхов С. В. Формирование платы за древесину на корню и определение экономической доступности древесных ресурсов // Лесн. хоз-во. 2003. № 4. С. 22–24.

Швиденко А. З. Глобальные изменения и российская лесная таксация // Лесная таксация и лесоустройство. 2012. № 1(47). С. 52–75.

Швиденко А. З., Страхов В. В., Нильссон С. К оценке продуктивности лесов России // Лесн. хоз-во. 2000. № 1. С. 5–9.

Швиденко А. З., Щепашенко Д. Г., Кракнер Ф., Онучин А. А. Переход к устойчивому управлению лесами в России: теоретикометодические предпосылки // Сиб. лесн. журн. 2017. № 6. С. 3–25.

Швиденко А. З., Щепашенко Д. Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69–92.

Шевелев С. Л. Многоцелевое использование лиственных лесов Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1998. 36 с.

Шевелев С. Л., Кузьмичев В. В., Павлов Н. В., Смольянов А. С. Лесотаксационный справочник для южно-таежных лесов Средней Сибири. М.: ВНИИЛМ, 2002. 166 с.

Шевляков Е. А., Тришин Е. Г., Коневина К. С., Фарбер С. К. Влияние сплошнолесосечных рубок на восстановление сосновых лесов Приангарья (на примере Мотыгинского филиала арендной базы ОАО «Лесосибирский ЛДК-1») // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 4–5. С. 373–377.

Шейнгауз А. С. Классификация динамики лесных ресурсов (на примере Дальнего Востока) // Лесоведение. 1976. № 6. С. 11–20.

Шейнгауз А. С. Многоцелевое лесопользование: опыт разработки системы понятий // География и природные ресурсы. 1984. № 2. С. 11–19.

Шейнгауз А. С. Методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1986. 41 с.

Шейнгауз А. С. Нарушенность лесного покрова: классификация и картографирование по показателям лесообразовательного процесса // Лесоведение. 1994. № 1. С. 7–12.

Шейнгауз А. С. Исследования по лесной экономике на российском Дальнем Востоке // Вестник ДВО. 2007а. № 5. С. 3–12.

Шейнгауз А. С. Лесопользование: непрерывное и равномерное или экономически обусловленное? // Лесная таксация и лесоустройство. 2007б. № 1(37). С. 157–167.

Шейнгауз А. С., Дорофеева А. А. Принципиальная схема лесохозяйственного районирования // Лесоведение. 1977. № 5. С. 51–61.

Шейнгауз А. С., Дорофеева А. А., Ефремов Д. Ф., Сапожников А. П. Комплексное лесохозяйственное районирование. Владивосток: Дальневосточное книжн. изд-во, 1980. 142 с.

Шефтель Б. И. Зональные особенности населения насекомоядных млекопитающих Енисейской тайги и лесотундры / Животный мир Енисейской тайги и лесотундры и природная зональность: сб. ст. / отв. ред. Е. Е. Сыроечковский. М.: Наука, 1983. С. 184–203.

Шефтель Б. И. Фауна наземных позвоночных животных государственного биосферного заповедника «Центральносибирский». Мелкие млекопитающие / Труды государственного заповедника «Центральносибирский» / ред. А. Н. Зырянов. Красноярск: Полицор, 2012. Вып. 2(4). С. 68–77.

Шефтель Б. И., Якушов В. Д. Влияние потепления климата на наземные виды средней Енисейской тайги // Сибирский экологический журнал. 2022. Т. 29, № 1. С. 1–12.

Шишкин А. С. Заяц-беляк Средней Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1988. 180 с.

Шишкин А. С., Екимов Е. В., Орешков Д. Н., Углова Е. С. Население мелких млекопитающих на вырубках темнохвойных лесов Енисейского кряжа // Лесоведение. 2014. № 6. С. 56–61.

Шкала кадастровой стоимости лесных земель Красноярского края: постановление Администрации Красноярского края от 29 декабря 2000 г. № 1018-п. Красноярск, 2000.

Шкатов В. К. Экономическая оценка природных ресурсов и рентные платежи в системе цен. М.: Инс-т экономики АН СССР, 1971. 12 с.

Шугалей Л. С. Распределение органического вещества в сосняках лесостепи Средней Сибири // Лесоведение. 1998. № 3. С. 3–11.

Шутов И. В. О ценах леса на корню // Лесное хоз-во. 2012. № 1. С. 26–28.

Юдин Б. С. Насекомоядные млекопитающие Сибири. Новосибирск: Наука, 1971. 170 с.

Якушов В. Д. Динамика численности мелких млекопитающих средней Енисейской тайги в 2016–2017 гг. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2018. № 1(21). С. 43–53.

Avitabile V., Camia A. An assessment of forest biomass maps in Europe using harmonized national statistics and inventory plots // Forest Ecology and Management, 2018, V. 409, pp. 489–498. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.047.

Barr D. P., Aust S. D. Mechanisms white rot fungi use to degrade pollutants // Environmental Science and Technology. 1994. № 28. P. 78–87.

Bespalova V. V., Bogatova E. Yu., Filinova I. V. Economic estimation of woody and non-woody forestry resources in present conditions // Advances in Economics, Business and Management Research-Paris. France: Atlantis Press. 2019. № 114. P. 250–256.

Biolley. L'aménagement des forest. 1923.

Böttcher H., Freibauer A., Scholz Y., Gitz V., Ciaï P., Mund M., Wutzler T., Schulze E.-D. Setting priorities for land management to mitigate climate change // Carbon Balance and Management, 2012, V. 7(5), pp. 1–18. DOI: 10.1186/1750-0680-7-5.

Brischke C., Alfredsen G. Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay // Applied Microbiology and Biotechnology. 2020. № 104. P. 3781–3795.

Chumachenko S. I., Korotkov V. N., Palenova M. M., Politov D. V. Simulation modelling of long-term stand dynamics at different scenarios of forest management for conifer — broad-leaved forests // Ecol. Model., 2003. Vol. 170. P. 345–361.

Cuthbert J. R. Not seeing the forest for the timber / Forest. Chron., 1986, 62, № 4, P. 376–378.

Data Distribution Center (last modified: 4 November 2019) [Электронный ресурс] // Intergovernmental Panel on Climate Change. Режим доступа: https://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html (Дата обращения: 07.04.2023)

Dengler A. Aufgaben und Wege der wissenschaftlichen Begründung des Waldbaues. Z. f. F. Jw. 1923. II.

Ene L. T., Næsset E., Gobakken T., Gregoire T. G., Ståhl G., Nelson R. Assessing the accuracy of regional LiDAR-based biomass estimation using a simulation approach // Rem. Sens. Environ. 2012. V. 123. P. 579–592.

FAO UN. The Russian Federation forest sector. Outlook study to 2030. 2012. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Färe R. S., Grosskopf S., Hernandez-Sancho F. Environmental Performans: An Index Number Approach. Resource and Energy Economics. 2004. V. 26(4). P. 343–352.

Ferdous D., Dalai A. K., Bej S. K., Thring R. W., Bakhshi N. N. Production of H₂ and medium Btu gas via pyrolysis of lignins in a fixedbed reactor // Fuel Processing Technology. 2001. № 70. P. 9–26.

Filley T. R., Cody G. D., Goodell B., Jellison J., Noser C., Ostrofsky A. Lignin demethylation and polysaccharide decomposition in spruce sapwood degraded by brown rot fungi // Organic Geochemistry. 2002. № 33. P. 111–124.

Flournoy D. S., Paul J. A., Kirk T. K., Highley T. L. Production of organic acids by different whiterot fungi as detected using capillary zone electrophoresis // Holzforschung. 1993. № 47. P. 297–301.

Forsell N., Korosuo A., Gusti M., Rüter S., Havlik P., Obersteiner M. Impact of modelling choices on setting the reference levels for the EU forest carbon sinks: how do different assumptions affect the country-specific forest reference levels? // Carbon Balance and Management, 2019. V. 14(1), art. 10. DOI: 10.1186/s13021-019-0125-9.

Frank S., Gusti M., Havlik P., Lauri P., Di Fulvio F., Forsell N., Hasegawa T., Krisztin T. et al. Landbased climate change mitigation potentials within the agenda for sustainable development // Environmental Research Letters, 2021, V. 16(2), e024006. DOI: 10.1088/1748-9326/abc58a.

Gao N., Li A., Quan C., Du L., Duan Y. TG-FTIR and Py-GC/MS analysis on pyrolysis and combustion of pine sawdust // The Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2013. № 100. P. 26–32.

Gauthier S., Bernier P., Kuuluvainen T., Shvidenko A. Z., Schepaschenko D. G. Boreal forest health and global change. Science. 2015 Aug 21; 349(6250):819–22. doi:10.1126/science.aaa9092. PMID: 26293953.

Girometta C., Dondi D., Baiguera R. M., Bracco F., Branciforti D. S., Burratti S., Lazzaroni S., Savino E. Characterization of mycelia from wood-decay species by TGA and IR spectroscopy // Cellulose: сайт, 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03208-4> (дата обращения: 09.06.2023).

Girona M. M., Morin H., Gauthier S., Bergeron Y. (eds.). Boreal Forests in the Face of Climate Change, Advances in Global Change Research 74. 2023 March. doi:10.1007/978-3-031-15988-6.

Goodell B. Brown-Rot Fungal Degradation of Wood: Our Evolving View // ACS Symposium Series. 2003. № 845. P. 97–118.

Green F., Larsen M. J., Winandy J. E., Highley T. L. Mechanism of brown-rot decay: Paradigm or paradox // International Biodeterioration Biodegradation. 1997. № 39. P. 113–124.

Gregoire T. G., Ståhl G., Næsset E., Gobakken T., Nelson R., Holm S. Model-assisted estimation of biomass in a LiDAR sample survey in Hedmark County, Norway // Can. J. For. Res. 2011. V. 41. N. 1. P. 83–95.

Gurnaud. La sylviculture francaise et la methode du controle. 1886.

Gusti M., Di Fulvio F., Biber P., Korosuo A., Forsell N. The Effect of Alternative Forest Management Models on the Forest Harvest and Emissions as Compared to the Forest Reference Level // Forests, 2020, V. 11(8), art. 794. DOI: 10.3390/f11080794.

Hansen M. C., Potapov P. V., Turubanova S. A., Tyukavina A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G., Moore R., Hancher M., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A. Highresolution global maps of 21st-century forest cover change // Science. 2013. Vol. 342. No. 6160. P. 850–853.

Hu S., Jess A., Xu M. Kinetic study of Chinese biomass slow pyrolysis: Comparison of different kinetic models // *Fuel*. 2007. № 86. P. 2778–2788.

Irbe I., Andersone I., Andersons B., Chirkova J. Study of the structure of biodegraded wood using the water vapour sorption method // *International Biodeterioration Biodegradation*. 2001. № 47. P. 37–45.

Jasalavich C. A., Ostrofsky A., Jellison J. Detection and identification of decay fungi in spruce wood by restriction fragment length polymorphism analysis of amplified genes encoding rRNA // *Applied and Environmental Microbiology Journal*. 2000. № 66. P. 4725–4734.

Jiang L., Walczyk D., McIntyre G., Chan W. K. Cost modeling and optimization of a manufacturing system for mycelium-based biocomposite parts // *The Journal of Manufacturing Systems*. 2016. № 41. P. 8–20.

Kim G-H., Kim J-J., Lim Y. W., Breuil C. Ophiostomatoid fungi isolated from *Pinus radiata* logs imported from New Zealand to Korea // *Canadian Journal of Botany*. 2005. № 83. P. 272–278.

Kindermann G., Obersteiner M., Rametsteiner E., McCallum I. Predicting the deforestation trend under different carbon prices. *Carbon Balance and Management*, 2006, V. 1(15), pp. 1–17. DOI: 10.1186/1750-0680-1-15.

Kindermann G., Schoerghuber S., Linkosalo T., Sanchez A., Rammer W., Seidl R., Lexer M. J. Potential stocks and increments of woody biomass in the European Union under different management and climate scenarios // *Carbon Balance and Management*, 2013, V. 8, art. 2. DOI: 10.1186/1750-0680-8-2.

Konohira Yukichi, Amano Masahiro / *Determin. Forest allowable Cut Various Countries World*. Bucharest, 1986, P. 149–157.

Koshurnikova N. N., Verkhovets S. V., Antamoshkina O. A., Trofimova N. V., Zlenko L. V., Zhuikov A. V., Garmash A. A. Structure of the organic matter pool in dominated forests of Central Siberia // *Folia Forestalia Polonica*. 2015. N 57(4). P. 218–23.

Lindner M., Maroschek M., Netherer S. et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems // *Forest Ecology and Management*, 2010. Vol. 259. P. 698–709.

Mayer H. *Der Gebirgswald als Objekt der Waldpflegeforschung / Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt*, Wien, 1978, № 124, P. 93–98.

Meleshko V. P., Katsov V. M., Govorkova V. A. Climate of Russia in the XXI century. 3. Future climate change obtained from an ensemble of the coupled atmosphere-ocean GCM CMIP3 // *Meteorology and Hydrology*, 2008. № 9. C. 5–22.

Moreth U., Schmidt O. Investigation on ribosomal DNA of indoor wood decay fungi for their characterization and identification // *Holzforschung*. 2005. № 59. P. 90–93.

Moser O. *Der Waldbau bei den Osterreichischen Bundesforsten im Spannungsfeld zwischen Holzproduktion und Umweltgestaltung / Allgemeine Forstzeitung*, 1975, 86, № 12, P. 360–364.

Mukhortova L. V., Krivobokov L. V., Schepaschenko D. G., Knorre A. A., Sobachkin D. S. Stock of standing dead trees in boreal forests of Central Siberia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 875, No. 1. P. 012059.

«**New Climate Normal**» **Poses Severe Risks to Development** — World Bank Reports Significant Impacts in Central Asia, Russia, and Western Balkans World Bank Group. November 23, 2014.

Niskanen A., Petrov A., Filoushkina G. Economic accessibility of forest resources in Northern Russia // Scientific paper presented in Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics and 3rd Berkeley — KVL Conference of Natural Resources Management, May 21–25. 2002. Gilleleje, Denmark.

Plattner E. *Das Forstgesetz 1975–Grundlage einer gegenwartsbezogenen Forstpolitik / Allgemeine Forstzeitung*, 1976, 87, № 3, P. 72–74.

Schelhaas M.-J., Nabuurs G.-J., Verkerk P. J., Hengeveld G., Packalen T., Sallnäs O., Pilli R., Grassi G. et al. Forest Resource Projection Tools at the European Level. In: *Forest Inventory-based Projection Systems for Wood and Biomass Availability* / Eds. Barreiro S., Schelhaas M.-J., McRoberts R. E., & Kändler G. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2017. Pp. 49–68.

Schepaschenko D., Moltchanova E., Shvidenko A., Blyshchyk V., Dmitriev E., Martynenko O., See L., Kraxner F. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests // *Forests*. 2018. N 9(6). P. 312.

Schepaschenko D., Shvidenko A., Nilsson S. Phytomass (live biomass) and carbon of Siberian forests // *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 14, N 1. P. 21–31.

Schwarze F. W. M. R., Engels J., Mattheck C. *Fungal Strategies of Wood Decay in Trees*. Springer-Verlag.: Berlin: Heidelberg, 2000. 185 pp.

Shakir A. M., Azahari B., Yusup Y., Yhaya M. F., Salehabadi A., Ahmad M. I. Preparation and characterization of mycelium as a biomatrix in fabrication of biocomposite // *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 2020. № 65. P. 1–11.

Shen D. K., Gu S., Bridgwater A. V. Study on the pyrolytic behaviour of xylanbased hemicellulose using TG–FTIR and Py–GC–FTIR // *The Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2010. № 87. P. 199–206.

Shvidenko A., Mukhortova L., Kapitsa E., Kraxner F., See L., Pyzhev A., Gordeev R., Fedorov S., Korotkov V., Bartalev S., Schepaschenko D. A Modelling System for Dead Wood Assessment in the Forests of Northern Eurasia // *Forests*. 2022. N 14(1). P. 45.

Shvidenko A., Schepaschenko D., Nilsson S. and Bouloui Y. Semi-empirical models for assessing biological productivity of Northern Eurasian forests // *Ecological Modelling*, 2007. V. 204. P. 163–179.

Ståhl G., Holm S., Gregoire T. G., Gobakken T., Næsset E., Nelson R. Model-based inference for biomass estimation in a LiDAR sample survey in Hedmark County, Norway // *Can. J. For. Res.* 2011. V. 41. N. 1. P. 96–107.

Stephens P. R., Kimberley M. O., Beets P. N., Paul T. S. H., Searles N., Bell A., Brack C., Broadley J. Airborne scanner LiDAR in a double sampling forest carbon inventory // *Rem. Sens. Environ.* 2012. V. 117. P. 348–357.

Synthesis Report for the Sixth Assessment Report during the Panel’s 58th Session (13–19 March 2023, Interlaken, Switzerland) [Электронный ресурс] // A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/> (дата обращения: 09.06.2023)

Tum M. **Modelling and Validating Biomass Potentials over Agricultural and Forest Areas**. IIASA Interim Report. IIASA, Laxenburg, Austria, 2010: IR-10–021. 37 p. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/9462> (дата обращения: 09.06.2023)

Ulloa C. A., Gordon A. L., García X. A. Thermogravimetric study of interactions in the pyrolysis of blends of coal with radiata pine sawdust // *Fuel Processing Technology*. 2009. № 90. P. 583–590.

Vedrova E. F., Pleshikov F. I., Kaplunov V. Y. Net ecosystem production of boreal larch ecosystems on the Yenisei transect // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2006. N 11. P. 173–90.

Wehkamp J., Koch N., Lübbers S., Fuss S. Governance and deforestation — a meta-analysis in economics // *Ecological Economics*, Elsevier, 2018, V. 144(C), pp. 214–227. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.07.030

Winandy J., Morrell J. Relationship between incipient decay, strength, and chemical composition of Douglasfir heartwood // *Wood and Fiber Science*. 1993. № 25. P. 278–288.

**Характеристика фитоценозов постоянных
пробных площадей (ППП)**

№	Тип фитоценоза	Дата	Размер (м)	Абс. высота (м)	Координаты, с.ш./в.д.	Экспозиция	Наклон (°)	Локализация, район	ПП* др. я. (%)	Высота др. я. (м)	ПП к. я. (%)	Высота к. я. (м)	ПП тр.-к. я. (%)	Высота тр.-к. я. (см)	ПП м.-л. я. (%)
Байкут															
1	Лиственничник голубично-багульниково-зеленомошный	11.07.2021	625	206	61°37'19.1" 96°43'08.4"	Ю-В	6	Эвенкийский	45	22	5	2.5	40	30	70
2	Лиственничник голубично-багульниковый	13.07.2021	625	160	61°37'22.9" 96°43'37.0"	0	0	Эвенкийский	35	17	15	1.5	30	35	30
3	Лиственничник мелкотравно-зеленомошный	14.07.2021	625	209	61°37'34.0" 96°44'35.2"	Ю	20	Эвенкийский	70	29	10	3	35	30	90
4	Кедровник багульниково-бруснично-зеленомошный	16.07.2021	625	282	61°38'40.0" 96°41'46.8"	0	0	Эвенкийский	65	22	30	2.5	35	25	80
5	Березняк багульниково-зеленомошный	17.07.2021	625	259	61°37'32.1" 96°42'14.3"	0	0	Эвенкийский	35	12	3	2	30	20	75
6	Лиственничник кустарничково-лишайниковый	19.07.2021	625	198	61°39'50.1" 96°48'55.8"	С, С-З	18	Эвенкийский	40	18	40	3.5	25	20	75
Большая Мурта															
1	Березняк орляково-вейниковый	03.09.2021	625	228	57°08'12.4" 93°31'30.6"	0	0	Большемуртинский	50	18	10	2.5	90	100	2
2	Осинник орляково-вейниково-разнотравный	04.09.2021	625	243	57°08'11.4" 93°31'16.1"	0	0	Большемуртинский	65	21	5	3.5	70	120	2
3	Ельник (с пихтой) вейниково-хвощово-мелкотравный	05.09.2021	625	271	57°03'17.1" 93°33'02.2"	С-З	5	Большемуртинский	50	17.5	30	3.5	70	50	10
4	Пихтарник вейниково-осоково-мелкотравно-зеленомошный	06.09.2021	625	281	57°03'11.9" 93°33'01.8"	С, С-З	5	Большемуртинский	65	25	20	2.5	40	20	40
5	Сосняк вейниково-разнотравно-зеленомошный	08.09.2021	625	251	57°06'49.6" 93°31'37.4"	Ю, Ю-З	2	Большемуртинский	70	18	2	3	50	50	30

№	Тип фитоценоза	Дата	Размер (м)	Абс. высота (м)	Координаты, с.ш./в.д.	Экспозиция	Наклон (°)	Локализация, район	ПП* др. я. (%)	Высота др. я. (м)	ПП к. я. (%)	Высота к. я. (м)	ПП тр.-к. я. (%)	Высота тр.-к. я. (см)	ПП м.-л. я. (%)
Туруханск															
1	Березняк чернично-долгомошный	10.07.2022	400	83	65°55'39.5" 89°01'44.5"	0	0	Туруханский	55	15	10	2.5	30	30	70
2	Ельник кустарничково-зеленомошный	12.07.2022	400	87	65°55'34.6" 89°01'10.8"	Ю-В	2	Туруханский	35	11	30	1.5	30	20	100
3	Смешанный (Л, К, Б, Е) пихтарниковый кустарничково-зеленомошный	14.07.2022	400	91	65°56'01.0" 89°00'43.5"	0	0	Туруханский	50	13.5	35	2	35	25	95
4	Лиственничник (с березой) кустарничково-зеленомошный	17.07.2022	250	65	65°55'49.0" 89°03'16.6"	С, С-В	4	Туруханский	70	12	20	1.5	35	25	90
5	Березняк ольховниковый чернично-хвощово-зеленомошный	18.07.2022	250	83	65°57'18.9" 88°59'51.0"	С-В	10	Туруханский	45	15	30	3	45	40	40
6	Лиственничник ольховниковый кустарничково-зеленомошный	21.07.2022	400	54	65°46'34.2" 89°24'28.6"	С	10	Эвенкийский	70	15	35	3.5	25	20	70
7	Лиственничник багульниково-хвощово-осоково-зеленомошный	21.07.2022	400	66	65°46'32.6" 89°24'33.4"	С	7	Эвенкийский	35	16	25	3	30	25	100
Бор															
1	Лиственничник (с березой) вейниково-мелкотравный	20.08.2022	625	161	61°35'11.8" 90°09'29.1"	С, С-З	2	Туруханский	80	23	15	4	50	40	10
2	Кедровник чернично-зеленомошный	22.08.2022	625	102	61°38'53.8" 90°19'37.3"	С, С-В	3	Туруханский	60	24	25	3	30	15	90
3	Ельник рябинниковый хвощово-разнотравно-зеленомошный	24.08.2022	250	58	61°36'07.5" 90°05'25.4"	0	0	Туруханский	60	20.5	50	4	25	25	75
4	Березняк хвощово-вейниково-мелкотравный	28.08.2022	625	81	61°35'24.7" 90°08'54.4"	С, С-З	7	Туруханский	75	17.5	20	3	35	30	20

Примечания. * ПП — проективное покрытие, др. я. — древесный ярус, к.я. — кустарниковый ярус, тр.-к. — травяно-кустарничковый ярус, м.-л. — моховолишайниковый ярус. Высота для каждого яруса указана средняя.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Примечания к таблицам флористического состава (Табл. 2–5)

Названия сосудистых растений, мхов и лишайников приведены по работам (Черепанов, 1995; Ignatov et al., 2006; Список..., 2010).

Проективное покрытие каждого вида обозначено в процентах (%).

Обозначения ярусов: t1 — первый древесный ярус, t2 — второй древесный ярус, sl — кустарниковый ярус, h1 — травяно-кустарничковый ярус, jl — виды древесных растений в травяно-кустарничковом ярусе, ml — мохово-лишайниковый ярус.

Номера описаний приведены в соответствии с приложением 1.

Таблица 2

Флористический состав фитоценозов постоянных пробных площадей на полигоне Байкит

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Древесный ярус							
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	t1	38	38	38	8	3	8
<i>Pinus sylvestris</i> L.	t1			18		38	
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t1	18	3		18		8
<i>Betula pendula</i> Roth	t1	3					2
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t1			3			4
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	t2			2		3	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	t2			3		3	
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t2		3	2	18	8	
<i>Betula pendula</i> Roth	t2		8	18	4	3	
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t2		3	2	4		

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Кустарниковый ярус							
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	s1	2					
<i>Pinus sylvestris</i> L.	s1			2		1	1
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	s1	3	8	4	4	8	2
<i>Betula pendula</i> Roth	s1	3	3	3	3	3	2
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	s1	2	2	2	3	2	2
<i>Populus tremula</i> L.	s1					2	
<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.	s1			8		8	
<i>Spiraea media</i> Schmidt	s1			3		3	
<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar	s1	3	4		3		
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	s1		3	2	3		
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	s1				3		
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	s1			2			
<i>Lonicera caerulea</i> L.	s1			3			1
<i>Salix jensseensis</i> (F. Schmidt) Flod.	s1			2			2
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	jl	3	2	2	3	2	2
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	jl		2				2
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	jl				2		
<i>Ledum palustre</i> L.	hl	8	8		8	3	3
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	hl	18	8	8		4	18
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	hl	8	4	4	8	8	3
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	hl		3	3	3	3	
<i>Carex amgunensis</i> F. Schmidt	hl					3	

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	hl		3	4	1	3	3
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	hl		2	2		2	
<i>Linnaea borealis</i> L.	hl	4	4	3	4		3
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	hl		8		4	3	
<i>Empetrum nigrum</i> L.	hl					18	
<i>Euphorbia esula</i> L.	hl			3		2	
<i>Galium boreale</i> L.	hl			3		3	
<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	hl			3		3	
<i>Lilium pilosiusculum</i> (Frey) Miscz.	hl			3		2	
<i>Luzula rufescens</i> Fisch. ex E. Mey.	hl					2	
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	hl					3	
<i>Spiraea media</i> Schmidt	hl					3	
<i>Viola uniflora</i> L.	hl			3		3	
<i>Calamagrostis lapponica</i> (Wahlb.) Hartm.	hl		3		3		
<i>Equisetum scirpoides</i> Michx.	hl		3	3			2
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. in Aiton & W. T. Aiton	hl	2	3	2	3		2
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	hl		3		3		
<i>Mitella nuda</i> L.	hl		3				
<i>Orthilia obtusata</i> (Turcz.) H. Hara	hl	2	3	3			2
<i>Viola brachyceras</i> Turcz.	hl		3				
<i>Atragene sibirica</i> L.	hl			3	2		

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	hl				3		
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	hl				3		
<i>Rubus arcticus</i> L.	hl				1		
<i>Salix bebbiana</i> Sarg.	hl	1					
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	hl	1					
<i>Aconitum barbatum</i> Pers.	hl			3			
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	hl			3			
<i>Aquilegia sibirica</i> Lam.	hl			3			
<i>Arctous alpina</i> (L.) Nied.	hl			3			8
<i>Cimicifuga foetida</i> L.	hl			3			
<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	hl			2			
<i>Delphinium crassifolium</i> Schrad. ex Ledeb.	hl			2			
<i>Limnas stelleri</i> Trin.	hl			3			3
<i>Mertensia sibirica</i> (L.) G. Don	hl			3			
<i>Pedicularis labradorica</i> Wirsing	hl			1			
<i>Salix pyrolifolia</i> Ledeb.	hl			2			
<i>Saussurea stubendorffii</i> Herder	hl			3			1
<i>Silene repens</i> Patrin in Pers.	hl			3			
<i>Thalictrum minus</i> L.	hl			3			
<i>Thesium repens</i> Ledeb.	hl			3			
<i>Vicia cracca</i> L.	hl			3			

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Angelica tenuifolia</i> (Pall. ex Spreng.) Pimenov	hl						2
<i>Bistorta major</i> Gray	hl						2
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	hl						2
<i>Campanula turczaninowii</i> Fed.	hl						2
<i>Carex alba</i> Scop.	hl						2
<i>Carex vaginata</i> Tausch	hl						1
<i>Elymus mutabilis</i> (Drobow) Tzvelev	hl						3
<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.	hl						1
<i>Lonicera caerulea</i> L.	hl						2
<i>Salix rhamnifolia</i> Pall.	hl						1
Мохово-лишайниковый ярус							
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	ml	38	38	38	38	38	38
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	ml	38	38	8	38		3
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	ml	18	8	8	4	8	3
<i>Cetraria laevigata</i> Rass.	ml	3				3	3
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	ml	2				3	
<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda	ml			2		2	18
<i>Cladonia stygia</i> (Fr.) Ruoss	ml	2				4	18
<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	ml	2	2	3	2	3	
<i>Peltigera malacea</i> (Ach.) Funck	ml	3				3	
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	ml				3		

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Мохово-лишайниковый ярус							
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	ml				1		
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	ml	3		3			3
<i>Peltigera scabrosa</i> Th. Fr.	ml	2		3			3
<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad.	ml			3			
<i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.	ml						3
<i>Cladonia cervicornis</i> (Ach.) Flot.	ml						2
<i>Cladonia cornuta</i> (L.) Hoffm.	ml						3
<i>Flavocetraria cucullata</i> (Bellardi) Kärnefelt et A. Thell	ml						3

Таблица 3

**Флористический состав фитоценозов постоянных
пробных площадей на полигоне Большая Мурта**

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Древесный ярус							
<i>Pinus sylvestris</i> L.	t1	8	3			68	38
<i>Betula pendula</i> Roth	t1	38	8	8	8	3	38
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t1	2		18	3		38
<i>Populus tremula</i> L.	t1	3	38				38
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	t1			18	3		38
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	t1			8	8		38
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t1			3	8		38
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	t2				38		38
<i>Betula pendula</i> Roth	t2				2		38
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t2				3		38
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t2				2		38
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	t2				3		38
Кустарниковый ярус							
<i>Betula pendula</i> Roth	s1	3	3	4	2	3	38
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	s1	2					38
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	s1	2		8	3	2	38
<i>Pinus sylvestris</i> L.	s1	3	2			2	38
<i>Populus tremula</i> L.	s1	8	2			2	38
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	s1		2	3	3	2	38
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	s1			8	4	2	38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Кустарниковый ярус							
<i>Padus avium</i> Mill.	s1	2	3	3	3		38
<i>Rosa majalis</i> Herrm.	s1	3	2			2	38
<i>Rubus idaeus</i> L.	s1	2	2	3	3		38
<i>Salix caprea</i> L.	s1	2	2			3	38
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	s1	3	3	4	4	3	38
<i>Ribes spicatum</i> E. Robson in With.	s1		2	3	2		38
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	s1		3	2		3	38
<i>Spiraea salicifolia</i> L.	s1		4				38
<i>Daphne mezereum</i> L.	s1			2	2		38
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	s1			2	2		38
<i>Ribes nigrum</i> L.	s1			3	8		38
<i>Rubus matsumuranus</i> H. L-т. v. & Vaniot	s1			3			38
<i>Sambucus sibirica</i> Nakai	s1			2	2		38
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun in Asch.	s1			3			38
<i>Spiraea media</i> Schmidt	s1			2			38
<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar	s1					3	38
<i>Salix taraikensis</i> Kimura	s1					2	38
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Pinus sylvestris</i> L.	jl	2	2			3	38
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	jl			3	3	2	38
<i>Betula pendula</i> Roth	jl			3	2	3	38
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	jl				3	2	38
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	jl			3	3	2	38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Populus tremula</i> L.	jl					2	38
<i>Aconitum volubile</i> Pall. ex Koelle	hl	3	3			2	38
<i>Angelica sylvestris</i> L.	hl	3	3			3	38
<i>Athyrium monomachii</i> (Kom.) Kom.	hl	3	4	8			38
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) see Palisot	hl	3	3			3	38
<i>Bupleurum longifolium</i> L.	hl	3	3			3	38
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	hl	18	4		8	18	38
<i>Campanula glomerata</i> L.	hl	1					38
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	hl	18	4	3	18	4	38
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	hl	3	2				38
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	hl	2	3				38
<i>Crepis sibirica</i> L.	hl	3	3				38
<i>Dryopteris chinensis</i> (Baker) Koidz.	hl	3					38
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	hl	3	3	18	3		38
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	hl	3	8	2			38
<i>Fragaria vesca</i> L.	hl	2				3	38
<i>Galium boreale</i> L.	hl	3	3	3	3	3	38
<i>Galium uliginosum</i> L.	hl	2					38
<i>Geranium krylovii</i> Tzvelev	hl	3	3			2	38
<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	hl	3	3				38
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	hl	2				2	38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	hl	3				3	38
<i>Lathyrus gmelinii</i> Fritsch	hl	3	2	3	3	2	38
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	hl	3		2			38
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	hl	3	3	3	2	3	38
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	hl	3	3	3	3	3	38
<i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod.	hl	3					38
<i>Melica nutans</i> L.	hl	2	3	2		3	38
<i>Milium effusum</i> L.	hl	3	3		2		38
<i>Moehringia lateriflora</i> (L.) Fenzl	hl	3	3				38
<i>Orthilia secunda</i> (L.) House	hl	3				3	38
<i>Paris quadrifolia</i> L.	hl	2	2	2	2		38
<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	hl	2				3	38
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	hl	2					38
<i>Pteridium pinetorum</i> C.N. Page & R.R. Mill	hl	18	18			3	38
<i>Pulmonaria mollis</i> Wulfen ex Hornem.	hl	3	3	2	2	3	38
<i>Pyrola minor</i> L.	hl	3			3		38
<i>Rubus saxatilis</i> L.	hl	3	3	2	3	3	38
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	hl	3				3	38
<i>Serratula coronata</i> L.	hl	2	2				38
<i>Thalictrum minus</i> L.	hl	3	3	3	3		38
<i>Trientalis europaea</i> L.	hl	2	3	3	3		38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
<i>Травяно-кустарничковый ярус</i>							
<i>Trollius asiaticus</i> L.	hl	3	3			3	38
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	hl	3				8	38
<i>Vicia sepium</i> L.	hl	2	3	3	3	2	38
<i>Vicia sylvatica</i> L.	hl	3	3	3	3	3	38
<i>Vicia unijuga</i> A. Braun	hl	3	3			3	38
<i>Viola canina</i> L.	hl	1				2	38
<i>Viola uniflora</i> L.	hl	2	2	2	3	3	38
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	hl		3	3	3		38
<i>Adoxa moschatellina</i> L.	hl		2				38
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	hl		2				38
<i>Cacalia hastata</i> L.	hl		3	3			38
<i>Calamagrostis langsдорffii</i> (Link) Trin.	hl		4				38
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	hl		3	38	3		38
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	hl		3				38
<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy	hl		3	3	3		38
<i>Lactuca sibirica</i> (L.) Benth. ex Maxim.	hl		3	3	2		38
<i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt	hl		2		2		38
<i>Ptarmica impatiens</i> (L.) DC.	hl		1				38
<i>Stellaria bungeana</i> Fenzl in Ledeb.	hl		3	4	8		38
<i>Trisetum sibiricum</i> Rupr.	hl		2				38
<i>Veratrum nigrum</i> L.	hl		1				38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
<i>Травяно-кустарничковый ярус</i>							
<i>Viburnum opulus</i> L.	hl		1				38
<i>Vicia cracca</i> L.	hl		2				38
<i>Viola selkirkii</i> Pursh ex Goldie	hl		3	3	3		38
<i>Gymnocarpium continentale</i> (Petrov) Pojark.	hl		3	3	3	3	38
<i>Allium microdictyon</i> Prokh.	hl			3			38
<i>Circaea alpina</i> L.	hl			3			38
<i>Diplazium sibiricum</i> (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata	hl			3			38
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. in Aiton & W. T. Aiton	hl			2			38
<i>Linnaea borealis</i> L.	hl			4	8		38
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	hl			3	3	3	38
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	hl			2	3		38
<i>Mitella nuda</i> L.	hl			3	4		38
<i>Oxalis acetosella</i> L.	hl			4	4		38
<i>Urtica dioica</i> L.	hl			2	2		38
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	hl			2			38
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	hl				3		38
<i>Rubus humulifolius</i> C. A. Mey.	hl				3		38
<i>Amoria repens</i> (L.) C. Presl	hl					2	38
<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	hl					3	38
<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br. in Aiton & W. T. Aiton	hl					2	38
<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	hl					3	38

Видовой состав	Ярус	Номер описания					
		1	2	3	4	5	6
Травяно-кустарничковый ярус							
<i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench	hl					3	38
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	hl					1	38
<i>Poa sibirica</i> Roshev.	hl					2	38
<i>Pyrola chlorantha</i> Sw.	hl					2	38
<i>Pyrola media</i> Sw.	hl					3	38
<i>Ranunculus grandiflorus</i> L.	hl					1	38
<i>Trommsdorfia maculata</i> (L.) Bernh.	hl					3	38
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	hl					4	38
Мохово-лишайниковый ярус							
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	ml		3	4	8	18	38
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	ml		2	4	8	2	38
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	ml		2	8	8	3	38
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i> (Mitt.) Ignatov & Huttunen	ml	2	2	3			38
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	ml	2			2		38
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	ml				2	3	38
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	ml	2	3		2		38
<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funck) T.J.Kop.	ml			2			38
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	ml	2					38
<i>Dicranum bonjeanii</i> De Not.	ml					2	38
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	ml			3			38

**Флористический состав фитоценозов постоянных
пробных площадей на полигоне Туруханск**

Видовой состав	Ярус	Номер описания						
		1	2	3	4	5	6	7
Древесный ярус								
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t1	3	8	18	8	3	3	4
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t1	18	18	8	8	8		2
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	t1	38	4					
<i>Betula pendula</i> Roth	t1			8	38	38	3	3
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	t1	2		3				
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	t1			18	38		68	38
Кустарниковый ярус								
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	s1	4	18	38		3		
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	s1	4	3	3	18	4	3	3
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	s1	3	4	4	2	3	4	4
<i>Betula pendula</i> Roth	s1			3	3	2	3	3
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	s1	3	3					
<i>Populus tremula</i> L.	s1				3			
<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar	s1	2				18	38	18
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	s1	3					2	
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	s1	3			2	3	2	
<i>Salix jensseensis</i> (F. Schmidt) Flod.	s1		2				2	3
<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.	s1			2	3			
<i>Salix taraikensis</i> Kimura	s1			1			2	
<i>Salix bebbiana</i> Sarg.	s1				2			

Видовой состав	Ярус	Номер описания						
		1	2	3	4	5	6	7
Травяно-кустарничковый ярус								
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	jl	3	3	2	2	2	3	2
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	jl	2	3	3	2			
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	jl	2	3	3				
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	jl		2					
<i>Betula pendula</i> Roth	jl			2				
<i>Populus tremula</i> L.	jl				2			
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	hl	8	18	18	18	18		2
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	hl	3	8	8	8	3	4	4
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	hl	3	4	3	3	3	8	4
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	hl	2				3	2	
<i>Calamagrostis langsдорffii</i> (Link) Trin.	hl	3						
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	hl	3		4	3	8		
<i>Carex globularis</i> L.	hl	4	4	3			3	8
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	hl	3		2	3	3		
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	hl	2						
<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	hl	3			3	3		
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	hl	3	3	4		8	3	8
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	hl	4	3					
<i>Geranium krylovii</i> Tzvelev	hl	2		3	3	3		
<i>Linnaea borealis</i> L.	hl	4	3	4	4	4	4	4
<i>Moehringia lateriflora</i> (L.) Fenzl	hl	2						
<i>Orthilia obtusata</i> (Turcz.) H. Hara	hl	3		3	3	3		3

Видовой состав	Ярус	Номер описания						
		1	2	3	4	5	6	7
Травяно-кустарничковый ярус								
<i>Petasites frigidus</i> (L.) Fr.	hl	2						
<i>Poa sergievskajae</i> Prob.	hl	3				2		
<i>Rubus arcticus</i> L.	hl	4		3		4		
<i>Rubus humulifolius</i> C.A. Mey.	hl	2					3	3
<i>Stellaria bungeana</i> Fenzl in Ledeb.	hl	2				4		
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	hl	2						
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	hl	2				2		
<i>Calamagrostis lapponica</i> (Wahlb.) Hartm.	hl		3		3		4	3
<i>Empetrum nigrum</i> L.	hl		3	3	3		3	
<i>Ledum palustre</i> L.	hl		3		3	2	4	8
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	hl		3	3	3	3	3	3
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) Gray	hl			2				
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. in Aiton & W.T. Aiton	hl			3	3		3	2
<i>Pedicularis labradorica</i> Wirsing	hl			1				2
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	hl			3	3	3	3	
<i>Festuca ovina</i> L.	hl				3			
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	hl				3			
<i>Ptarmica impatiens</i> (L.) DC.	hl				2			
<i>Saussurea parviflora</i> (Poir.) DC.	hl				1			
<i>Solidago dahurica</i> Kitag.	hl				3			
<i>Trientalis europaea</i> L.	hl				3	3		
<i>Viola uniflora</i> L.	hl				3			

Видовой состав	Ярус	Номер описания						
		1	2	3	4	5	6	7
Травяно-кустарничковый ярус								
<i>Actaea erythrocarpa</i> Fisch.	hl					2		
<i>Atragene sibirica</i> L.	hl					2		
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	hl					3		
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	hl					3	3	
<i>Cardamine macrophylla</i> Willd.	hl						3	
<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.	hl						3	
<i>Saxifraga nelsoniana</i> D. Don	hl						3	
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	hl							3
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	hl							3
Мохово-лишайниковый ярус								
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	ml	18	38	38	88	38	38	38
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	ml	8	38	38	8	8	38	68
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	ml	38	38	8	3	2	3	
<i>Dicranum flexicaule</i> Brid.	ml	2	3			3	3	
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	ml	2	2	2				2
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	ml	3	3	2	3	4	3	
<i>Dicranum undulatum</i> Schrad. ex Brid.	ml	3						
<i>Sphagnum species</i> L.	ml	2	2	2			18	3
<i>Cladonia stygia</i> (Fr.) Ruoss	ml	2	3				3	3
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	ml		3					
<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda	ml		3				3	3

Видовой состав	Ярус	Номер описания						
		1	2	3	4	5	6	7
Мохово-лишайниковый ярус								
<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	ml		2					
<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	ml		2			2		2
<i>Peltigera scabrosa</i> Th. Fr.	ml		2					
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	ml			2				
<i>Dicranum majus</i> Turner	ml			3				
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	ml			3	3			
<i>Dicranum fuscescens</i> Turner	ml				2		2	
<i>Dicranum fragilifolium</i> Lindb.	ml					2	2	
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	ml					2		2
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	ml						2	
<i>Bryum species</i> Hedw.	ml						2	
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	ml							3
<i>Cladonia cornuta</i> (L.) Hoffm.	ml							2
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	ml							2
<i>Cladonia subulata</i> (L.) F. H. Wigg.	ml							2
<i>Peltigera malacea</i> (Ach.) Funck	ml							2

Таблица 5

**Флористический состав фитоценозов постоянных
пробных площадей на полигоне Бор**

Видовой состав	Ярус	Номер описания			
		1	2	3	4
Древесный ярус					
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	t1	8			
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t1		3	3	
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t1	2	3	68	2
<i>Betula pendula</i> Roth	t1		18	3	68
<i>Populus tremula</i> L.	t1		8		
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	t2		8		
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	t2	2	8		
<i>Betula pendula</i> Roth	t2	68	8		
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	t2	2	3		
<i>Populus tremula</i> L.	t2		3		
Кустарниковый ярус					
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	s1	3	3	1	3
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	s1	3	4		3
<i>Betula pendula</i> Roth	s1	2	3	2	2
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	s1	4	8	8	8
<i>Populus tremula</i> L.	s1		2		2
<i>Lonicera caerulea</i> L.	s1	2		2	3
<i>Padus avium</i> Mill.	s1	2			2
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	s1	4	4	3	3
<i>Rubus matsumuranus</i> H. Lev. & Vaniot	s1	1			2

Видовой состав	Ярус	Номер описания			
		1	2	3	4
Кустарниковый ярус					
<i>Sambucus sibirica</i> Nakai	s1	2		2	1
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	s1	8	4	3	3
<i>Salix caprea</i> L.	s1		2		
<i>Alnus hirsuta</i> (Spach) Turcz. ex Rupr.	s1			3	
<i>Ribes nigrum</i> L.	s1			3	
<i>Ribes spicatum</i> E. Robson in With.	s1			3	
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun in Asch.	s1			38	
<i>Swida alba</i> (L.) Opiz in Bercht.	s1			8	2
Травяно-кустарничковый ярус					
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	jl	3	3		3
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	jl				2
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	jl	3	3	2	3
<i>Betula pendula</i> Roth	jl		3	2	2
<i>Populus tremula</i> L.	jl		2		
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	hl	3		3	
<i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin.	hl	4		3	3
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	hl	18	3	4	8
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	hl	4	3		4
<i>Cerastium pauciflorum</i> Steven ex Ser.	hl	4			
<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy	hl	3			
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	hl	8	3	4	4
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	hl	4	3		3

Видовой состав	Ярус	Номер описания			
		1	2	3	4
Травяно-кустарничковый ярус					
<i>Galium boreale</i> L.	hl	3	3		3
<i>Geranium krylovii</i> Tzvelev	hl	2	2		
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	hl	4	4	3	4
<i>Linnaea borealis</i> L.	hl	4	4	3	4
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	hl	3	4		3
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	hl	3	3	3	3
<i>Milium effusum</i> L.	hl	3			
<i>Mitella nuda</i> L.	hl	3		3	3
<i>Orthilia secunda</i> (L.) House	hl	3	4		3
<i>Oxalis acetosella</i> L.	hl	4	3	4	3
<i>Paris quadrifolia</i> L.	hl	3		1	
<i>Polemonium coeruleum</i> L.	hl	2			
<i>Pyrola minor</i> L.	hl	3			3
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	hl	3	3	3	3
<i>Rubus saxatilis</i> L.	hl	3	3		
<i>Stellaria bungeana</i> Fenzl in Ledeb.	hl	4		3	4
<i>Trientalis europaea</i> L.	hl	3	3	3	3
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	hl	3	3		3
<i>Allium microdictyon</i> Prokh.	hl		3		
<i>Carex globularis</i> L.	hl		3		
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	hl		2		
<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soo	hl		2		
<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	hl		3		

Видовой состав	Ярус	Номер описания			
		1	2	3	4
Травяно-кустарничковый ярус					
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. in Aiton & W.T. Aiton	hl		2		
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	hl		3		3
<i>Melampyrum pratense</i> L.	hl		3		
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	hl		8		
<i>Actaea erythrocarpa</i> Fisch.	hl			2	
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	hl			1	
<i>Atragene sibirica</i> L.	hl			2	
<i>Cardamine macrophylla</i> Willd.	hl			3	
<i>Circaea alpina</i> L.	hl			3	
<i>Diplazium sibiricum</i> (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata	hl			3	
<i>Equisetum scirpoides</i> Michx.	hl			3	
<i>Lactuca sibirica</i> (L.) Benth. ex Maxim.	hl			3	
<i>Orthilia obtusata</i> (Turcz.) H. Hara	hl			2	
<i>Rubus humulifolius</i> C.A. Mey.	hl			3	
<i>Thalictrum minus</i> L.	hl			2	
Мохово-лишайниковый ярус					
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	ml	8	38	3	18
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	ml	4	8	18	3
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	ml	3	2		2
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	ml	3	3	3	3
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	ml	2			
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	ml		3		3

**Фотографии фитоценозов постоянных пробных площадей
наиболее распространенных типов леса Центральной Сибири**

Видовой состав	Ярус	Номер описания			
		1	2	3	4
<i>Мохово-лишайниковый ярус</i>					
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	ml		18		3
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	ml			38	
<i>Mnium species</i> Hedw.	ml			3	
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	ml			2	
<i>Dicranum fragilifolium</i> Lindb.	ml	2			
<i>Dicranum fuscescens</i> Turner	ml	2			3
<i>Sphagnum species</i> L.	ml		3		
<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	ml		3		
<i>Dicranum majus</i> Turner	ml			2	



Рис. 1. Лиственничник голубично-багульниково-зеленомошный. Среднетаежная подзона, резко континентальный сектор. Полигон Байкит (ППП № 21-1), Эвенкийский район



Рис. 2. Кедровник багульниково-бруснично-зеленомошный. Среднетаежная подзона, резко континентальный сектор. Полигон Байкит (ППП № 21-4), Эвенкийский район



Рис. 3. Березняк (с сосной) орляково-вейниковый. Южно-таежная подзона, резко континентальный сектор. Полигон Большая Мурта (ППП № 21-7), Большемуртинский район



Рис. 4. Сосняк вейниково-разнотравно-зеленомошный. Южно-таежная подзона, резко континентальный сектор. Полигон Большая Мурта (ППП № 21–11), Большемуртинский район



Рис. 5. Ельник кустарничково-зеленомошный. Северо-таежная подзона, континентальный сектор. Полигон Туруханск (ППП № 22–2), Туруханский район

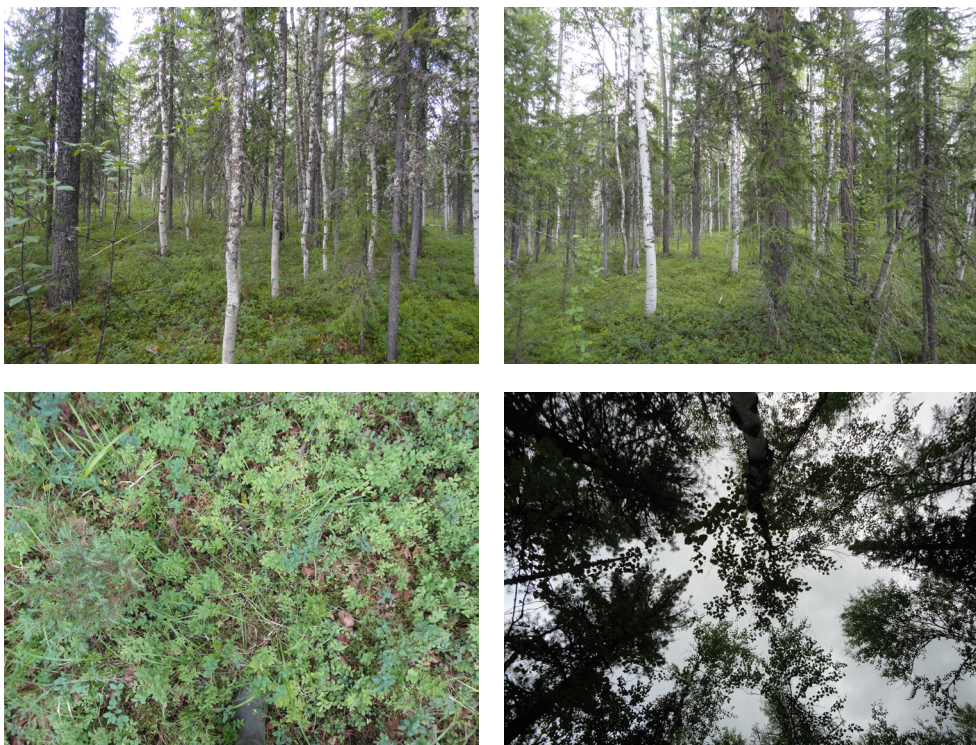


Рис. 6. Лиственничник (с березой) кустарничково-зеленомошный.
 Северотаежная подзона, континентальный сектор. Полигон Туруханск
 (ППП № 22-4), Туруханский район



Рис. 7. Лиственничник багульниково-хвощово-осоково-зеленомошный.
 Северотаежная подзона, континентальный сектор. Полигон Туруханск
 (ППП № 22-7), Эвенкийский район



Рис. 8. Кедровник черничнозеленомошный. Среднетаежная подзона, континентальный сектор. Полигон Бор (ППП № 22-9), Туруханский район



Рис. 9. Ельник рябинниковый хвощово-разнотравнозеленомошный. Среднетаежная подзона, континентальный сектор. Полигон Бор (ППП № 22-10), Туруханский район



Рис. 10. Березняк хвощово-вейниково-осочково-мелкотравный.
Среднетаежная подзона, континентальный сектор.
Полигон Бор (ППП № 22–11), Туруханский район

Научное издание

Соколов Владимир Алексеевич
Фарбер Сергей Кимович
Щепашенко Дмитрий Геннадьевич
Мухортова Людмила Владимировна
Соколова Настасья Владимировна
Кривобоков Леонид Владиленич
Астапенко Сергей Алексеевич
Буренина Тамара Анисимовна
Втюрина Ольга Петровна
Корягина Екатерина Александровна
Кузьмик Наталья Сергеевна
Ложенко Марина Денисовна
Люто Андрей Александрович
Мартынов Алексей Александрович
Мурзакматов Рысбек Тобокелович
Онучин Александр Александрович
Пашкеева Оксана Эриковна
Сергеева Оксана Валерьевна
Тютькова Екатерина Александровна
Хиневич Людмила Анатольевна

ОЦЕНКА ЛЕСОВ СИБИРИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Монография

Ответственный редактор – В. А. Соколов
Корректор – О. А. Гильфанова
Компьютерная верстка – О. В. Аврах
Перевод – В. И. Швецова

Утверждено к печати
Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
<https://publishing.intelgr.com>
e-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63

Подписано в печать 31.10.2023.
Формат 70×100 1/16.
Объем 20,5 уч.-изд. листов.
Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-907804-02-9



9 785907 804029