

**ЛЕСНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ:  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ, КОНТРОЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ**

Монография

Научное электронное издание

Чебоксары  
Издательский дом «Среда»  
2025

УДК 630\*91

ББК49

Л50

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023-128)*

**Авторы:**

*Галактионов Олег Николаевич, Гаврилова Ольга Ивановна,  
Кемпи Елена Андреевна, Ольхин Юрий Васильевич,  
Елхова Мария Александровна, Васильев Алексей Алексеевич,  
Григорьев Валерий Николаевич*

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, доцент,

*И. А. Скобцов*

д-р техн. наук, доцент,

*А. В. Кузнецов*

**Л50** *Лесные и антропогенные ландшафты: эксплуатация, контроль, восстановление:* монография / О. Н. Галактионов, О. И. Гаврилова, Е. А. Кемпи [и др.]. – Чебоксары : Среда, 2025. – 98 с. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

**ISBN 978-5-908083-32-4**

В монографии приведены сведения о результатах работы сотрудников кафедры технологии лесного комплекса и ландшафтной архитектуры о взаимодействии человека с лесными и урбанизированными ландшафтами: лесосечных работ. Рассмотрены особенности восстановления лесных ландшафтов; повреждения деревьев в городских посадках и естественных древостоях; рассмотрены задачи средств дистанционного зондирования; описаны экономические условия деятельности лесного комплекса Республики Карелия.

Монография предназначена для специалистов отрасли, а также для студентов и аспирантов вузов лесоинженерного профиля.

**Минимальные системные требования:** Минимальные системные требования: PC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше ; 256 Мб (RAM) ; Microsoft Windows, MacOS ; дисковод CD-ROM ; Adobe Reader

УДК 630\*91

ББК49

ISBN 978-5-908083-32-4

© Коллектив авторов, 2025

DOI 10.31483/a-10828

© ИД «Среда», оформление, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО .....	6
1.1. Общие положения .....	6
1.2. Ускоренное лесовосстановление .....	10
1.3. Лесосеменное дело .....	10
1.4. Выращивание посадочного материала .....	15
1.5. Плантационное лесовыращивание .....	17
1.6. Заключение .....	24
Глава 2. ПРОБЛЕМЫ ФИТОПАТОЛОГИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ.....	25
2.1. Общие замечания .....	25
2.2. Антропогенное воздействие на ландшафты .....	27
2.3. Заключение по главе .....	33
Глава 3. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РУБКАМИ УХОДА .....	34
3.1. Общие проблемы лесопользования .....	34
3.2. Подходы к управлению рубками.....	36
3.3. Анализ методов и целей управления рубками.....	47
3.4. Заключение по главе .....	56
Глава 4. МЕТОДЫ И ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ .....	57
4.1. Общие сведения.....	57
4.2. Получение данных ДЗЗ .....	59
4.3. Анализ данных ДЗЗ.....	61
4.4. Выявление природных объектов на снимках ДЗЗ.....	66
4.5. Заключение по главе .....	72
Глава 5. ЭКОНОМИКА ОСВОЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ.....	73
5.1. Характеристика лесного фонда.....	73
5.2. Особенности экономики лесного комплекса Республики Карелия.....	74
5.3. Экономика восстановления лесного фонда .....	77
5.4. Лесной комплекс Республики Карелия в условиях санкций .....	79
5.5. Заключение по главе .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	88

## Введение

Наша деятельность в области лесопользования и ее результаты, стали доминирующей силой, преобразующей лесные экосистемы. В лесных ландшафтах – сложных, динамичных и при этом жизненно важной системе биосфера это проявляется особенно остро, например, в снижении поглощения углерода и биоразнообразия, потере возможности стабилизации климата и экономического благополучия для работников лесопромышленной отрасли. Лесные экосистемы оказываются в сопряжении вызовов: фрагментация и деградация земель, учащении пожаров, распространении нашествий вредителей и болезней леса. Леса как сложная система могут быть сохранены на основе синтеза знаний, обобщающего взгляда, объединяющего природу, технологии и общество.

Идея монография заключается в формировании взглядов на устойчивое управление лесными ландшафтами на стыке экологии, технологии и экономики. Привлечение понятие ландшафт к комплексу рассматриваемых проблем позволяет рассмотреть взаимодействие биологических и антропогенных процессов.

Исходя из этого, лесовосстановление предстает перед нами не просто как техническая операция по высадке саженцев, а как глубоко экологическая и социальная задача по исцелению ландшафта. Представлены подходы характерные для республики Карелия – учитывающие разнообразие природных условий, большое количество местобитаний лесных пород, изменчивые погодные условия. Приведенные подходы направлены на воссоздание естественных процессов роста лесов и повышение устойчивости лесных ландшафтов.

Стабильность лесных ландшафтов, в первую очередь, их биотическая компонента постоянно испытывается на прочность. Повреждения деревьев – ветровал, трещины стволов, последствия пожаров или ранений, нанесенных техникой – ворота для патогенов. Борьба с болезнями леса начинается не с фунгицидов, а с грамотного ландшафтного планирования и повышения жизнеспособности насаждения с учетом расположения в естественном и антропогенном ландшафте.

Оценка состояния обширных, труднодоступных лесных территорий, охватывающих тысячи гектаров, составляет отдельную за-

дачу. Здесь на помощь приходят технологии XXI века. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – проводимое из космоса, с самолетов или дронов – позволяет нам совершенно по-другому воспринимать жизнь лесного ландшафта. Спутниковые снимки показывают динамику исчезновения, а также расширения зоны лесов и лесовосстановления в глобальном масштабе, дают информацию для планирования мероприятий в ландшафтах, которые не охвачены лесовосстановительными процессами. Мультиспектральная съемка помогает выявить очаги ослабления деревьев еще до появления видимых симптомов, лидарная – оценить фитомассу древостоя и запасы углерода в нем, смоделировать пожарную опасность. В книге разобран ряд методов обработки данных ДЗЗ и применения их для принятия решений в области управления освоением ландшафтов.

Освоение лесного ландшафта рано или поздно перейдет в стадию экономического планирования. Леса – это значительный экономический актив. На примере Республики Карелия показано как лесная промышленность адаптируется к современным экономическим реалиям, как деятельность в новых условиях сказалась на формировании современных лесных ландшафтов.

Монография построена по принципу интеграции: от лесовосстановления, к анализу фитопатологических проблем, оценке повреждений при лесозаготовках, оценке использования лесов в альтернативных направлениях и продвинутым методам диагностики проблем (фитопатология, ДЗЗ) лесных ландшафтов. Каждая глава является самостоятельным блоком знаний, но при этом связана с другими главами.

Книга предназначена для широкого круга читателей: студентов и аспирантов лесного, экологического и географического профилей, практиков лесного хозяйства и специалистов по охране природы, а также для всех, кто интересуется современными подходами к сохранению и восстановлению наших лесов. Мы предлагаем читателю самостоятельно сформировать подход к взаимодействию с лесом – системный, междисциплинарный и технологический, который позволит видеть лес не отдельными деревьями или лесными кварталами, а как живой, дышащий, изменчивый и бесценный ландшафт, от здоровья которого зависит и наше будущее.

## Глава 1. ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

### 1.1. Общие положения

К основным категориям нелесных земель на территории республики Карелия относятся, кроме вод и болот, вырубки и гари. На них существенно меняются условия произрастания: увеличивается контрастность дневных иочных, зимних и летних температур в связи с отсутствием полога леса, увеличивается приток света и соответственно развивается злаковая растительность в живом напочвенном покрове, меняется степень увлажнения почвы и может начаться заболачивание.

Существует несколько способов лесовосстановления:

- *естественное*;
- *искусственное*;
- *комбинированное*.

Выбор способа лесовосстановления зависит от: количества подроста на площади, соответствия видового состава подроста типу условий месту произрастания, типа условий произрастания, способа лесозаготовки, доступности участка, уровня селекционных требований, наличия посадочного материала, наличия рабочей силы и величины финансирования.

Ряд элементов организации рубок главного пользования относится к мероприятиям, сопутствующим содействию естественного лесовосстановления (СЕВ) (рис. 1): размещение лесосек, ширина лесосек, оставление обсеменителей.

К планируемым мерам СЕВ относятся: сохранение и оправка подроста, минерализация поверхности, подсадка (подсев), механическое или химическое подсушивание на корню осины, защита молодняков от повреждений.

#### *Положительные стороны*

##### *естественного восстановления:*

- Низкая стоимость проведения
- Небольшой объем работ
- Не нужно сложное оборудование
- Мало изменений в напочвенном покрове
- Нет проблем с районированием семян

#### *Отрицательные стороны*

##### *естественного восстановления:*

- Слабый контроль за временем заселения
- Невозможность использования сортовых семян
- Потери древесины от вываливания семенников

---

Не зависит от наличия посадочного материала или процессов развития семян	Сложность формирования необходимого состава
Не сильно воздействие вредителей и болезней	Зависимость от величины и периодичности плодоношения
	Сложность с правильной и равномерной обработкой почвы
	Влияние предшествующей урожайности семян
	Нельзя изменить породный состав



Рис. 1. Естественное возобновление ели под пологом сосны

Как правило, под пологом леса в достаточном для восстановления лесных площадей наблюдается подрост теневыносливой ели, который способен выживать под пологом материнского древостоя до 50–70 лет, и после осветления, поменяв теневую хвою на световую, начинает активный рост. Подрост сосны не способен выживать при затенении, в связи с этим менее конкурентоспособен, и бывшие площади сосновок черничных, брусничных и вересковых зачастую застают елью. Кроме процесса «оеловения» площадей, при недостаточных мерах по СЕВ, активно идет процесс застраивания вырубок лиственными породами: березой в силу ежегодного плодоношения, осины за счет вегетативной поросли.

В том случае, если количество жизнеспособного подроста не соответствует правилам лесовосстановления, либо представлено нежелательной породой, следует проводить мероприятия по искусственноому созданию лесов (рис. 2).

Лесные культуры – искусственно созданные посевом или посадкой лесные насаждения. В условиях Республики Карелия к ценным лесным насаждениям относятся хвойные породы.

*Положительные стороны  
искусственного восстановления:*

- Сортовые семена
- Контроль за временем заселения
- Не влияет периодичность плодоношения
- Меньше вероятность смены пород на лиственные
- Можно изменить породу

*Отрицательные стороны  
искусственного восстановления:*

- Высокая начальная стоимость
- Большие трудозатраты и сложное оборудование
- Высокая опасность болезней и вредителей



Рис. 2. Лесные культуры сосны (слева) и ели (справа)

Комплексное лесовосстановление предполагает сочетание искусственного и естественного.

Определяющим при выборе способа лесовосстановления является число жизнеспособного подроста желаемой породы. При наличии предварительного естественного возобновления в достаточном количестве и при щадящем способе заготовки леса, при соответствии породного состава типу лесорастительных условий лучше естественное возобновление. При отсутствии подроста главной породы по влажным и относительно богатым почвам следует создавать культуры (табл. 1).

По сухим песчаным и супесчаным почвам следует рекомендовать в качестве СЕВ минерализацию почвы с оставлением семенников.

Таблица 1

Способы лесовосстановления в зависимости от количества жизнеспособного подроста до рубки древостоя

№ п/п	Высота подроста, м	Количество подроста, тыс. шт. на 1 га по группам типов леса (в числителе – сосна, в знаменателе – ель)				Рекомендуемые способы лесовосстановления
		Сосняки лишайниковые и ветрековые	Сосняки брусличные	Сосняки и ельники черничные и кис- личные	Сосняки и ельники долгомошные и болотно-травяные	
1	<0,6	>6,0	>5,0	$\frac{>4,5}{>4,0}$	$\frac{>4,0}{>3,0}$	Сохранение подроста
2	0,6–1,5	>4,5	>4,0	$\frac{>3,0}{>2,5}$	$\frac{>3,0}{>2,5}$	
3	>1,5	>3,5	>3,0	$\frac{>2,5}{>2,0}$	$\frac{>2,5}{>1,5}$	
4	Группы подроста	>0,45	>0,45	>0,35	>0,30	
5	<0,6	2,5–6,0	2,0–5,0	$\frac{1,5–4,5}{1,0–4,0}$	$\frac{1,0–4,0}{1,0–3,0}$	Сохранение подроста в сочетании с другими мероприяти- ями (комби- нированное)
6	0,6–1,5	2,0–4,5	1,5–4,0	$\frac{1,0–3,0}{0,8–2,5}$	$\frac{0,8–3,0}{0,6–2,5}$	
7	>1,5	1,5–3,5	1,0–3,0	$\frac{0,8–2,5}{0,6–2,0}$	$\frac{0,6–2,5}{0,6–1,5}$	

Примечание. При количестве подроста менее нижней границы в п. 5–7 применяется технология лесозаготовок без сохранения подроста и создание лесных культур.

## 1.2. Ускоренное лесовосстановление

Сущность лесного хозяйства в современную эпоху – не простое обеспечение лесовосстановления, а его качественное воспроизводство в кратчайшие сроки. Своевременное и результативное восстановление природных ресурсов является одним из главных условий устойчивого управления лесами. За последнее десятилетие задачи и методы лесовосстановления значительно изменились и имеют специфические особенности в разных странах. Укоренное лесовосстановление следует проводить, используя все этапы лесовосстановления: лесосеменное дело, выращивание посадочного материала и создание лесных культур.

## 1.3. Лесосеменное дело

Любые мероприятия, улучшающие среду обитания, дадут наибольший эффект, если способность к быстрому росту будет предопределена наследственными свойствами растений. Поскольку леса в природе и в культурах чаще всего создают семенным способом, исходный лесокультурный материал – семена. Плодоношение деревьев и насаждений зависит от внешних и биологических факторов.

Многие свойства деревьев определяются наследственностью (форма кроны и ствола, длина древесных волокон, динамика энергии роста, сопротивляемость заболеваниям и вредителям, смолопродуктивность и т.д.) Наследственность материальна, она заключается в генетическом коде семян.

Семена лесных растений, по набору наследственных свойств, подразделяют на категории: сортовые, улучшенные и нормальные.

Нормальные – это семена, заготовленные на постоянных лесосеменных участках (ПЛСУ), временных лесосеменных участках (ВЛСУ), а также с нормальных деревьев в насаждениях.

Улучшенные – это семена, получаемые на лесосеменных объектах, созданных или выделенных на основе отбора по фенотипу, но не испытанных по потомству, в том числе: на ЛСП первого порядка (клоновых и семейственных), а также на ЛСП повышенной генетической ценности; на ПЛСУ, сформированных в культурах, созданных из семян, заготовленных в плюсовых насаждениях, с плюсовых деревьев и на ЛСП; в плюсовых насаждениях.

Сортовые – это семена, получаемые на объектах, прошедших генетическую оценку по потомству, выделенных в качестве сортов популяций, сортов-гибридов и включенных в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений. Сортовыми считаются семена, которые по наследственным превосходят семена, собранные в популяции данного района, более чем на 10–15 %.

Элитные – наиболее доброкачественные сортовые семена, гарантированные по чистосортности. Их получают на ЛСП в результате контролируемого перекрестного опыления между вегетативным потомством элитных (проверенных по семенному потомству) деревьев.

Лесосеменная база предприятий бывает постоянной и временной.

Временная лесосеменная база включает нормальные насаждения, поступающие в рубку и временные лесосеменные участки (ВЛСУ).

Чаще всего заготовка семян (до 95%) осуществляется с нормальных насаждений, поступающих в рубку.

Временные лесосеменные участки (ВЛСУ) – специализированные спелые и приспевающие древостои, заготовка семян в которых производится в период главных рубок с поваленных деревьев. ВЛСУ выделяют в насаждениях с полнотой не менее 0,7 до рубки за 10–20 лет. Для усиления плодоношения производится изреживание. Полноту снижают до 0,4–0,6, вырубая в первую очередь плодоносящие минусовые деревья. Рубку проводят в год обильного урожая в период сбора семян. При этом особо ценные плюсовые деревья, предварительно отобранные и хорошо обозначенные в природе, оставляют на корню вместе с окружающими их нормальными деревьями.

Постоянная лесосеменная база включает постоянный лесосеменной участок (ПЛСУ), постоянную лесосеменную плантацию (ПЛСП), плюсовые деревья и насаждения.

В отведенных под ПЛСУ насаждениях не старше 10-20 лет известного происхождения проводят мероприятия по формированию и уходу с целью улучшения качественного состава древостоя, создания благоприятных условий для обильного урожая и заготовки семян с растущих деревьев. Основным мероприятием является изреживание, в результате которого поддерживают сомкнутость крон

сосны обыкновенной не выше 0,6–0,7 (в подзоне северной тайги 0,4–0,7); если не выше 0,8.

Постоянные лесосеменные плантации (ПЛСП) – искусственно создаваемые насаждения на основе применения методов селекции, предназначенные для получения семян с ценными наследственными свойствами (рис. 3). Лесосеменные плантации создают для получения сортовых, элитных и гибридных семян лесных древесных пород. Минусовые деревья вокруг площади на расстоянии до 300 метров должны быть вырублены, либо создание плантации должно быть предусмотрено в лиственных насаждениях. Вокруг плантации может быть защитная полоса 10–15 метров из высокорослых, с густой кроной деревьев.

Уход за ПЛСУ и ПЛСП состоит в проведении мероприятий:

- 1) постоянные изреживания для хорошего освещения кроны;
- 2) формирование кроны для более удобного сбора семян;
- 3) рыхление земли;
- 4) борьба с сорняками, вредителями и болезнями;
- 5) внесение удобрений, посевы сидератов, известкование.

К плюсовым относят деревья, значительно превосходящие по одному или комплексу признаков и свойств окружающие деревья одного с ними возраста и фенологической формы, растущие в тех же условиях. Они превышают средние показатели одновозрастного насаждения по высоте не менее чем на 10%, по диаметру ствола – не менее чем на 30%; имеют прямой, полнодревесный ствол, хорошо очищенный от сучьев; без суховершинности, морозобойных трещин и повреждений: механических, энтомовредителями и плодовых тел грибов; с остворвершинной, симметричной кроной, протяженностью 30–65% высоты дерева.

К плюсовым насаждениям относят самые высокопродуктивные, высококачественные и устойчивые для данных лесорастительных условий насаждения, в составе верхнего яруса которых участие плюсовых деревьев является максимальным для данного лесорастительного района. В высокополнотных древостоях они должны составлять около 20–30%. Плюсовые насаждения рубке не подлежат. Из них формируют семенные заказники для сбора семян и заготовки черенков с целью создания лесосеменных плантаций.



Рис. 3. Лесосеменная плантация ели в Финляндии;  
закладка ПЛСП сосны в Швеции

При заготовке семян с постоянных лесосеменных плантаций участков формируются партии семян улучшенного происхождения. При заготовке семян с нормальных насаждений (при рубке древостоя), а также ВЛСУ и ПЛСУ, семена относятся к категории нормальных.

Таким образом, к первому этапу ускоренного лесовыращивания следует отнести создание лесосеменной базы для получения улучшенных и, в будущем, сортовых семян.

Переработка лесосеменного сырья ценных хвойных пород (сосны и ели) осуществляется тепловым способом в шишкосушилке типа SAMPRO, отделение семян от крылатки – водным способом (рис. 4).

Все большее значение приобретает выращивание сеянцев *«in vitro»*. Исходный материал получают из меристемной ткани, содержащейся в почках и листовых пластинках. Из одной почки формируют до 600 штук новых растений (до 30 растений сформировали ученые Российской академии наук КарНЦ) (рис. 5). Полученное вегетативное потомство сформирует растения с одинаковыми наследственными качествами. С одного (лучше плюсового) дерева можно снять до тысячи почек, то есть плантационная культура будет сформирована растениями, не отличающимися ни энергией роста, ни цветом коры, ни структурой кроны и пр. Получим абсолютно идентичное потомство.



Рис. 4. Шишкосушилка типа SAMPRO (слева),  
водный обескрылыватель и линия  
по сортировке и подсушиванию семян (справа)

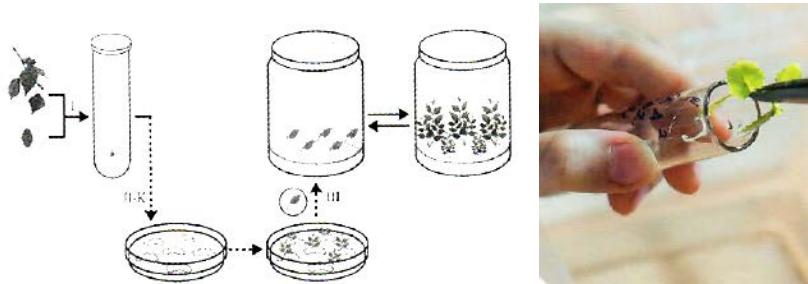


Рис. 5. Схема микроклонального размножения (слева)  
и сеянц «из пробирки»

При ускоренном лесовосстановлении рекомендуется использовать в качестве метода посадку сеянцами или саженцами. Сеянец – молодое древесное растение, выращенное без пересадки. Стандартными условиями применения сеянцев являются их размеры: высота 10–12 см (для северной и средней подзоны тайги) и диаметр корневой шейки не менее 2 мм. Саженцы – растения, выращиваемые в условиях лесного питомника в школьном отделении после пересадки не менее 2 лет.

## 1.4. Выращивание посадочного материала

Перспективным посадочным материалом являются брикетированные сеянцы, выращиваемые в условиях теплиц (ПМЗК), которые в последние 2 года выращивают в теплицах Карелии в 2 ротации (рис. 6). Эти растения имеют как ряд преимуществ, так и некоторые недостатки, связанные в основном с большими первичными вложениями. Контролируемые условия выращивания гарантируют оптимальные условия выращивания. Это позволяет оптимизировать работы по выращиванию посадочного материала, восполнить запасы хозяйствственно ценных древесных видов, использовать современные технологии их выращивания с целью получения высококачественного посадочного материала.

### Преимущества сеянцев ПМЗК

- Автоматизированное производство
- Меньше трудозатраты
- Меньше расход семян
- Легче контролировать рост
- Сеянцы развиваются быстрее
- Нет отпада при транспортировке
- Продлевается период посадки
- Снижается период послепосадочной депрессии сеянцев
- Меньше густота посадки
- Выше приживаемость
- Перевод в покрытые лесом земли в возрасте культур 5–6 лет

### Недостатки сеянцев ПМЗК

- Крупные инвестиции вначале
- Требуют подготовки почвы
- Подходят не для всех типов условий (явление хемотропизма по очень бедным и выжимание по переувлажненным почвам)
- Для перевозки нужна специальная тара
- Нет естественного отбора при росте насаждения
- Высокие требования к качеству посадочного материала



Рис. 6. Сеянец с закрытой (слева) открытой корневой системой (справа)

Субстрат содержит основные элементы минерального питания сеянцев (рис. 7), тепличные условия предполагают регулирование температурного и водного режимов (рис. 8). Разные типы контейнеров предлагаются разными фирмами, однако следует помнить, что чем больше объем субстрата, тем лучше развивается сеянц и тем меньше выход сеянцев с единицы площади. Устройство контейнера контролирует форму развивающейся корневой системы.

Ячейки обязательно должны иметь:

1) вертикальные внутренние ребра, доходящие до дренажного отверстия. Ребра или борозды направляют рост корней ко дну контейнера, где они подрезаются. Это не допускает спирального закручивания корней и «удушения» в будущем;

2) отверстие в дне для выхода корней, чтобы корни не собирались в клубок на дне контейнера и вытекала лишняя вода. Отверстие должно быть как можно больше, перегородки на дне нужны только для сохранения субстрата;

3) дно внутри ячейки должно быть сделано в форме конуса, что позволяет направить корень к отверстию в центре ячейки и через него наружу, в результате чего происходит «воздушная подрезка» корней и заставляет развиваться более разветвленную корневую систему.

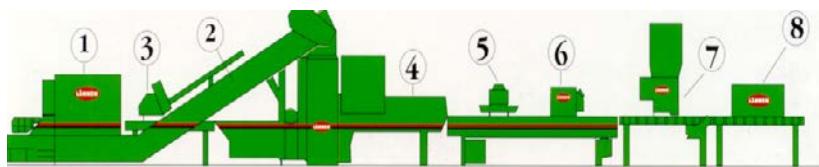


Рис. 7. Линия на набивке кассет торфом, посеву семян и мульчированию фирмы LANNE , Финляндия:

1 – бункер с торфом; 2 – конвейер; 3 – механизм подачи кассет; 4 – установка заполнения; 5 – надавливател; 6 – сеялка с точечным высевом семян; 7 – мульчирователь; 8 – орошение



Рис. 8. Тепличный комплекс для выращивания ПМЗК (слева), контейнеры для перевозки сеянцев (справа)

### 1.5. Плантационное лесовыращивание

Подготовка почвы – решающее условие успешности лесных культур: приживаемости, сохранности и роста в первые годы. Этот агротехнический прием в комплексе мероприятий по выращиванию лесных культур наиболее механизирован.

Выбор главной породы должен быть основан на ее соответствии лесорастительным условиям. При плантационном лесовыращивании он обуславливается еще и продуктивностью и потребительской ценностью сортиментов древесины этой породы.

Важнейший элемент этого процесса - изменение породного состава лесного фонда. Потребители древесины заинтересованы в более узком диапазоне качественных характеристик получаемого ими сырья, т.е. чтобы сырье было возможно однороднее.

Плантация лесных культур – участок земли, занятый специальными насаждениями быстрорастущих и технически ценных пород. Целевые плантации предназначены для получения:

- ценных сортиментов (пиловочник, фанерный кряж, балансы),
- древесной массы
- древесины с красивой текстурой,
- прутьев для плетения,
- коры для производства танинов, пробки, гутты (из эвкалипта),
- эфирных масел (из эвкалипта).

Цель их закладки – сокращение сроков выращивания, повышение качества и выхода объема сырья с единицы площади. Достигается интенсификацией производства. При закладке плантации по-

лучают простые фитоценозы, т. е. переходим от лесоводства к древоводству. Различают плантации длительного пользования и циклические, когда вслед за уборкой начинается новое выращивание.

Плантационное лесовыращивание – специализированное высококонцентрированное производство, направленное на создание и выращивание высокопродуктивных культур – плантаций для получения заданного вида древесного сырья, в большем количестве и в сокращенные сроки.

Необходимость закладки связана с неравномерным обеспечением страны сырьем и трудовыми ресурсами. Возможны две ситуации:

- а) минимальные затраты на лесовыращивание, максимальные на заготовку и транспорт;
- б) максимальные затраты на лесовыращивание, минимальные на все остальное.

#### *Посадка культур*

Выращивание древесины в районах потребления связано с рядом специфических условий:

- низкими и средними эксплуатационными запасами древесины. В плантационных культурах возможен прирост 5–10 м<sup>3</sup>/год, т. е. площадь рубки уменьшится в 2–5 раз;
- на долю древостоев высших классов бонитета приходится только 28,4% территории. По продуктивности они превосходят низшие классы бонитета в 2–3 раза;
- снижение возраста заготавливаемой древесины;
- сокращение расходов на перевозки, свободные средства можно направлять на финансирование лесокультурных работ;
- концентрация работ по производству древесины в обжитых местах позволит уменьшить потери на переезды и улучшит условия жизни персонала;
- можно создать лучшие условия для автоматизации не только лесовыращивания, но и заготовки;
- при определенных условиях может быть получен запас относительно более крупной древесины.

Плантационные леса в будущем будут иметь определенный облик:

- размещены на территории с сетью дорог и мелиоративных каналов;
- меньшая вариабельность деревьев;

- междурядья для прохода техники;
- параллельность рядов деревьев;
- регулируемый состав и степень развития покрова;
- высокая исходная густота культур (рис. 9).



Рис. 9. Плантационное лесовыращивание

#### *Способы посадки культур*

Подготовка почвы участка обязательна. Этот агротехнический прием в комплексе всех мероприятий по выращиванию лесных культур наиболее механизирован.

Общая цель обработки почвы – улучшение ее физических свойств, водного и теплового режимов, водного и минерального питания и устранение на них вредного воздействия сорной растительности. В лесной зоне обработка почвы направлена на изменение многих факторов среды: создание оптимальных условий для посева и посадки, обеспечение проведения механизированных условий, регулирование водного режима и ограничение доступа избыточной влаги к корневым системам, улучшение условий минерального питания и физических свойств почв, устранение вредного воздействия травянистой растительности и естественного возобновления лиственных пород.

На вырубках с сухими почвами при небольшом количестве пней и растительности лучшие результаты дает посадка без подготовки почвы.

В условиях свежих почв (брюсничные типы) на незадернелых участках можно проводить посадку без подготовки почвы; на задернелых же почвах сначала требуется уничтожение травянистой

растительности., и в первую очередь вейника. Этого можно достичь фрезерование и обработку плугом. Сплошная вспашка в условиях Севера не применяется из-за сложностей корчевки и уборки части плодородных горизонтов.

На вырубках с влажными типами почв, но занимают дренированные местоположения, растения высаживаются по микроповышениям.

На вырубках с сырыми почвами применяют плуги-канавокопатели и устраивают крупные микроповышения в сочетании с дренажными бороздами. Последние должны составлять единую систему с осушителями или мелиоративными канавами.

Плотность почвы коррелирует с содержанием в ней гумуса: чем выше плотность, тем меньше гумуса. Поэтому повышенная плотность не только физическое препятствие для роста корневых систем, но и отражение почвенного плодородия.

Закономерности изменения плотности почвы, кроме того, изменяются воздухообеспеченность, теплопроводность и т. д. Агротехнические приемы вносят разнообразные изменения в среду, окружающую лесокультурное посадочное место.

Повышение температуры дает возможность начать рост лесным культурам раньше и дольше расти;

Своеобразный «парниковый эффект» в ризосфере растений, создаваемых повышенной температурой и влажность почвенной среды, активизирует микробиологические процессы и в конечном итоге на деятельность корневых окончаний.

Наибольшие изменения в морфологии – в горизонте до 50 см.

Для пластов характерна большая мощность наиболее плодородного перегнойно-аккумулятивного горизонта (A1A2) более высокая влажность, более рыхлое сложение, чем в дне борозды.

Главная культивируемая порода на севере республики Карелия – сосна обыкновенная, по южной – сосна и ель. Использовать лучше посадочный материал местного происхождения, а на севере – исключительно местный.

Сосна обыкновенная предпочитает посадку по сухим почвам и гарям, на тяжелых почвах, на крутых склонах южной и юго-западной экспозиции, а также на осушенных болотах и при реконструкции лиственных молодняков.

Культуры ели создают только посадкой на плодородных почвах.

При посадке ели отрывается неглубокая широкая ямка, корни распределяются, Корни засыпают рукой или мотыгой, почва тщательно уплотняется

При посадке сосны отрывается глубокая узкая щель, Корни укладывают и выпрямляют, потянув за стволик вверх. Центральный корень должен быть направлен строго вниз, не изгибаясь. Почву уплотняют ногами, не повредив стволик.

Типичные ошибки при посадке:

- недостаточная закалка сеянцев;
- неправильная транспортировка;
- небрежное обращение;
- неправильное временное хранение;
- высокая заделка;
- почва плохо уплотняется;
- неправильный выбор места посадки.

*Рекомендации по удобрению плантационных лесных культур*

В первую очередь минеральные удобрения рекомендуется использовать в плантационных культурах быстрорастущих пород, в питомниках, на осушенных и рекультивируемых землях, на бедных почвах, если рост насаждения лимитируется каким-либо недостатком минерального питания, если нет другого фактора, находящегося в минимуме.

В процессе выращивания рекомендуется 7–8 раз вносить удобрения, в том числе до посадки кальций (1–2 тонны), 800–1000 кг фосфорных удобрений и 600–800 кг/га калийно-магнезиальные.

Азотные удобрения вносятся не ранее, чем на второй год после посадки, 200–400 кг/га. Второй раз азот вносят перед смыканием культур, третий раз – в стадии «жердняка», примерно в 15–20–40 лет. Вносится полный комплекс удобрений, лучше после проведения рубок ухода.

Однако наиболее рентабельно внесение полного комплекса удобрений за 10 лет до рубки насаждения, а еще лучше – несколько внесений азотного удобрения дозой 120 кг/га, с интервалом в 5–7 лет. Это связано с быстрой окупаемостью затрат и общей нехваткой азота в почвах северного региона.

Применение NPK дозами 30:40:60 в условиях сухих боров дает повышение приживаемости на 12%, средней высоты – на 32%, и среднего диаметра на 17%.

В условиях торфяников рекомендуется применять удобрения дозами Р 60–90, К 90–120 кг/га.

Имеется зависимость между содержанием гумуса и содержанием азота. Имеется зависимость между содержанием азота в почве и средней высотой насаждения. При удобрении фосфорными и калийными удобрениями обычно повышается содержание их в листьях, однако существенно снижается содержание бора (феномен растворения), повышая тем самым вероятность нарушения роста. Применение азота, кальция, фосфора и калия также снижает концентрацию бора. Применение азота может вызвать побурение хвои и нарушение развития верхушечной почки. Повреждения, связанные с повреждением почки и хвои, вызванные дисбалансом азота и фосфора, замедляло рост в высоту. Удобрение должно проводиться до того, как начнутся потери в росте. Однако во всех случаях рост растений был лучше, если к полному комплексу удобрений добавляли бор.

Последние исследования показали, что условия местообитания больше влияют на рост в высоту, чем густота, а сучковатость в большей степени зависит от наследственных свойств дерева. Однако нельзя отрицать, что густые насаждения лучше противостоят таким вредителям, как майски хрущ и сорнякам. Редкие насаждения сильнее повреждаются коревой губкой, навалом снега и ветромлом.

Большое значение приобретает в связи с этим равномерность распределения деревьев по площади. Идеальным считается равномерное распределение, однако с точки зрения механизации и автоматизации удобнее будет рядовое размещение деревьев.

*Густота лесных культур  
при плантационном лесовыращивании*

Плантации в перспективе должны закладываться неоднородным по генотипу посадочным материалом, даже при условии, что он будет выращиваться из селекционных семян. В таких культурах должна будет происходить дифференциация деревьев по размерам. Чем выше будет исходная густота культур, тем раньше и энергичнее начнется дифференциация деревьев по размерам и тем обоснованнее можно будет выбрать для добрачивания до главной рубки наиболее продуктивные деревья-лидеры.

Первое разреживание проводят до того, как процесс внутривидовой конкуренции начнет оказывать влияние на рост и состояние деревьев, но после того, как определяются деревья-лидеры, то есть в возрасте примерно 10 лет. Уже при первом разреживании целесообразно снижать густоту существенно, чтобы коренным образом и надолго уменьшить внутривидовую конкуренцию и увеличить устойчивость деревьев к снеголому и ветровалу и повысить рентабельность рубок ухода. При ориентации на получение крупной древесины перспективный режим густоты: в 7 лет – 1 тыс. шт., в 50 лет – 0,43 тыс. шт./га, а при ориентации на максимальное выращивание средней древесины или суммы средней и крупной древесины: в 7 лет – 2 тыс. шт./га, в 50 лет – 0,65 тыс. шт./га. При очень высокой интенсивности первого разреживания интенсивность всех последующих последовательно уменьшают. Общее количество приемов разреживания можно считать целесообразным 2–3. Разработаны режимы густоты для выращивания сырьевых плантаций сосны и ели, они приведены в таблице 2.

Таблица 2

Режимы густоты и сроки проведения разреживаний

Порода	Исходная густота, тыс.шт./га	Номер разреживания	Возраст, лет	Густота после разреживания, тыс. шт./га
Получение пиловочных бревен				
Ель	2,8–3,3	1	12–14	1,7–2,0
		2	25–30	1,0–1,4
		3	35–40	0,7–0,9
Сосна	3,5–4,0	1	10–12	1,8–2,2
		2	20–25	1,0–1,4
		3	35–40	0,6–0,8
Получение балансов				
Ель	2,8–3,3	1	12–14	1,7–2,0
		2	25–30	1,0–1,4
Сосна	3,5–4,0	1	10–12	1,8–2,2
		2	20–25	1,0–1,4

Таким образом, внешний облик лесов будущего скорее всего будет разным для разных категорий. В защитных лесах, скорее всего, сохранится облик сегодняшних коренных лесов, а леса эксплуатационные приобретут облик плантационных лесов.

## 1.6. Заключение

В данной главе рассмотрен комплексный подход к лесовосстановлению и лесному хозяйству. Показаны основные методы восстановления лесов – естественное, искусственное и комбинированное, выбор которых зависит от сочетания экологических и экономических факторов. Особое внимание уделяется условиям Республики Карелия, где специфика нелесных земель требует тщательного подбора способов лесовосстановления для предотвращения негативных процессов, таких как заболачивание или нежелательная смена пород.

В современном лесном хозяйстве необходимо внедрять методы ускоренного лесовосстановления, направленного на качественное и быстрое воспроизведение лесных ресурсов. Ключевую роль в этом процессе играет развитие лесосеменной базы, включая использование улучшенных и сортовых семян, а также передовых биотехнологий, таких как микроклональное размножение.

В целом обоснована важность сбалансированного подхода, сочетающего сохранение природного потенциала с внедрением интенсивных технологий для устойчивого и экономически целесообразного лесопользования.

## Глава 2. ПРОБЛЕМЫ ФИТОПАТОЛОГИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

### 2.1. Общие замечания

В естественных ландшафтах, как и в любой природной среде, неизбежно развитие растений и их вечных спутников – фитопатогенных организмов. Древесные растения находятся в постоянном противостоянии с паразитическими и сапротрофными организмами, однако часть растений неизбежно будут заражены в случае ослабления иммунитета или появлении агрессивного патогена, который способен преодолеть защитные барьеры растения и ослабить его. При этом часть болезней лесных древесных растений не поддаётся лечению, поэтому необходимо подходить к вопросу о повышении устойчивости лесов к болезням с точки зрения профилактики и повышения иммунитета растений.

В борьбе с болезнями лесных насаждений не только в Республике Карелия, но и по всей России, может помочь возвращение к основам лесного семеноводства, в частности, к лесосеменному районированию, каким оно было создано и задумано в прошлом столетии. В настоящее время основные принципы лесосеменного районирования потеряли свою актуальность, исчезли в перипетиях лесного законодательства и приобрели искажённый вид.

Так, Приказ Минприроды России от 29 декабря 2021 года № 1024 «Об установлении правил лесовосстановления...» [1] не обязывает лесопользователей использовать районированный посадочный материал (законодательство заочно возлагает контроль за лесосеменным районированием на лесные питомники), приказ Рослесхоза от 19 декабря 2022 № 1032 [2] устанавливает только лесосеменные районы по административным границам и не даёт рекомендаций по практическому применению сведений о лесосеменном районировании, Приказ Минприроды России от 9 ноября 2020 года №909 «Об утверждении порядка использования районированных семян лесных растений основных лесных древесных пород» [3] был отменён Приказом Минприроды России от 15 мая

2025 года №269 «Об утверждении порядка производства (выращивания, сбора), определения категорий, хранения, транспортировки, реализации и использования семян лесных растений, саженцев, сеянцев основных древесных пород» [4]. В последнем отмечается, что сведения о месте сбора семян указываются в документах на партию и на бутылях при хранении, однако о правилах и принципах использования семян из различных районов, по-прежнему нет сведений. Правила создания лесных питомников [5] в вопросе о районировании семян ссылается на уже упомянутый ранее и отменённый Приказ Минприроды России от 9 ноября 2020 года № 909 [3], и на лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР, утвержденное приказом Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 18.11.1980 №181 [6]. Последний свою актуальность сохраняет, но в очень искажённом виде – лесосеменные районы в настоящее время определяются согласно упомянутому ранее Приказу Рослесхоза от 19 декабря 2022 №1032 и отличаются от районирования СССР – теперь вся территория Республики Карелия по районированию сосны обыкновенной, относится к первому лесосеменному району, вместе с Мурманской, Архангельской, Вологодской областью, Пермским краем, Республикой Коми, (по районированию сосны обыкновенной в СССР северная часть территории Республики Карелия относилась ко второму району (Карельский район), а южная часть – к пятому району (южнокарельский район), Мурманская область – к первому, а Архангельская область – к третьему). По лесосеменному районированию СССР ранее допускалось привозить в северную часть Республики Карелия семена только из Архангельской области, теперь же, в пределах одного лесосеменного района переброска семян допускается – можно привезти семена и из Кировской области, Республики Коми и Пермского края. Ко всему прочему, как уже упоминалось, районирование в современном законодательстве свелось исключительно к административно-территориальному делению по муниципальным районам, отсутствует понятие о предприятиях

(лесничествах) из Приказа Государственного комитета СССР, что делает его очень затруднительным для использования.

Законодательный круг постепенно замыкается, и лесосеменное районирование всё сильнее пропадает в нём как идеология. Труды ученых-лесоводов, много лет изучавших географические культуры, оставили свой призрак в строках документации, сопровождающей лесные семена, и в Приказе Государственного комитета СССР, что еще не утратил свою силу, но легко может быть отменён в поздних редакциях закона о лесосеменном районировании. Конечно, такая ситуация сложилась на фоне массового и многолетнего дефицита семян основных лесообразующих пород в Республике Карелия, который необходимо ликвидировать. Однако, поддержка существующих и организация новых объектов единого генетико-селекционного комплекса могут помочь в решении этой проблемы и остановить реализацию посадочного материала, выращенного из нерайонированных (с научной точки зрения, законодательно на сегодняшний день они признаются районированными) лесных семян на лесокультурные площади.

Использование районированных лесных семян позволит повысить устойчивость лесных насаждений к болезням и вредителям, а также естественным природным факторам, ослабляющим насаждения, и, в совокупности с бережной системой уходов за лесами, воспроизвести качественные высокопродуктивные лесные насаждения целевых пород.

## **2.2. Антропогенное воздействие на ландшафты**

В искусственных ландшафтах, к которым, в первую очередь, относятся природно-антропогенные и культурные ландшафты, отмечается высокий уровень поражения насаждений различными группами фитопатогенных организмов. Это вполне объясняется тем, что антропогенное воздействие значительно ослабляет иммунитет древесных и кустарниковых растений и напрямую влияет на устойчивость растений к фитопатогенам.

Городские насаждения испытывают наиболее сильное антропогенное влияние, поскольку в городской среде на них действует множество неблагоприятных факторов, таких как:

повышенный уровень загазованности и запыленности воздуха;

повышенная температура воздуха и почвы вследствие аккумулирования солнечной энергии зданиями, сооружениями и дорожным полотном;

неблагоприятные почвенные условия с высоким содержанием поллютантов и низким уровнем плодородия;

повышенная нагрузка на корневую систему вследствие уплотнения почвы;

механические повреждения ветвей, стволов и корней вследствие зимней уборки снега, проведения дорожно-ремонтных работ, весенней обрезки крупных сучьев и др.

В совокупности, эти факторы вызывают значительное ослабление древесной и кустарниковой растительности и сокращают продолжительность жизни растений, что лишь благоприятствует развитию и распространению болезней и создаёт проблему недолговечности зелёных насаждений.

Проводимые с 2023 года исследования повреждаемости патогенными организмами интродуцированных и аборигенных древесных пород г. Петрозаводска. В результате исследований имеются некоторые наблюдения. Так, в зелёных насаждениях г. Петрозаводска наиболее часто встречаются грибные болезни – мучнистая роса клёна (несовершенные грибы и аскомицеты порядка *Erysiphales*), ржавчина листьев ивы (*Melampsora salicina* Desm.), филlostиктоз яблони (*Phyllosticta mali* Prill et Del), филlostиктоз боярышника кроваво-красного (*Phyllosticta michailowskoensis* Elenkin & Ohl, *Phyllosticta crataegi* Speg., *Phyllosticta monagina* Allesc.), черная пятнистость вяза шершавого (*Pigigotia aeteroldea*), черная пятнистость клёна (*Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.), гнили древесины (*Phellinus igniarius* (L. ex Fr.) Quel., и др.), ступенчатый рак лиственных (*Neonectria galligena* (Bres.) Rossman & Samuels), нектриевый некроз лиственных пород (*Nectria cinnabarina* (Tode ex Fr.)

Wint.), черный бискогниоксиевый некроз рябины (*Biscogniauxia repanda* (Fries) Kuntze), ведьмины мётлы (вызываются различными группами фитопатогенов и мутациями), и другие болезни. В аллейной посадке в центре города обнаружен краевой некроз на листьях клёна, природу которого достоверно установить не удалось, однако места произрастаний поражённых экземпляров находятся в непосредственной близости от автомобильной дороги, что позволяет предположить, что некроз появился вследствие газового ожога или вызван недостатком основных питательных веществ (калия или азота) в узком газонном пространстве. Признаков бактериального происхождения некрозов листьев нет.

Состояние боярышника кроваво-красного и яблони ягодной, широко используемых в парках г. Петрозаводска, вызывает опасения – многие экземпляры содержат признаки гнилей – плодовые тела дереворазрушающих грибов, дупла, спилы ветвей с признаками разрушения древесины. Это объясняется возрастом данных пород, в силу которого устойчивость растений к фитопатогенным организмам снижается. Стоит помнить и о том, что в городских условиях срок жизни древесных растений сокращается в несколько раз.

Также в качестве факторов, снижающих иммунитет растений, замечено недостаточное расстояние между деревьями и подсадка молодых экземпляров светолюбивых пород под полог взрослых растений. Например, в 2021 году в честь трёхсотлетия прокуратуры России на территории Губернаторского сада была заложена Державинская аллея, которая включила в себя 10 экземпляров ценного посадочного материала берёзы карельской (*Betula pendula* var. *Carelica* Merckl.), в новостных интернет-источниках (в том числе и на официальной странице ВКонтакте Администрации Петрозаводского городского округа) вид берёзы ошибочно обозначен как карликовая (*Betula nana* L.), но таковым он не является ни по одному из признаков. Посадки оказались значительно притенены окружающими деревьями, что привело к общему ослаблению растений, низким приростам по высоте и диаметру, листья мелкие и редкие, отмечена ранняя дефолиация (безлистное состояние у некоторых

экземпляров наступило уже в первой декаде сентября). Также отмечено отсутствие новых почек в верхней трети ствола, что свидетельствует о том, что нарушены процессы формирования почек, что может привести к отсутствию листьев, невозможности фотосинтеза и гибели ценных древесных растений в ближайшие годы.

Особое опасение автора относится к состоянию молодых аллейных посадок липы крупнолистной (*Tilia platyphyllos Scop.*) на центральной улице города Петрозаводска – проспекте Ленина. Чистые, прямые, однорядные и одноярусные посадки были произведены в 2016–2017 годах из крупномерного посадочного материала (возрастом около 5–7 лет и высотой от 2 до 3 м) взамен тополей, которые были признаны аварийными и утратили свои полезные функции. Многие деревья пострадали от механических повреждений с момента демонтажа металлического ограждения в 2022 году. Зимой 2024 года количество поврежденных деревьев возросло вследствие небрежного проведения работ операторами снегоуборочной техники. На некоторых деревьях весной 2025 года появились следы обработки механических повреждений садовым варом и намотки садовыми бинтами. Вероятно, это мероприятие не было организовано организацией ООО «Кондопожское ДРСУ», выполнившей как работы по посадке и уходам за насаждениями с 2016 года, так и работы по уборке снега в зимний период, поскольку обработка деревьев носит случайный характер, обработаны не все деревья, в разных частях проспекта, часть деревьев осталась не обработанной. Механические повреждения стволов лип представлены на рис. 10.



Рис. 10. Механические повреждения стволов липы крупнолистной в аллейной посадке на пр. Ленина, г. Петрозаводск

Также на участке аллеи механические повреждения были классифицированы по размерам в процентах от диаметра стволов, результаты представлены в виде графика на рис. 11.



Рис. 11 Градация механических повреждений стволов по размерам (в % от диаметра ствала) липы крупнолистной в аллейной посадке на пр. Ленина, г. Петрозаводск

Механические повреждения хоть и не являются инфекционным заболеванием, существенно влияют на ослабление иммунитета растения и увеличивают шансы на заражение патогенными организмами, в том числе и гнилями древесины. Гнили, как и многие бо-

лезни древесных растений, сокращают срок жизни, снижают устойчивость к неблагоприятным условиям среды (в т.ч и погодным), деревья теряют механическую прочность ствола и начинают представлять опасность для участников движения и имущества граждан, и, как следствие всего этого, ухудшаются декоративные качества пораженных растений.

Наибольшая проблема фитопатологии древесных растений в искусственных ландшафтах заключается в том, что древесные растения в урбанизированной среде требуют особого ухода и внимания, которого, к сожалению, не получают. Концепция однократной посадки и полива, популярная сейчас в виде всевозможных акций и торжественных мероприятий, совершенно не подходит для формирования устойчивого зелёного насаждения, которое должно выполнять не только эстетическую функцию, но и санитарно-гигиеническую. Санитарно-гигиеническая роль растений в городской среде, которая должна являться первоочередной, часто упускается при проектировании зелёных насаждений – всё чаще в г. Петрозаводске высаживаются аллеи из одной породы, не сопровождаемые живыми изгородями или декоративными кустарниками. Аллейные посадки в молодом возрасте крайне слабо выполняют санитарно-гигиенические функции, молодые кроны не сдерживают ветровые потоки, кроны недостаточно развиты для эффективного выполнения пылеулавливающих функций. Помимо этого, уменьшается площадь газонных пространств, корневые системы вынуждены размещаться компактно, что может приводить к слабому развитию кроны или потере устойчивости и выпадению деревьев при сильных ветрах.

В городских условиях простых обработок фунгицидами часто бывает недостаточно для предотвращения преждевременной гибели растений – например, обработка фунгицидами боярышника кроваво-красного в парках Москвы для борьбы с филлостиктозом показала слабую эффективность [7]. Уходы за древесными растениями в городской среде требуют системного подхода, соответствующего финансирования и достойно оплачиваемых квалифицированных кадров, освоивших основы дендрологии, физиологии растений и фитопатологии.

### 2.3. Заключение по главе

В главе рассмотрены проблемы фитопатологии в лесных и городских ландшафтах, ключевой из которых является снижение устойчивости растений к заболеваниям из-за интенсивного антропогенного влияния факторов. Уделено внимание анализу системы лесосеменного районирования в России: современные нормативные акты, подменяя научный подход административным делением, допускают использование неадаптированного семенного материала, что повышает уязвимость лесов к патогенам и ведёт к их ослаблению.

В условиях городской среды (города Петрозаводска) выявлен комплекс стрессовых факторов: загрязнение воздуха, уплотнение почвы, механические повреждения и ошибки в посадке (затенение светолюбивых пород). Это приводит к распространению грибных и бактериальных болезней, преждевременной гибели деревьев и снижению их санитарно-гигиенических функций.

Борьба с фитопатологиями требует системного подхода: обоснованного лесосеменного районирования, регулярного квалифицированного ухода за городскими насаждениями и перехода от разовых акций по озеленению к созданию устойчивых, функциональных зелёных пространств. Только такой комплекс мер может обеспечить долговечность и устойчивость как естественных, так и искусственных ландшафтов.

## Глава 3. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РУБКАМИ УХОДА

### 3.1. Общие проблемы лесопользования

По мере увеличения численности населения растет количество задач, решение которых возлагается на лесные экосистемы, к таким задачам можно отнести увеличение съема древесины с единицы лесной площади, повышение биоэнергетического потенциала лесов, решение проблемы глобального потепления, экосистемных услуг. Другая сторона состоит в машинизации рубок ухода, которая приводит к изменению набора и интенсивности воздействия на лесной участок. Все эти задачи можно и нужно решить разработкой системы рубок как главных, так и рубок ухода, которая позволит вырастить леса, а затем заготовить качественные древесину.

Планирование и проведение рубок ухода требует глубоких исследований, позволяющих найти оптимальное их сочетание обеспечивающее сохранение здоровья леса и устойчивость древостоя в будущем. Анализ результатов исследований известных лесоводов, таких как Г.Ф. Морозов [8; 9], М.Е. Ткаченко [10], В.Г. Нестеров [11], П.С. Погребняк [12, 13], В.Н. Сукачев [14] и И.С. Мелехов [15; 16], позволяет утверждать, что дискуссии об оптимальных режимах и условиях назначения того или иного вида рубки ухода делятся уже долгое время. Эта проблема является важной, поскольку воздействие на лесные насаждения может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на их дальнейшее развитие.

Воздействие выборочных рубок на древостой отмечалось в работе [20, с. 111] по следующим направлениям: постепенная замена лучших деревьев худшего качества, смена целевой породы; неравномерная густота древостоя; затемнение подроста целевых пород, прежде всего сосны; повреждение подроста при рубке и трелевке деревьев (в условиях начала XIX века); повреждение корневых систем ели при значительном изреживании древостоя и усиление ветровала из-за работы на сравнительно небольших участках. В этой же работе дается рекомендация не оставлять крупных деревьев на корню для избегания затенения подроста, однако, в настоящее время, в связи с ростом нагрузки на древесные ресурсы и влияние лесозаготовительных работ на способность леса поддерживать и

восстанавливать свою структуру, вырабатываются противоположные рекомендации, например, в работе [21].

Изучение проведения рубок ухода за лесом и их сроков в России начали в конце XIX – начале XX века ученые-лесоводы, такие как Е.Ф. Зябловский [17], П.Г. Дивов [18], П.А. Перелыгин [19], А. А. Длатовский [20]. Они выдвигали теории о необходимости регулярного проведения лесохозяйственных мероприятий, в том числе рубок ухода за лесом и необходимом их количестве. Эти теории были использованы при создании лесных законов и правил хозяйствования в лесах России.

В дальнейшем исследования в этой области проводили многие лесоводы и экологи России. Исследования и опыт были реализованы в практические рекомендации и нормативы по ведению рубок. В СССР были разработаны, а затем перерабатывались методические рекомендации по уходу за лесом и рубкам, которые использовались в лесном хозяйстве [22; 23]. В последующие годы исследования в этой области продолжались и развивались. В работе Б.Д. Романюка и др. [24] приводятся данные и рекомендации, обобщающие опыт реализации проекта «Развитие нормативной базы устойчивого лесопользования на региональном уровне (Ленинградская область)». Основными недостатками существующей системы признаны: невозможность прогнозирования состояния древостоя за оборот рубки; назначение режима рубок из текущего состояния древостоя без учета предшествующих рубок; рубки не носят системного характера.

В настоящее время, во многих научно-исследовательских организациях и учебных заведениях России занимаются исследованиями влияния уходов за лесом и проведения рубок А.Т. Загидуллиной [25] и Т.В. Якушевой [26]. Проведенные исследования показывают, что в зависимости от выбранной технологии и таксационной характеристики каждого отдельно взятого лесного участка, имеются различия в результатах проведения рубок ухода за лесом.

Традиционно используемые методы рубок ухода за лесом, могут негативно влиять на экологическую и социальную стабильность, а также на биоразнообразие лесных участков. Сегодня, существует ряд проблем с методами и технологиями проведения рубок ухода за лесом, включая недостаточную сбалансированность

лесных ресурсов, отсутствие современных технологий и оборудования для проведения рубок, а также повреждение лесных насаждений и среды в целом.

Для эффективного ухода за лесом, необходимо применять научно обоснованные методы и процессы, базирующиеся на анализе практики ведения лесного хозяйства, позволяющие минимизировать повреждения окружающей среды и сохранить экологическое, социальное и экономическое значение лесных массивов. Дальнейшее развитие системы рубок ухода за лесом должно основываться на учете всех этих аспектов. В этой связи, необходимо вести исследования позволяющие разработать или усовершенствовать существующие методы и технологии рубок ухода, обеспечивающие устойчивый и продуктивный уход за лесом в условиях Российской Федерации.

### **3.2. Подходы к управлению рубками**

Цель исследований состояла в изучении и анализе результатов существующих исследований, связанных с режимами видов рубок, историей их изменения, влиянием на древостой и перспективами развития с учетом изменения подходов к оценке полезностей леса.

Основной задачей исследования является выявление основных проблем, возникающих при проведении рубок ухода за лесом, с целью выработки рекомендаций по изменению режимов этих работ. В основе исследования лежит анализ исторических изменений в подходах к применению различных видов рубок и состояние исследований на сегодняшний день. Необходимость изменения рекомендаций позволит реализовать рациональное, непрерывное и неистощительное использования лесных ресурсов соответствующего сегодняшним требованиям, что станет важнейшим фактором природоохранных характера.

Материалами для изучения послужили данные исследований, изданные начиная с 1809 г. по настоящее время. Материалы включают в себя: публикации исследователей внесших существенный вклад в области исследования рубок ухода за лесом – до 1917 г.; статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и отраслевых изданиях – до 2001 г.; журналы из списка ВАК – после 2001 г. Проведен критический анализ результатов ис-

следований, выполнено сравнение данных из публикаций различного времени. В рамках данной работы не делается различия между выборочными рубками главного пользования и рубками ухода, считаем их воздействием на древостой, оцениваемым по интенсивности рубки. Особое внимание уделено исследованиям, направленным на оценку изменения состояния древостоев и характеристик стволовой древесины в результате воздействия рубок. Анализ исследований велся в следующих направлениях: воздействие, которое изучалось; цель, которая преследовалась при изучении воздействия; результат воздействия; основные рекомендации; параметр управления при организации рубок различного вида. На основании анализа результатов предложены перспективные меры воздействия на древостои и их последствия, выбраны направления исследования, потенциально способные решить большинство задач встающих перед лесоэксплуатационными организациями.

Выбор подходящей техники и технологии для проведения рубок ухода или выборочных рубок, является важным этапом при планировании самих рубок. Основной целью которого является обеспечение непрерывного существования на лесных территориях устойчивых лесных ландшафтов.

В работе А.Т. Загидуллиной [25] указывается, что рубка леса, даже выборочная, снижает устойчивость лесного ландшафта, запуская новый сукцессионный ряд и формируя фактически новые выделы. Обеспечить устойчивость древостоев и сохранить разнообразие местообитаний можно следованием естественной возрастной структуре древостоя. Сохранение естественной возрастной структуры необходимо вести на основе учета воздействий, формирующих новые лесные выделы.

Статья Т.В. Якушевой [26] посвящена анализу рубок леса в Архангельской области, но в целом, проблемы и решения схожи с проблемами лесного комплекса Карелии – необходимо поддерживать рекомендуемое распределение древостоев по возрастам; собирать и анализировать материалы по ошибкам, обнаруженным при проектировании рубок и выполнении воспроизводства лесов. В статье отмечается, что недоиспользование расчетной лесосеки, вероятно, приведет к выравниванию возрастной структуры лесов. На

наш взгляд снижение потребностей в древесине позволит взглянуть на систему выборочных более пристально и сделать их основным «взрастоформирующим» фактором лесов.

В исследовании Т.В. Якушевой [27] подчеркивается важность системного подхода к выбору и планированию режима вида рубки, например, в зависимости от уровня транспортного освоения лесного региона. При уровне транспортного освоения лесных земель в 2,1 км на 1000 га, широкомасштабное внедрение выборочных рубок становится нерентабельным. При низком уровне транспортного освоения лесов могут стать неактуальными проекты по глубокой переработке древесины, которые особенно чувствительны к стоимости исходного сырья.

В работе С.О. Григорьевой и др. [28] изучались смешанные хвойные древостои, сформированные после рубок ухода. Установлено, что они дают различный выход древесины. Преобладание сосны в древостое приводит к повышению выхода крупномерной древесины. Присутствие осины ведет к увеличению выхода дровяной древесины. Таким образом, при планировании выборочных рубок рекомендуется формировать древостои определенного состава отвечающего природно-хозяйственным условиям региона, для условий исследования это 6С4Е или 5С5Е с примесью березы к возрасту сплошной рубки. Отмечено, что к возрасту сплошной рубки в этих древостоях будет получен запас хвойной древесины превышающий аналогичные модальные смешанные древостои, однако эти выводы противоречат выводам работы Т.В. Якушевой [26].

Материалы исследования Т.В. Якушевой и др. [29] позволили авторам прийти к выводу, что целью выборочных рубок, по крайней мере, в защитных лесах, должно стать создание мозаичной мелкоконтурной и разновозрастной структуры лесного фонда, учитывающей естественное и, частично, комбинированное лесовосстановление с выращиванием целевых древесных пород и преобладанием выборочных рубок леса. Для достижения целей устойчивого использования лесов лесопользование предлагается дополнить комплексными видами ухода – рубками в сочетании с агролесомелиоративными мероприятиями. В перспективе это направление деятельности может привести к формированию лесов-культур, со

всеми вытекающими положительными и отрицательными последствиями.

В работе О.И. Антонова [30] автор рекомендует проводить регулярные, своевременные выборочные комплексные рубки, включающие внесение удобрений, что перекликается с выводами работы [29], которые ведут к росту продуктивности и товарности древостоев. Дополнительно в работе указывается на эффективность применения обрезки ветвей у целевых деревьев, что позволяет улучшить качество получаемой древесины. Совместно изменения горизонтальную и вертикальную структуру древостоя, повышают его продуктивность, капитализацию и стоимость.

Исследование Н.В. Беляевой [31] позволило установить, что режим изреживания елового яруса определяет запас древесины к возрасту главной рубки. Интенсивность 40 % за оборот рубки древостоя в еловом ярусе позволил получить больше древесины при выборочных рубках, без ущерба для запаса яруса в целом к возрасту финальной рубки, при этом в секциях с выборочными рубками прирост запаса продолжался. В секциях с низкой интенсивностью в еловом ярусе по категориям крупности преобладает средняя деловая древесина – 63 %, крупная – 15 % и мелкая – 12 %. Различная интенсивность рубок привела к следующей структуре сортиментов еловой части древостоя: крупная – 43–46 %, средняя – 36–38 % и мелкая – 10–12 %. Если в хозяйственной секции снижается запас в товарной структуре древостоя или наблюдается больший выход крупных или средних сортиментов, то это указывает на отпад мелких ступеней толщины елового яруса.

Результаты, приведенные в статье А.Ю. Захарова [32], говорят о положительном влиянии выборочных рубок в древостоях сосны, которые способствуют увеличению ширине годичного слоя, снижению доли поздней древесины. Авторы статьи предлагают учитывать макроструктуру и плотность древесины при выборе режима рубок ухода, отмечают, что древостой достаточно быстро и активно реагирует на проведение рубок. В целом, при чрезмерном изреживании древостоя формируется более рыхлая древесина, деревья быстрее увеличиваются в диаметре, чем по высоте. К сожалению, в работе указаны только возрастные рамки рубок – 15 лет, но не приведены величины их интенсивности.

Работа А.Н. Бестужева [33] посвящена определению воздействия на стволы деревьев оставляемых на доращивание и отмечается высокая вероятность их повреждения при трелевке сортиментов, особенно отмечается опасность повреждения при весеннем сокдвижении. Соответственно при планировании выборочных рубок необходимо учитывать текущие локальные погодно-климатические условия в регионе.

Проблемам оптимального выбора лесосечных машин и оборудованияделено большое внимание в работах И.М. Бартенева [34], С.А. Черепухина [35], О.Р. Чайки [37], С.А. Анисимова [38], С.В. Малюкова [39], Т. Karjalainen [40], F. Bongers, [41] и других работах. В данных исследованиях указаны пути решения подбора техники и оборудования для рубок ухода, в том числе и при помощи имитационных моделей.

Также для обоснования выбора систем используемой техники при проведении рубок ухода активно используется математическое моделирование. В связи с большим разнообразием таксационных показателей насаждений является актуальным имитационное моделирование технологического оборудования применяемой техники. Применение полярных координат позволяет учитывать изменение вылета манипулятора захватно-срезающего устройства и поворота его колоны О.Р. Чайки [37], что в дальнейшем может использоваться для проведения эксперимента при фиксированном породном составе для определения минимизации повреждений древостоя. Также, закономерности строения и роста древостоя и связи одних таксационных показателей с другими позволяют разработать различные таблицы хода роста древостоя, например, Н.Е. Третьяков и др. [36], которые широко используются как в практической работе, так и позволяют строить математические модели. Например, С.А. Кильпеляйнен [42] разработал модель рубок ухода с учетом природно-производственных условий на основе ГИС-технологий. Таким образом, появляется возможность увеличить эффективность использования техники при проведении рубок ухода при помощи географически связанных баз данных.

Актуальность проблемы грамотного и оптимального выбора необходимой техники для проведения рубок ухода была рассмотрена

В.С. Сюневым [59]. Результатом его исследований стал комплексный подход к решению данной задачи – создание системы поддержки принятия решений (СППР) по подбору необходимой техники при рубках ухода. С помощью компьютерного моделирования появляется возможность генерировать типовые лесосеки, учитывая ГИС-технологии и типовые особенности древостоя, и на основе этих данных система рекомендует оптимальные варианты техники для проведения выборочных рубок и рубок ухода. Альтернативных вариантов может быть достаточно много, что актуально в текущих экономических условиях сложности приобретения многих зарубежных марок техники, однако в условиях конкретного предприятия число решений снижается и варьирование может идти только на уровне режима рубки.

Необходимость проведения рубок ухода, а также режим использования лесозаготовительной техники при разреживании лесных насаждений обосновала А.Ю. Карпичко [44]. Данные исследования показали, что не правильное использование техники может привести к проблемам сохранения подроста ели, а также его прироста и дальнейшего развития. Основными объектами повреждений при прохождении техники являются технологические коридоры и призывающие к ним деревья. Сравнительно высокая площадь технологических коридоров (до 20% площади лесосеки) отражается на запасе древесного сырья всего лесного фонда. Исследование показало, что для сокращения негативного влияния лесозаготовительной техники на корневые системы и рост еловых древостоев, требуется проектировать более редкую сеть технологических коридоров (не менее 25 метров между ними), а также учитывать сезонные колебания несущей способности грунтов. В целом установлено, что уплотнение почвы варьируется в пределах 15-22% и сохраняется на протяжении первого десятилетия после проведения рубки ухода.

В своем исследовании Ф.Н. Дружинин и С.Ю Старцева [47] отмечают, что насаждения, по окончании проходных рубок, нуждаются в лесоводственно-экологической оценке, которая позволит оценить влияние рубок на повышение продуктивности древостоев. Одной из главных проблем проходных рубок является повреждаемость оставляемого на дорацивание древостоя. Авторы считают,

что основными причинами повреждаемости являются низкое качество инженерно-технической подготовки лесосек, квалификация лесных рабочих и осложнённый рельеф местности.

Исследования С.В Шумака и П.В. Колодия [48] на территории Республики Беларусь также подтверждают этот вывод. По их мнению, количество наносимых повреждений зависит от правильности организации технологического процесса, опыта и профессионализма вальщика и оператора трелёвочной техники. Авторы отмечают, что в исследованном ими насаждении наиболее частый тип повреждения – ошмыг стволов материнского полога с повреждением луба шириной 5-10% окружности ствола, однако, лесоводственным требованиям Республики Беларусь это не противоречит.

В.И. Прядкин и И.М. Бартенев [49] отмечают негативное влияние механических повреждений ствола при проведении рубок ухода с использованием комплекса «харвестер – форвардер», также акцентируют внимание на повреждении корневых систем деревьев. После проведения анализа экологического ущерба от воздействия лесозаготовительных машин на древостой, авторы делают вывод о том, что потеря древесины от механических повреждений ствола существенно меньше, чем от механического повреждения ходовым аппаратом техники корневой системы растений и уплотнения почвы.

В.Н. Минаев [50] упоминает, что повреждение корневой системы может приводить к заражению корневой губкой и комлевым гнилям примерно в 60% случаев. Техника, использующаяся при сортиментной технологии при повреждении ствола, оставляет меньшие по площади раны, чем отечественная техника при хлыстовой. Однако, степень повреждения насаждения зависит и от контроля за проведением рубок, поскольку количество повреждений и их характер связаны, прежде всего, с внимательностью и аккуратностью операторов лесозаготовительных машин.

Ю.А. Ширнин и др. [51] считают, что оптимизация рубок ухода сводится, в первую очередь, к разумному подбору лесозаготовительной техники, которая позволит осуществить полный комплекс требуемых работ с учетом адекватной стоимости их проведения. Сделать это непросто, поскольку экономическая целесообразность рубок ухода для лесопользователя низкая. Оптимизация затрат

также может быть достигнута путем установления оптимального числа приемов и интенсивности рубок ухода, обеспечивающие должную лесоводственную и экономическую эффективность.

Ю.В. Суханов в статье [52] отмечает, что для достижения лесоводственных и экономических целей проходных рубок необходимо не только осуществить оптимальный подбор машин, по возможности, со средоощадящими свойствами, но и обеспечить соответствующий уровень квалификации операторов машин, а также грамотную организацию проведения лесозаготовительных работ.

Для того, чтобы снизить повреждаемость оставляемых деревьев при проведении проходных или выборочных рубок, И.И. Тихонов и Т.В. Якушева [53] рекомендуют в местах поворота трелевочных машин расширять волока до 5–6 метров, а также укладывать хлысты или сортименты, комлевые и вершинные отрезки на волок. Помимо этого, авторы считают, что осуществлять обрезку сучьев и раскряжевку нужно непосредственно на волоке с помощью вально-сучкорезно-раскряжевочных машин, выносящих срезанное дерево в вертикальном положении.

П.И. Костин [54] считает, что снизить повреждаемость деревьев на рубках ухода можно путем использования системы средств малой механизации типа мини-тракторов, мотоблоков и квадроциклов. Такая система, по мнению автора, позволит снизить нагрузку на почву и существенно удешевить стоимость лесохозяйственных мероприятий.

Компьютерная техника и современные технологии способны помочь в планировании рубок ухода. А.С. Гершев [55] упоминает, что ГИС-технологии позволяют составлять программы рубок ухода, анализировать и прогнозировать их влияние на лесные насаждения, а также визуализировать результаты анализа. Эти и другие функции позволяют подобрать систему машин для рубок ухода, а также оценить влияние рубок на повышение продуктивности насаждений.

Геоинформационные системы позволяют не только оценить воздействие конкретной рубки в заданных условиях, но и представить большое количество сведений о лесных площадях в удобной форме. Так, Л.В. Щеголовой и др. [56] разработана геоинформационная система для Республики Карелия в виде карты с указанием

природно-производственных характеристик. Данная карта позволяет получить сведения о дорожной сети, местоположении лесничеств, ландшафтах местности и многом другом, а также выбрать оптимальный план проведения лесозаготовительных работ, и даже учесть экологические нормы природопользования.

В.М. Лукашевич [57] считает, что грамотное выполнение подготовительных работ (например, оптимальный подбор лесозаготовительной техники, составление технологической карты и разметка лесной площади в натуре), оптимизация межоперационных процессов позволяет существенно снизить трудозатраты на заготовку древесины. То же справедливо и в отношении рубок ухода – планирование процессов заготовки древесины позволяет снизить повреждаемость оставляемых деревьев и обеспечить желаемый лесоводственный эффект.

В работе В. М. Лукашевич [58] акцентирует внимание на том, что соблюдение лесохозяйственных требований (в том числе по количеству повреждённых деревьев при проведении рубок ухода), во многом зависит от выбора комплекта лесозаготовительной техники. Для снижения воздействия на почву применяются рубки в зимнее время, особенно это важно на переувлажнённых грунтах с низкой несущей способностью, то есть, сезонность проведения работ имеет значение и позволяет снизить количество корневых повреждений, оставляемых на дозревание деревьев, что особенно важно для средневозрастных и приспевающих еловых насаждений.

Современные имитационные модели и методы исследований позволяют изучать воздействие лесозаготовительной техники на внешнюю среду. Так, В.С Сюнев [59] описывает модель процесса взаимодействия ходовых систем с почвой, который может учитывать армирующий эффект корневых систем растений. Данная имитационная модель может быть использована для определения степени повреждаемости почвы конкретными лесозаготовительными машинами, что может использоваться как критерий компьютеризированного подбора лесозаготовительной техники для проведения рубок.

Исследования В.И. Обыденникова [60] по соотнесению используемых технологий рубок ухода с повреждениями на разных типах

почв показывают двойственную ситуацию: использование колесных тракторов повышает степень повреждения почвы, а гусеничных – приводит к более опасным последствиям для корней оставленных деревьев. Использование хлыстовой трелевки вместо сортиментной позволяет сократить площадь нарушений в 1,5 раза; для большего уменьшения повреждений почвы необходимо проводить рубки только в сухой период.

Зарубежный опыт изучения возможностей использования мини-техники при рубках ухода, приведенный в работе П.Т. Курвитсом и Т.А. Нурком [61], включает две группы машин: мини-скиддеры и мини-форвардеры. Первая группа применяется в тонкомерных древостоях и на слабых грунтах, вторая – на твердых (колесные) и болотистых (гусеничные машины) почвах. Использование мини-техники позволяет не только увеличить производительность трелевки, в 3–4 раза, но и снизить повреждаемость оставляемых деревьев и почвы.

Выводы, сделанные в работе Н.В. Баляевой и Т.А. Ищука [62], позволяют оценить влияние рубок разной интенсивности на продуктивность древостоя: повышение интенсивности рубки ухода на каждые 10% приводят к возрастанию продуктивности на 3%, а наибольшая эффективность отмечается после проведения рубок интенсивностью 25–44%. Это подтверждается исследованием В.А. Ананьева и др. [63] – на исследованных участках прирост после интенсивных поздних рубок (40–45% по запасу) больше в 2 раза, чем на участках контроля. При этом рубки ухода никак не повлияли на устойчивость насаждения, что измерялось отпадом за 5 лет.

Наиболее типичные виды повреждений оставляемых деревьев при проведении проходных рубок и их причины установлены С.В. Шумаком и П.В. Колодицем [64]: 2–5% ошмыг ствола, 1–4% ошмыг кроны, 0,5–2% слом сучьев, 0,1–1% слом вершины. Корреляционный анализ показал, что общая повреждаемость оставляемых деревьев зависит от относительной полноты древостоя и объема вырубаемой древесины; ошмыг ствола и слом вершины связаны с количеством вырубаемых деревьев, ошмыг кроны и слом сучьев с абсолютной полнотой. Интенсивность рубки по запасу имеет при этом часто имеет слабую корреляцию с повреждаемостью деревьев.

В работе А.А. Селиверстова [65] отмечается повреждение сортиментов при рубках ухода при использовании харвестеров (рис. 12). Основными причинами данных повреждений являются недостаток квалификации операторов харвестера и несовершенная компоновка харвестерной головки.

Исследование О.И. Григорьевой [66] показывает, что применение низового метода рубок ухода предпочтительнее верхового. Это связано с уменьшением отпада после рубки, увеличением среднего диаметра при низовом методе больше, чем при верховом, а также с тем, что формируемые сортименты при рубках спелых и перестойких насаждений более однородны.

В условиях Карелии рубки ухода могут привести к увеличению на 30–50% ширины годичных колец средних деревьев в сосняках брусничных, о чём говорит исследование С.М. Синьковича [67]. Данных результат проявляется через 3 года и сохраняется в течение 20 лет. Большего увеличения можно добиться с помощью внесения удобрений одновременно или после рубок ухода.

В своей работе Г.А. Чибисов и А.Н. Нефедова [68] отмечают, что после рубок ухода создается благоприятный микроклимат для роста и развития оставленных деревьев. Увеличивается суммарная радиация, что приводит к уменьшению альбедо и к повышению поглощаемой световой энергии. Это повышает температуру почвы и воздуха, удлиняя вегетационный период, что особенно эффективно в северных районах.

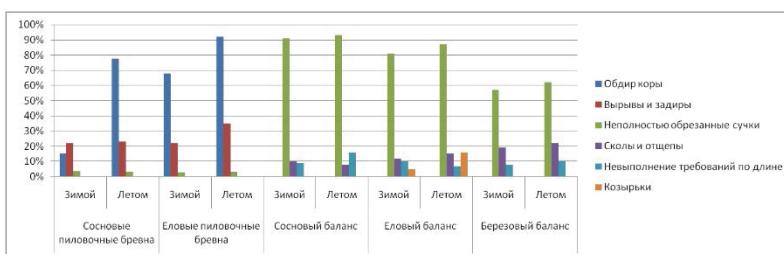


Рис. 12 Повреждения сортиментов при использовании харвестеров на рубках ухода, А.А. Селиверстов [65]

Для уменьшения повреждаемости деревьев Э.Ф. Герц [69] предлагает следующие решения: уменьшить длину лесоматериалов при

трелевке, максимально уменьшить угол валки на волок и обеспечить способ захвата с управляемым перемещением лесоматериалов. Это мероприятия позволяют снизить повреждаемость древостоя, в среднем на 24%.

### **3.3. Анализ методов и целей управления рубками**

Правильно выбранная и своевременно примененная технология, техника и оборудование для рубок ухода не только способствует повышению эффективности лесозаготовительной промышленности, но также является критически важным условием для сохранения биоразнообразия и экологического состояния лесных насаждений. Анализ методов используемых для исследования показывают, что одним из эффективных методов управления производственными процессами лесозаготовок являются математическое моделирование и системы компьютерной поддержки принятия решений [55; 56; 58; 59], которые могут повысить эффективность использования техники и оборудования, что в итоге приведет к лучшему использованию лесных ресурсов и минимизации воздействия на древостой.

Выбор места, техники и технологии для проведения рубок ухода за лесом должен учитывать воздействие на окружающую среду и сохранение биоразнообразия. В процессе выполнения ухода за лесом, может произойти повреждение лесной среды и оставляемых деревьев, что негативно скажется на их росте и развитии.

Для проведения рубок ухода используются различные технические средства, от ручных инструментов до современной высокомеханизированной техники. Однако для проведения рубок осветления и прочисток наиболее широко применяются мотокусторезы и бензопилы, которые отличаются простотой, мобильностью и производительностью, но при неправильном использовании приводят к повышенному повреждению оставляемых деревьев.

Для выполнения рубок прореживания и проходных рубок, используют ручную и механизированную технику, такую как бензопилы и технику на базе тракторов, а также специализированную лесозаготовительную технику. Однако проведение рубок требует соблюдения мер безопасности и экологических норм, а операторы должны быть обучены безопасному использованию оборудования.

Как правило, при использовании лесозаготовительной техники и оборудования, главными видами повреждений являются: механические (нарушение корневых систем и напочвенного покрова, повреждения стволов и кроны деревьев), химические (загрязнение почвы и воздуха), биологические (развитие болезней и вредителей). Уровень повреждений зависит от ряда факторов, таких как наличие и разнообразность пород в лесном массиве, плотность насаждения, вид проводимой рубки, используемая техника и технология [45; 46] Скандинавские страны, которые показали высокую эффективность в управлении лесным сектором, уделяют большое внимание регулярным и грамотным рубкам ухода за лесом, что отмечается в работе S. Senko др. [40].

Наносимые повреждения могут негативно отразиться на продуктивности леса и объеме лесной продукции и в будущем привести к экономическим потерям. Обоснование используемых технологий, техники, принимаемых решений при рубках ухода, а также параметров, влияющих на результаты заготовки древесины при проведении рубок исследованы в работах [47–49].

Повреждение оставляемых деревьев при проведении выборочных рубок и рубок ухода может привести не только к снижению запаса, но и к ухудшению санитарного состояния насаждений. Подбор лесозаготовительной техники при проведении рубок ухода также может повлиять на минимизацию повреждений древостоя.

Качественное проведение рубок ухода и выборочных рубок является многоаспектной задачей. Систематизированный анализ выводов и рекомендаций, выработанных в приведенных результатах исследования, приведен в табл. 3. Для систематизации исследований учитывались: изучаемое воздействие на лесную среду; цель, которая преследовалась при изучении воздействия; достигнутый или планируемый результат; основные выработанные рекомендации; предлагаемый параметр управления. Всего в анализ включено 35 исследований.

Из анализа таблицы следует, что основное разнообразие приходится на рекомендации по видам воздействия на лесозаготовительный процесс – обнаружено 26 уникальных видов рекомендаций из исходных 35. Некоторые из рекомендаций (столбец 3 табл. 3) со-

стоят из нескольких, уточняющих частные аспекты экспериментально изученных рекомендаций, пересекающиеся наборов, например, находящиеся в строках 8 и 9, или 21, 22, 23 табл. 4.

Очевидно, что набор воздействий на лесную среду невелик, он определяется разрешенным набором видов рубок, шириной пасек, размерами лесосек. В связи с этим, в исследованиях поле наблюдения обычно достаточно узко, изучают, например, проходные рубки – строка 4, но в некоторых исследованиях могут рассматриваться и более широкие ряды рубок – строка 2. Наиболее уникальным в ряду изученных воздействий является интенсификация дорожного строительства – строка 4 табл. 3.

Целей, поставленных во главу изучаемых мероприятий, существенно больше – 13, они достаточно разнообразны – экологические (строка 1), экономические (строка 9), лесохозяйственные (строки 2 и 4). Постановка цели воздействия связана, вероятно, со специализацией автора исследования, однако, имеются и комбинации целей – строки 3 и 6 табл. 3. В перспективе развития лесопромышленного комплекса и пересечения решений лесохозяйственных и лесозаготовительных задач, добавления новых, комбинированные цели воздействия приобретут большее значение, хотя очевидно затрат на исследования это потребует больших.

Самое большое разнообразие показали рекомендации по воздействию на процесс лесозаготовок, реализация которых способствует достижению той или иной цели – 26. Указанные рекомендации используются на практике в различной степени. Важной особенностью практических изученных работ является разработка и исследование единственной рекомендации. Это особенность не позволяет учесть действие нескольких рекомендаций на последствия лесозаготовительного процесса, но зато позволяет более точно их измерять.

Таблица 3

## Сводная таблица воздействий на древостои при проведении рубок ухода

№	Воздействие	Цель	Рекомендация	Параметр управления
1	Выборочная рубка	Устойчивость древостоев и разнообразие местообитаний	Сформировать новые лесные выделы	Лесная среда
2	Все виды выборочных рубок	Выравнивание возрастной структуры лесов	Активное управление интенсивностью рубок	Интенсивность рубок
3	Интенсивность рубки	Лесоводственная и экономическая эффективность	Урежение сети технологических коридоров	Инфраструктура
4	Интенсификация дорожного строительства	Лесоводственная эффективность	Грамотное выполнение подготовительных работ	Лесная среда
5	Проходные и выборочные рубки	Минимизация воздействия	Избегание предельных величин изреживания	Обучение
6	Проходные рубки	Минимизация воздействия и экономическая эффективность	Квалификация персонала	Объём изъятия древесины
7	Разреживание	Повышение выхода качественной древесины	Комплексные рубки, внесение удобрений, обрезка ветвей у целевых деревьев	Параметры оборудования
8	Рубки ухода	Повышение выхода крупномерной древесины	Моделирование ведения работ и результатов работ	Технологический процесс
9		Повышение продуктивности, капитализации и стоимости лесов	Моделирование ведения работ, учет природно-производственных условий	Технологический процесс Параметры оборудования
10		Снижение трудозатрат	Низовой метод ухода	
11		Создание мелкоконтурной и разновозрастной структуры лесного фонда	Обоснованный выбор машин	

12	Создание условий для переработки древесины от рубок ухода	Создание условий для переработки древесины от рубок ухода	Обоснованный выбор машин, сезон работ	
13		Сохранность древостоя	Планирование работ и выбор машин	
14			Планировать рубки в соответствии с учетом транспортного освоения	
15			Подбор параметров оборудования	
16			Подготовка лесосек, квалификация	
17			Прогноз воздействия машины на корневую систему	
18			Уширение волоков, выстилка волоков	
19			Рубки в сочетании с агролесомелиоративными мероприятиями	
20			Средства малой механизации	
21			Управление интенсивностью рубок	
22			Управление объемом вырубаемой древесины	
23			Управление технологическими параметрами	
24			Уровень ниже расчетной лесосеки	
25			Учет погодно-климатических условий	
			Учет состояния грунта, сезон работ	
			Сформировать древостои состава отвечающего природно-хозяйственным условиям	
26			Число приемов и интенсивность рубок ухода	

Одной из важных рекомендаций, предлагаемых исследователями (строка 5), является обучение персонала. Рекомендация относится как к операторам лесозаготовительных машин, так и специалистам низового руководящего звена. Выработана рекомендация, в основном, по результатам анализа нарушений, обнаруженных на лесосеке. Рекомендации даются в виде, например, указаний о некачественном проведении работ (строка 6) или качестве выполнения подготовки лесного участка (строка 6), следовательно, необходимость обучения присутствует. Обучение в процессе работы может оказаться слишком дорогостоящим для предприятия, поэтому необходима предварительная подготовка персонала или разработка технических мер, компенсирующих недостаточный уровень квалификации, например, касающейся соответствия рубки заданному уровню снижения полноты древостоя.

Рекомендации по активному управлению различными аспектами рубок леса не дает больших возможностей для достижения поставленной цели – 9, при этом этот параметр является комбинацией параметров в строках 7 и 8 табл. 3.

Управление через перечисленные параметры реализуется с различной сложностью. Параметр управления «лесная среда» (строка 1), это неколичественный и многогранный показатель, его сложно учитывать в практической деятельности, а параметры – интенсивность рубок, объем изъятия, параметры оборудования (строки 2, 6, 7) измеряемы и контролируемые. Следовательно, в практической деятельности, для достижения поставленных целей и выполнения рекомендаций необходимо сводить оценку и контроль технологических процессов лесозаготовок к этим измеряемым параметрам управления, позволяющим получить числовые оценки качества проведения работ.

Особняком стоит параметр управления «обучение» (строка 5 табл. 3.). В процессе ведения лесозаготовительных работ на него влиять практически невозможно. Возможно, система штрафов является таким способом влияния, но штраф назначается после окончания лесозаготовительных работ и на работе оператора харвестера не оказывается, обучающего воздействия не оказывает. Следовательно, необходима система постоянного повышения квалификации

ции операторов и мастеров леса или создание инструментов, которые смогут нивелировать недостаточную квалификацию оператора и позволяют простыми способами и существующими инструментами определять уровень изъятия древесины непосредственно в процессе ведения лесозаготовительных работ.

Сводный график по предлагаемым параметрам управления процессом рубок ухода и выборочных рубок приведен на рис. 13.

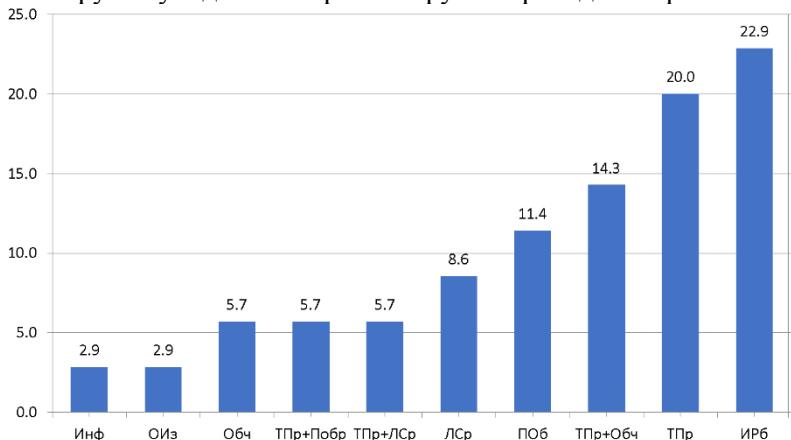


Рис. 13. Параметры управления процессами рубок ухода и выборочных рубок: ЛСр – лесная среда; ИРБ – интенсивность рубок; Инф – инфраструктура; ТПр – технологический процесс; ПОБ – параметры оборудования; Обч – обучение; ОИз – объем изъятия [рисунок авторов]

Анализ графика на рисунке 2 позволяет сделать вывод, что в исследователи сосредоточены и рекомендуют управлять, процессом роста древостоя через интенсивность рубки (ИРБ) – 22,9% исследований. Немного меньше занимает рекомендация управлять через организацию технологического процесса – 20,0% (ТПр), однако совместно с технологическим процессом и обучением (ТПр+Обч) эта рекомендация дает 34,3%. Параметры оборудования (ПОБ) совместно с технологическим процессом и обучением (ТПр+Обч) интересуют – 17,1% исследователей. Совместно рассмотренные рекомендации дают 77,2%.

Использование современных технологий и научных методов, таких как географические информационные системы и беспилотные летательные аппараты для прогнозирования воздействия рубок на лесные экосистемы, позволит решать задачи улучшения процесса рубок ухода и повышения эффективности лесохозяйственного производства в России как указывается в работе Е. Лопатина и др. [70]. Опыт Финляндии раскрывает возможность использования данных, полученных с помощью БПЛА, для цифровизации подготовительных процессов рубок и оценки их результатов, что может привести к повышению производительности труда, снижению потерь, сохранению ключевых биотопов и т.д. Однако в исследованиях этой возможности отводится немного внимания – 5,7%, возможно это связано с высокой сложностью проведения лесозаготовительных работ в условиях, представленных в моделировании.

Одним из путей развития рубок ухода и выборочных является использование более совершенных и передовых технических средств, которые могут повысить эффективность и безопасность проведения работ по уходу за лесными участками. Обучение могло бы стать важным фактором повышения эффективности проведения лесозаготовительных работ, но в чистом виде на это обращают внимание 5,7% исследователей. Обучение отмечается как необходимость, но непосредственно исследований посвященных методике обучения не встретилось.

В процессе проведения рубок следует использовать различные методы, направленные на минимизацию повреждений при заготовке древесины: использование техники малого класса для повышения маневренности в лесном массиве, учета ландшафтно-экологических особенностей местности. Данный подход, разрабатываемый Ю.Е. Вадбольской [71], позволяет существенно уменьшить количество повреждений, причиняемых лесной среде, в том числе и лесным насаждениям. Использование правильно подобранных технологий проведения рубок ухода, позволит соблюдать не только требования лесного законодательства, но и лесоводственные требования.

Анализ результатов, приведённых в табл. 3, показывает, что вариантов воздействия на древостой немного, однако внутри каждого варианта имеется большое разнообразие конкретных уровней воздействия, например, интенсивности рубок. При этом необходимо

учитывать, что фактически все методы управления развитием древостоя связаны и выбор интенсивности рубки совместно с возрастом задаст выбор техники, а невозможность использования древесины сваленных деревьев скажется на формировании системы волоков, т.е. технологическом процессе.

На рис. 14 показаны статистические характеристики и разброс значений весовых коэффициентов целей воздействия и рекомендаций по их достижению. Наибольшим разбросом обладают воздействия, их немного и они в равной степени представлены в исследованиях. Минимальным разбросом обладают рекомендации, как правило, отдельное исследование посвящено обоснованию или изучению эффективности какой-либо одной рекомендации, поэтому разброс встречаемости рекомендаций достаточно узок.

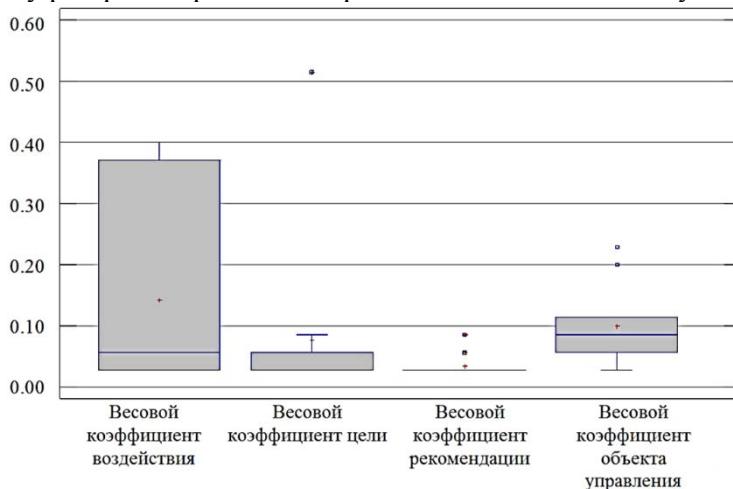


Рис. 14. Диаграмма разброса весовых коэффициентов  
[рисунок авторов]

Разработка и внедрение новых технологий проведения рубок ухода и выборочных рубок в лесных насаждениях, эффективное сочетание имеющихся методов и возможностей – это важное направление развития лесного хозяйства в стране. Однако, для того чтобы обеспечить высокое качество развития древостоев и сохранить экологическую среду лесных массивов, необходимо проводить рубки с учетом научно обоснованных рекомендаций и вновь разработанных методов.

### 3.4. Заключение по главе

Использование новых и передовых технических средств и технологий является эффективным путем развития рубок ухода. Однако для максимальной сохранности лесных насаждений необходимо:

- организовывать работу подготовленных специалистов, которые разработают проект рубок с учетом особенностей конкретного лесного массива и обеспечения наибольшей сохранности деревьев;
- проводить инвентаризацию лесного массива, перед началом работ для выявления наиболее ценных пород и элементов структуры лесной среды, нуждающихся в охране;
- контролировать соблюдение безопасного использования оборудования обеспечивая максимальную сохранность деревьев.

Для обеспечения качественного развития древостоев, необходимо продолжить совершенствование рекомендаций по изменению режима рубок ухода, обеспечивающих минимизацию повреждений не только лесных насаждений, но и лесной среды.

Для достижения данной цели, необходимо решать следующие задачи:

- 1) произвести анализ существующих технологий и методов, используемых при проведении рубок ухода и выборочных рубок за лесными насаждениями для обоснования режимов рубок с точки зрения производимых нарушений;
- 2) уточнить влияние применяемых технологий и методов лесозаготовок на интенсивность роста древостоя, прежде всего через повреждение стволов;
- 3) разработать и применять системы моделей движения лесозаготовительной техники и прогнозирования нарушений при рубках ухода;
- 4) разрабатывать экономические модели последствий проведения рубок ухода с учетом углеродного следа.
- 5) разработать инструменты позволяющие обеспечить соблюдение рекомендаций по режимам рубок ухода за лесом в ходе ведения работ.

Решение этих задач позволит обеспечить качественное развитие древостоев и лесного хозяйства в России в целом, и сделают рубки ухода и выборочные рубки более эффективными и экологически безопасными. Однако необходимо помнить, что успех этого процесса зависит от поддержки государственных органов власти, научных и экспертных сообществ, а также от осознанного подхода лесопользователей и лесохозяйственных организаций.

## Глава 4. МЕТОДЫ И ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

### 4.1. Общие сведения

Дистанционное зондирование Земли – это процесс получения информации о поверхности, объектах и ресурсах на поверхности Земли без непосредственного контакта с ними. Процесс зондирования осуществляется из атмосферы или космоса с использованием различных зон электромагнитного спектра. Методы дистанционного зондирования для изучения и мониторинга природных ресурсов включают аэросъемку, воздушное лазерное сканирование и космическую съемку. При аэросъемке или космической съемке регистрируется отраженное электромагнитное излучение от объектов, что делает их пассивными методами. Лазерное сканирование или лидарная съемка является активным методом, так как фиксирует отраженные от объектов импульсы, направленные к поверхности Земли от лидара.

К аэрофотосъемке (аэросъемке) относится съемка местности при помощи аэрофотоаппаратов или цифровых аэрокамер, установленных на летательных аппаратах, находящихся в атмосфере – на самолетах, вертолетах, беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). В настоящее время для изучения природных ландшафтов, лесного фонда, урбанизированных пространств, объектов озеленения населенных мест используют аэросъемку в различных частях электромагнитного спектра с помощью оборудования, установленного, как правило, на самолетах или на БПЛА.

Результатом проведения аэросъемки является аэроснимок, который представляет изображение земной поверхности. Это изображение можно получить как с использованием традиционных пленочных аэрофотоаппаратов, так и цифровых аэрокамер. Аэроснимок, выполненный в различных частях электромагнитного спектра, должен быть пригоден для изучения объектов и явлений на поверхности Земли или в ее недрах, а также для фотограмметрической обработки данных. В зависимости от способа создания, аэроснимки могут быть аналоговыми или цифровыми (электронными). Традиционные аэрофотоснимки представлены на фотопленке, а затем

производится контактный отпечаток на фотобумаге. Это так называемый аналоговый тип снимков. Однако современные методы автоматизированной обработки изображений требуют цифрового формата данных дистанционного зондирования. Для этого аналоговые снимки могут быть отсканированы на высокоточных фотограмметрических сканерах. В настоящее время, однако, цифровые снимки чаще получаются непосредственно в процессе аэросъемки.

Цифровые аэроснимки представлены в растровом формате, где изображение состоит из множества элементарных точек, называемых пикселями, каждый из которых имеет свои определенные спектральные характеристики. Пиксель изображения кодируется однобайтовым или трехбайтовым числом, где один байт представляет 256 уровней яркости. В черно-белых изображениях каждый пиксель кодируется однобайтовым значением, а в цветных изображениях RGB пиксель кодируется трехбайтовым числом. Цифровой снимок представляет собой матрицу, где для каждого пикселя в определенном канале съемки записаны значения яркости в строках и столбцах. Важной характеристикой цифровых аэрокосмических снимков является их пространственное разрешение, т.е. величина пикселя изображения в пространственных единицах. Эта величина характеризует размер наименьших объектов, различимых на изображении. Например, по современным техническим требованиям к материалам дистанционного зондирования при аналитико-измерительном дешифрировании снимки должны иметь пространственное разрешение не хуже 1 м/пиксель.

В дистанционном зондировании и геоинформационных системах также используется векторный формат изображений, где объекты представлены точками, линиями и площадями в виде многоугольников. Каждая точка имеет свои пространственные координаты, а линия, соединяющая две точки, представляет собой вектор.

## 4.2. Получение данных ДЗЗ

Изображение поверхности Земли может быть представлено в различном виде, включая черно-белые, цветные (с цветами близкими к естественным) и цветные спектрональные снимки. Панхроматические изображения – это монохромные снимки, охватывающие весь видимый диапазон спектра. Для анализа растительного покрова широко используются черно-белые инфрахроматические снимки, которые чувствительны к инфракрасной зоне спектра. Они предоставляют более детальную информацию, чем панхроматические снимки, и особенно значимы для выявления различий между лиственными и хвойными деревьями и древостоями. Цветные спектрональные снимки представляют изображение в псевдоцветах, что способствует лучшему визуальному выделению различий между лиственными и хвойными деревьями летом. Эти снимки также более информативны по сравнению с обычными цветными аэроснимками, имеющими цветовую передачу, приближенную к натуральной.

Если съемка местности осуществляется при положении оптической оси аэрофотоаппарата близком к вертикальному, то такую аэрофотосъемку называют плановой. Отклонение оптической оси от вертикали при такой съемке составляет не более  $3^{\circ}$ . При такой съемке на снимках значительная площадь изображения имеет допустимые геометрические искажения, которые не препятствуют дальнейшей обработке и дешифрированию снимков.

Для целей дешифрирования и последующего картографирования лесного фонда и объектов ландшафтного строительства обычно используется кадровая съемка [74]. Кадровая съемка означает, что изображение местности складывается из отдельных кадров с перекрытием. Перекрытием при кадровой съемке считают часть площади снимка, которая закрывается смежным снимком. При этом изображение на смежных снимках в зоне перекрытия имеет идентичные контуры и объекты. Смежные снимки одного маршрута образуют продольное перекрытие, а снимки соседних маршрутов – поперечное перекрытие. Современные технические требования к материалам аэросъемки предполагают получение данных в стереорежиме. Два смежных снимка с перекрытием образуют стереопару. В зоне перекрытия снимков находятся одни и те

же объекты, снятые с двух точек пространства. Благодаря такой съемке появляется возможность установить стереоэффект, получить стереомодель местности и увидеть объемное изображение с помощью стереоскопа или с применением современных фотограмметрических программ обработки снимков. Для получения стереоэффекта и дальнейшей стереообработки пары снимков необходимо обеспечить продольное перекрытие в одном маршруте равным 60% и более. Данные значения следует обеспечивать при выполнении съемки в равнинной местности, в горной местности величина продольного перекрытия должна составлять 70-90%. Поперечное перекрытие между снимками соседних маршрутов должно составлять не менее 20%.

Одним из современных активных методов дистанционного зондирования Земли является лидарная съемка, включающая воздушное, наземное и мобильное лазерное сканирование [72]. Материалы, полученные в результате лидарной съемки, применяются при решении задач экологического мониторинга, инженерного проектирования, лесоустройства [74]. Так как лидарная съемка является активным средством дистанционного зондирования, его можно применять ночью, если позволяют условия пилотирования.

При лазерном сканировании для каждого излученного импульса фиксируется время, которое затрачивает луч, двигаясь от источника до объекта, вызвавшего отражение, и обратно к сканеру. В зависимости от конфигурации сканера может быть зафиксировано одно или несколько отражений от различных объектов для каждого импульса. Если лазерный луч сталкивается с объектами, не имеющими однородной структуры поверхности, такими как ветви деревьев, то часть энергии отражается, а другая часть продолжает двигаться дальше вдоль траектории импульса. Поэтому каждый импульс может вызвать несколько отражений. Этот эффект особенно заметен при сканировании крон деревьев, кустарников, проводов и опор ЛЭП. Обычно одно отражение, либо последнее от нескольких, соответствует поверхности земли, здания или другой плотной структуре.

При лазерной локации местность и расположенные на ней объекты отображаются большой совокупностью («облаком») точек,

для каждой из которых получены все три пространственные координаты. Учитывая, что современные лазерные сканеры включают блок инерциальной навигационной системы и глобальной навигационной спутниковой системы (GPS или ГЛОНАСС), т.е. комплекс прямого геопозиционирования, облако точек имеет очень высокую точность привязки пространственных координат. Характеристики лидарных снимков делают их весьма перспективными для анализа структуры участков лесного фонда, городских зеленых насаждений, для ландшафтного проектирования и построения трехмерных моделей объектов ландшафтной архитектуры.

Точность воздушных лазерных сканеров определяет количество точек от лазерных импульсов на 1 м<sup>2</sup>, которые варьируют от одной до нескольких десятков. Чем больше количество точек на 1 м<sup>2</sup>, тем выше детальность формы объекта. Это позволяет получить качественное трехмерное изображение растительности, зданий и сооружений, элементов рельефа, природных ландшафтов и урбанизированных территорий. Данные лазерного сканирования позволяют выполнить расчет параметров трехмерных моделей крон отдельных деревьев и древостоев, а также некоторых лесотаксационных показателей. Детальное трехмерное изображение кроны дерева позволяет с достаточно высокой точностью определить древесную породу. Измерение высоты деревьев, диаметров крон, степени сомкнутости полога возможно с точностью, превышающей точность наземной таксации.

#### 4.3. Анализ данных ДЗЗ

Анализ лидарных данных можно провести, например, с помощью программы FugroViewer, бесплатно предоставленной разработчиком по запросу. Программа позволяет выполнить автоматическое построение и отображение горизонталей рельефа в 2D и 3D режиме, представить профиль рельефа и насаждений, выполнить измерение расстояний в горизонтальной и вертикальной плоскостях (высота деревьев и кустарников, ширина крон), сделать выборку облака точек по одному или нескольким отражениям. Важным преимуществом лидарной съемки является то, что облако точек можно визуализировать в виде профиля или в трехмерном изображении и просматривать с разных ракурсов (рис. 15).

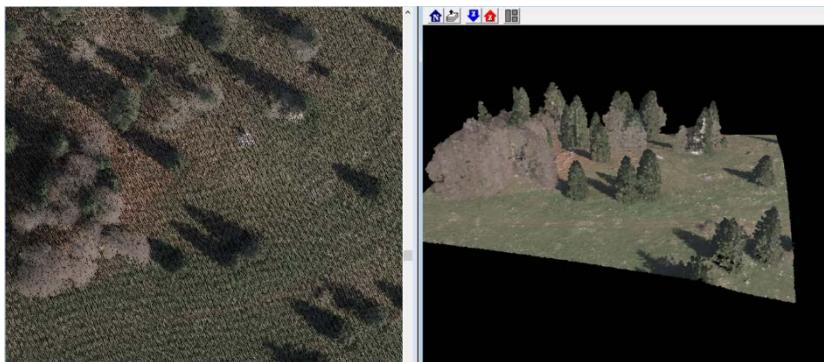


Рис. 15. Пример отображения облака точек  
и 3d режима на лидарном снимке

В настоящее время в мире действуют космические программы, позволяющие получать спутниковые данные дистанционного зондирования с разнообразными характеристиками, в различных частях электромагнитного спектра, предназначенные для решения профессиональных тематических задач. Используются как пассивные методы съемки, при которых камерами регистрируется отраженная от земной поверхности энергия солнца или собственное излучение земли (тепловое), так и активные методы съемки (радиолокационные снимки), при которых изображение формируется на основе разницы посланного и полученного сигнала со спутника [73].

Для целей лесоустройства, лесного дела, ландшафтного строительства изображения получают в основном с ресурсных спутников. Преобладает сканерный способ получения данных, при котором изображения получают с помощью мультиспектральных сканирующих устройств (МСУ) различного пространственного разрешения. Одной из важных характеристик космических снимков является радиометрическая разрешающая способность, которая определяется количеством уровней яркости, соответствующих переходу от черного к белому. Значение радиометрической разрешающей способности выражается в количестве бит на пиксель изображения. Если в характеристике съемки указано, что радиометрическое разрешение 8 бит на пиксель, это означает что изображение имеет 256 уровней от черного до белого цвета, как, например, у

спутника Spot 5. Для сравнения, спутник Sentinel-2A имеет радиометрическое разрешение 12 бит, т.е. 4096 уровней яркости. Более высокое радиометрическое разрешение снимков позволяет различать больше деталей на очень ярких или очень темных областях снимка.

Космические снимки выполняют в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах ЭМИ. Каждый из диапазонов разбивается на спектральные каналы. Как правило, спутниковая бортовая аппаратура в мультиспектральном режиме имеет 4 и более спектральных каналов. Спектральное разрешение определяется шириной спектральных зон съемки при многозональной и гиперспектральной съемке и измеряется в нанометрах или микрометрах. Самое низкое спектральное разрешение в сотни нанометров имеют панхроматические снимки, а наиболее высокое, до 10 нанометров – гиперспектральные.

В исследованиях растительного покрова, лесного фонда, городских зеленых насаждений часто используют мультиспектральные снимки, представленные набором отдельных спектральных каналов. Подставляя разные каналы в модель RGB получают цветное синтезированное изображение или композитное изображение. Цветовой синтез используется для тематического анализа данных дистанционного зондирования, выявления характеристик объектов, недоступных для обнаружения только в видимом оптическом диапазоне. Выбор каналов и их цветовой синтез определяется решаемыми тематическими задачами.

На рис. 16 представлено композитное изображение с натуральной цветопередачей (красный-зеленый-синий), а на рисунке 3 – с ложной цветопередачей (ближний ИК-зеленый-синий). На снимке с натуральной цветопередачей видна поверхность зеленого цвета, но не все они являются живой растительностью. Например, на стадионах может быть искусственная и натуральная трава, разница между этими покрытиями сложно обнаружить на снимках с натуральной цветопередачей.

Данные дистанционного зондирования часто служат основой для тематического картографирования и решения профессиональ-

ных задач в сфере лесного хозяйства, рекреационного лесопользования, ландшафтного строительства, для исследования и мониторинга растительного покрова.

Изображение на аэрокосмических снимках представлено в форме, которая не привычна для восприятия человеком в повседневной жизни. Поэтому возникает задача определения или расшифровки того, что изображено на снимке. Процесс изучения объектов по аэрокосмическим изображениям, основанный на выявлении связи между свойствами объектов на поверхности Земли и характером их отображения на снимках, называют дешифрированием. Задачей дешифрирования является получение определенного объема качественной и количественной информации о состоянии, составе, структуре, размерах, взаимосвязях и динамике процессов, явлений и объектов по данным дистанционного зондирования с помощью дешифровочных признаков.

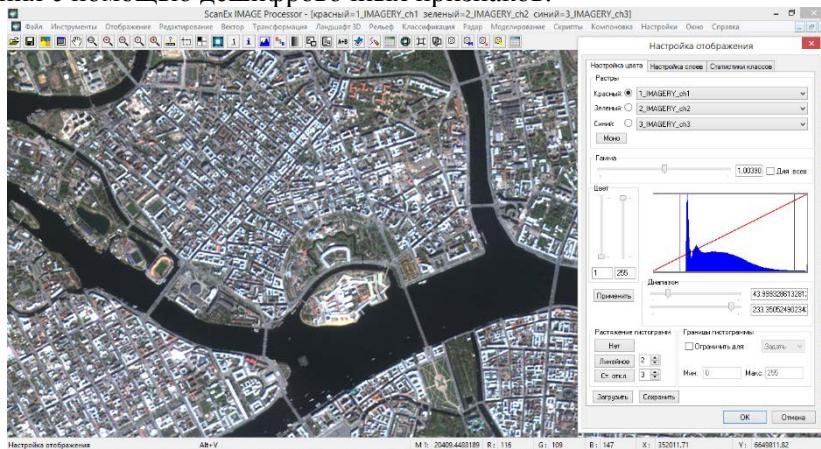


Рис. 16. Синтез «натуральные цвета»:  
Красный – R; Зеленый – G; Синий – B (1-2-3)

На снимке с ложными цветами (рис. 17) участки с живой растительностью, в том числе с натуральной травой на поле стадиона хорошо выявляются по красному цвету.

Для выделения, распознавания и характеристики объектов, изображенных на снимках, используют определенные дешифро-

вочные признаки. Прямые дешифровочные признаки непосредственно отображаются на снимках и характеризуют тот или иной объект. К ним относятся оптические и геометрические свойства объектов, а именно – тон и цвет изображения, плоскостная или объемная форма, размер, тень, рисунок (текстура). Косвенные признаки позволяют описать объект дешифрования опосредованно, через другой природный или антропогенный компонент. Например, взаимосвязь различных типов леса с формами рельефа, условиями увлажнения и т.п.

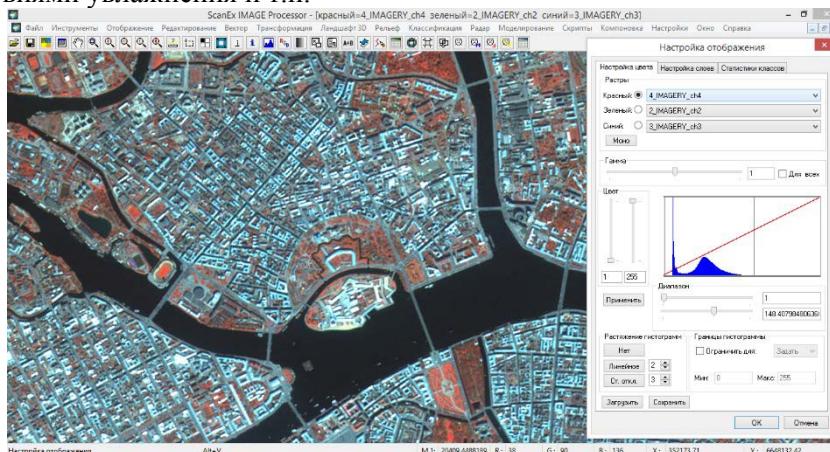


Рис. 17. Синтез «ложные цвета»:  
Ближний ИК (NIR) – R; Зеленый – G; Синий – B (4-2-3)

#### 4.4. Выявление природных объектов на снимках ДЗЗ

Разработка лесных тематических карт предполагает выполнение контурного и аналитического лесотаксационного дешифрирования аэрокосмических данных с использованием стереомодели. При контурном дешифрировании снимков осуществляют разделение лесного фонда на однородные лесотаксационные участки (выделы), установленные в пределах кварталов. Размеры кварталов и выделов зависят от интенсивности хозяйства и определяется таксационным разрядом лесов. Любой квартал независимо от величины состоит из совокупности участков с весьма разнообразными категориями земель и насаждениями, требующими различных хозяйственных мероприятий. Критериями разделения лесного фонда на однородные лесотаксационные участки служат установленные лесоустроительной инструкцией пороги различий в составе, высоте, форме и размерах крон, сомкнутости полога, условиях местопроизрастания и других особенностях дешифрируемых насаждений.

Разделение лесного фонда на однородные части начинается с искусственной дробления территории на более или менее равные части – кварталы. Разделение площади квартала на выделы следует начинать с выделения категорий земель. Необходимо выявить на снимке и выделить контуры просек, дорог, ручьев. Затем устанавливаются контуры других нелесных земель – пастбищ, сенокосов, болот, вод, садов, усадеб и др. Следующий шаг – это выделение не покрытых лесом лесных земель, таких как прогалины, вырубки, пустыри, гари, несомкнувшиеся лесные культуры и др. Одновременно с выделением нелесных и не покрытых лесом площадей в пределах квартала при тщательном анализе изображений под стереоскопом устанавливаются границы генерализованных выделов. Генерализованный выдел объединяет несколько таксационных выделов с близкими таксационными характеристиками. Границы таких выделов как правило проходят по естественным рубежам, водоразделам, тальвегам, резко выраженным изгибам рельефа. На следующем этапе лесопокрытую площадь генерализованных выделов детализируют, т.е. разграничают на однородные в таксационном отношении участки, основываясь на комплексном анализе различий в составе, высоте, среднем диаметре, классе возраста, полноте, классе бонитета, типе леса, происхождении и на других

особенностях дешифрируемых насаждений, в соответствии с требованиями лесоустроительной инструкции. Для правильного определения границ лесотаксационных участков необходимо учитывать таксационные характеристики насаждений, основываясь на всестороннем стереоскопическом анализе комплекса прямых и косвенных признаков дешифрирования.

На основе комплекса признаков дешифрирования в стереорежиме выполняется аналитическое глазомерное определение состава, класса возраста, класса бонитета и типа леса насаждения. Очередность дешифрирования таксационных показателей зависит от конкретных условий. В первую очередь определяют тот показатель, который дешифрируется наиболее уверенно. Рекомендована следующая последовательность определения таксационных характеристик [74]:

- определение типа леса (типа лесорастительных условий) и класса бонитета;
- определение формулы состава насаждения;
- определение средних высот яруса и элементов леса;
- определение средних диаметров элементов леса;
- определение класса возраста;
- определение относительной полноты;
- определение запаса на 1 га.

Важным этапом при определении отмеченных характеристик является дешифрирование преобладающей породы в пределах выдела.

Еловые древостои. В целом изображение ельников имеет общий темный тон и выраженную контрастность, в отличие от насаждений с преобладанием сосны, березы и осины. На крупномасштабных снимках выделяется звездчатая форма проекции кроны, на ней может быть заметна радиальная структура ветвления. На цветных синтезированных изображениях с использованием инфракрасного канала кроны ели изображаются темно-зеленым, сине-зеленым, сине-голубым цветами (рис. 18). Обычно в пологе еловых насаждений различимы главным образом мелкие, изолированные друг от друга кроны. В действительности же то, что мы видим на снимке, это освещенные вершины достаточно крупных деревьев ели. Изображение редин, насаждений с незначительной сомкнутостью имеет

характерную полосатость или штриховатость рисунка, благодаря распределению падающих теней на фоне незатененных промежутков между кронами. Затененные промежутки между кронами имеют неправильную форму, что обусловлено различным расстоянием между деревьями и обычной для ельников разновысотностью. Часто промежутки между кронами в еловых древостоях больше размеров крон. Неравномерное освещение полога, распределение собственных и падающих теней приводит к тому, что проекции крон ели на изображении как правило имеют различную величину. Соотношение между размером мелких и крупных проекций крон в пологе елового древостоя может достигать 1:4 – 1:5. В смешанных насаждениях из ели, осины, березы и сосны, при одном и том же возрасте этих пород, на аэрокосмических изображениях размер крон у ели меньше, чем у других пород.

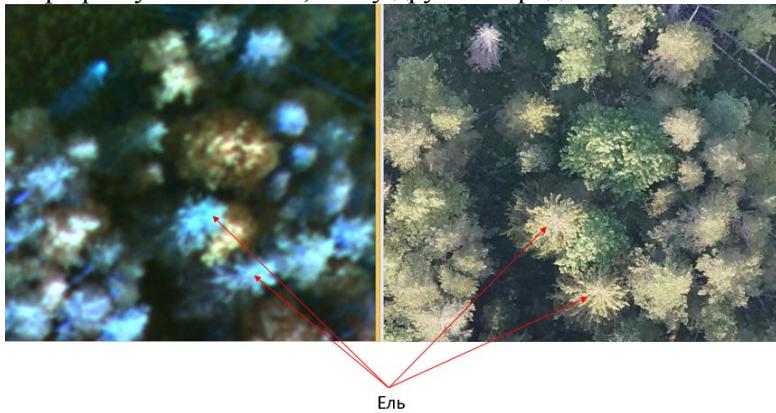


Рис. 18. Изображение проекций крон ели при синтезе каналов NIR-GRE-RED (слева) и в видимом диапазоне (справа)

При работе в стереорежиме у полога ельников заметно резкое различие в высотах деревьев, отмечаются глубокие провалы в пологе. Преобладающие конусовидные формы крон определяют характерную остроконечность в стереоскопическом изображении полога. Протяженность кроны составляет 50-75% от высоты дерева. Конусовидные протяженные кроны, небольшие значения высоты основания кроны способствуют тому, что при рассматривании

изображения в стереоскоп, не выражена приподнятость ели над поверхностью земли. При дешифрировании смешанных насаждений следует обращать внимание на соотношение высот различных пород. Если, например, в елово-лиственных насаждениях ель значительно ниже осины или березы, то возраст такого насаждения менее 100 лет, если береза и осина ниже ели, значит возраст такого насаждения с преобладанием ели превышает 100 лет. В смешанных елово-лиственных насаждениях по цвету полога может создаваться впечатление, что лиственные преобладают. Это связано с тем, что ель имеет мелкие проекции крон и значительная часть проекций крон затенена, а лиственные даже при относительно небольшом количестве могут иметь достаточно крупные хорошо освещенные кроны.

Сосновые древостоя. Обычно общий вид полога спелого сомкнутого чистого или с небольшой примесью других пород сосняка выглядит однородным благодаря равномерному распределению по площади участка округлых проекций крон и примерно таких же по размеру промежутков между ними. На мультиспектральных изображениях с использованием инфракрасного канала цвет крон сосны зеленый, светло-зеленый, ярко-зеленый, иногда добавляется коричневый оттенок, сине-голубой (рис. 19). На крупномасштабных снимках проекция кроны имеет зернистую или комковатую текстуру. Цвет промежутков между кронами темно-зеленый, серо-зеленый, не такой насыщенный и контрастный, как у ели. При стереоскопическом просмотре кроны сосны выглядят выпуклыми и высоко приподнятыми над поверхностью земли, «висящими» над ней. Выпуклость в изображении крон в спелых древостоях обусловлена параболоидными и шаровидными формами, округлой формой их вершин. Протяженность кроны у деревьев в спелых древостоях составляет 20–30% от высоты дерева. В молодняках, средневозрастных древостоях выпуклость крон не выражена. Разновысотность и провалы в пологе не характерны. Переход от освещенной части кроны к затененной постепенный, без резких контрастов.

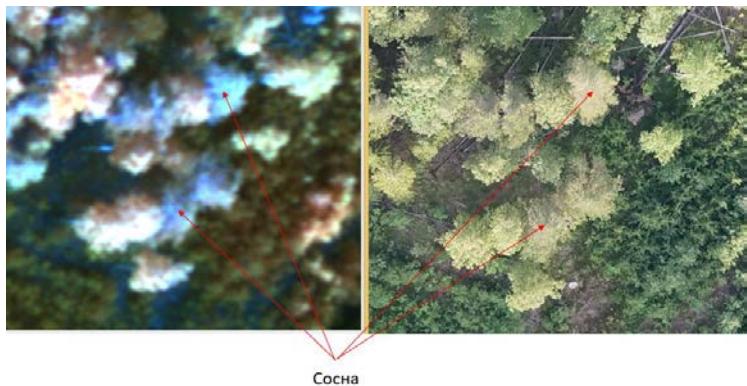


Рис. 19. Изображение проекций крон сосны при синтезе каналов NIR-GRE-RED (слева) и в видимом диапазоне (справа)

Березовые древостои. Полог спелых березняков выглядит достаточно однородным благодаря равномерному распределению в пространстве и значительной сомкнутости крон округлой формы. Промежутки между кронами примерно одинаковые по размеру, обычно меньше размера крон. На мультиспектральных синтезированных снимках цвет березы – желто-зеленый, желто-оранжевый светлый, желтовато-розовый (рис. 20.).

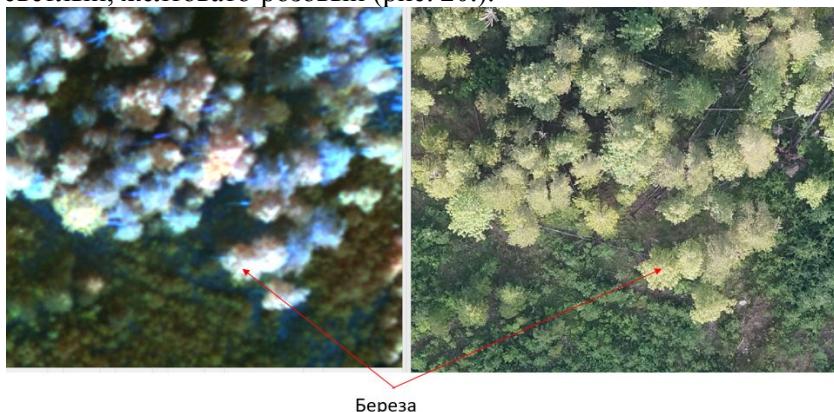


Рис. 20 Изображение проекций крон березы при синтезе каналов NIR-GRE-RED (слева) и в видимом диапазоне (справа)

Рисунок проекции кроны комковатый, заметен на крупномасштабных снимках. Переход от освещенной части кроны к затененной плавный, резкие контрасты не характерны. Выпуклость крон заметна в спелых древостоях, а до возраста 50-60 лет она не выражена. В перестойных насаждениях происходит снижение восприятия выпуклости. Также на распознавание выпуклости влияет расположение деревьев на площади участка и сомкнутость. Обычно при групповом размещении деревьев и при значительной степени сомкнутости выпуклость крон не воспринимается. Протяженность кроны у березы в спелых древостоях составляет 30–50% от высоты дерева. Просматриваемость крон в глубину полога в сомкнутых насаждениях выражена слабо. Разновысотность полога незначительная.

Осиновые древостои. На снимках в пологе осинников выявляются близкие по размеру проекции крон, равномерно и плотно сомкнутые. Промежутки между кронами темные примерно одинаковые по размеру, как правило меньше размера крон. На спектрозональных снимках с использованием инфракрасного канала кроны осины имеют желто-оранжевый, красно-оранжевый, желто-коричневый цвет (рис.7.). На крупномасштабных снимках выделяется зернистая текстура проекции кроны. В спелых смешанных древостоях у осины наблюдаются проекции крон большего размера, чем у ели, сосны и березы. Края крон осины неправильные, разорванные, иногда расплывчатые. Формы крон в молодняках в основном конусовидные, конусовидно-овальные, в средневозрастных древостоях параболоидные, в спелых – шаровидные и неправильные, в перестойных – плосковершинные. При просмотре полога осинников в стереоскопе не наблюдается выпуклость крон и разновысотность деревьев. Благодаря этому обычно осинники на изображении имеют ровную поверхность полога. Разновысотность наблюдается в смешанных насаждениях при куртинном или групповом расположении осины. Плосковершинные деревья осины оказывают влияние общее светлое изображение проекций крон, у которых отсутствует выраженная собственная тень. В спелых и перестойных древостоях кроны высоко приподняты над поверхностью земли, протяженность кроны составляет около 25-30% от общей высоты дерева. Осина достоверно отличается от березы по неправильно

округлым формам проекции крон, более крупным размерам и отсутствию выпуклости крон.

В смешанных спелых насаждениях, в составе которых участвуют сосна, ель, береза и осина одного возраста наибольшая ширина крон наблюдается у осины, затем следуют сосна, береза и ель. Примесь ели в смешанных древостоях заметна по наличию мелких плотных крон деревьев и остроугольных разрывов полога насаждений. На цветных снимках примесь ели видна благодаря наличию мелких темно- и сине-зеленых крон, насыщенных темных, почти черных теней. Однородность изображения полога древостоя нарушается при наличии примеси ели. В смешанных сосново-березовых древостоях возрастает возможность стереоскопической просматриваемости полога в глубину благодаря значительной приподнятости крон сосны.

#### **4.5. Заключение по главе**

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и основы дешифрирования получаемых данных, предоставляют широкие возможности для применения в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. В главе рассмотрены как пассивные (аэро- и космическая съёмка), так и активные (лидарное сканирование) методы, некоторые их технические характеристики – пространственное, спектральное и радиометрическое разрешение.

Сбор данных важная, но не конечная стадия ДЗЗ, необходима дешифровка и интерпретация изображений для получения качественной и количественной информации об объектах на основе прямых и косвенных признаков. Описана процедура контурного и аналитического дешифрирования при таксации лесов, включая последовательность определения таксационных показателей (состава, возраста, бонитета, полноты). Отдельно проанализированы дешифровочные признаки основных лесообразующих пород (ели, сосны, берёзы, осины) на снимках в различных диапазонах съемки и методах синтеза – основе для картографирования и мониторинга лесного фонда.

Таким образом, методы ДЗЗ, в сочетании с профессиональным дешифрированием, предоставляют инструменты для эффективного управления природными ресурсами, планирования лесохозяйственных мероприятий и ландшафтного проектирования.

## Глава 5. ЭКОНОМИКА ОСВОЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

### 5.1. Характеристика лесного фонда

Традиционно основой экономики Республики Карелия является лесной комплекс. Общая площадь лесов составляет 14,9 млн. га, в том числе 14,5 млн. га – земли лесного фонда. Характерна высокая лесистость территории – 53,0%, что определяет естественные преимущества региона по развитию лесной отрасли. Сохраняется преимущественная доля ценных хвойных пород – сосна обыкновенная и ель обыкновенная.

Из видов использования лесов, определенных статьей 25 Лесного Кодекса Российской Федерации, существенный вклад в экономику республики вносят: заготовка древесины; создание и эксплуатация объектов лесоперерабатывающей инфраструктуры; осуществление геологического изучения недр, разведка и добыча полезных ископаемых; осуществление рекреационной деятельности; осуществление рыболовства и др.

Общий корневой запас древесины Республики Карелия составляет 1034 млн. куб. м, в том числе на землях лесного фонда – 989 млн. куб. м. Структура лесных насаждений по группам возраста составляет: молодняки – 32,0%, средневозрастные – 26,5%, приспевающие – 8,0%, спелые и перестойные – 33,5%. В структуре лесных насаждений по группам древесных пород хвойные породы составляют 88%, лиственные породы – 12%.

Объем ежегодной расчетной лесосеки на территории республики по всем видам рубок составляет 11,5 млн. куб. м, в том числе:

- по рубкам в спелых и перестойных насаждениях – 8,8 млн куб. м;
- по рубкам лесных насаждений при уходе за лесом – 1,3 млн куб. м;
- по рубкам поврежденных и погибших насаждений – 0,5 млн куб. м;
- по прочим рубкам (строительство, обслуживание объектов) – 0,9 млн куб. м.

Большая часть лесов, около 70% расчетной лесосеки, передана в аренду.

## 5.2. Особенности экономики лесного комплекса Республики Карелия

Лесной комплекс Республики Карелия в сравнении с большинством регионов России имеет более высокий уровень развития, а также выгодное экономико-географическое положение как в отношении основных рынков России (Санкт-Петербург, Москва), так и рынков иностранных государств. К примеру, лесопродукция с низкой добавленной стоимостью (круглый лес) имела устойчивый рынок сбыта в Финляндии (до 2022 г.), а для продукции высоких переделов (бумага, картон, древесные плиты и т.д.) рынки находятся на всем земном шаре.

Удельный вес лесопромышленного комплекса в промышленности республики составляет около 30%. Продукция лесопромышленного комплекса является доминирующей товарной группой в карельском экспорте. Основными товарами лесной группы, экспортными из республики, являются обработанные и необработанные лесоматериалы, газетная бумага, крафт-бумага и картон, товарная целлюлоза.

На территории республики находятся 4 предприятия целлюлозно-бумажной промышленности: АО «Кондопожский ЦБК», АО «Сегежский ЦБК», ООО «РК-Гранд», ООО «Сегежская упаковка».

Кондопожский ЦБК на протяжении практически всей своей истории известен мировому рынку как производитель газетной бумаги. Продукт предприятия хорошо знают в типографиях более 80 стран мира. В настоящее время, учитывая конъюнктуру рынка, на предприятии последовательно реализуется стратегия на развитие как продуктового портфеля, так и самого предприятия. Так, сегодня в продуктовой линейке предприятия – бумага газетная, упаковочная, цветные виды бумаги, изготавливаемые под потребности заказчика.

Установка новой транспортно-упаковочной линии – важный этап программы перевода части парка бумагоделательных машин комбината с производства газетной бумаги на упаковочные виды продукции. Оборудование позволяет поставлять заказчикам рулоны шириной до 2800 мм, диаметром до 1500 мм. Рулоны таких размеров особенно востребованы производителями гофрированного картона на экспортном и внутреннем рынках.

Опираясь на богатый производственный опыт, в 2022 году руководство предприятия приняло решение о выходе на розничный рынок с новым потребительским продуктом – бумагой формата А4 под торговым названием ЕККО. В декабре 2023 года потребительская бумага ЕККО формата А4 получила высшую награду всероссийского конкурса «100 лучших товаров России».

Перечисленные проекты – первый этап инвестиционной программы группы компаний «Карелия Палп», направленной на расширение продуктового портфеля и обновление производственных мощностей Кондопожского ЦБК. Следующие этапы связаны с созданием макулатурной линии и производством растворимой целлюлозы.



Рис. 21 Намотка рулона упаковочной бумаги

АО «Сегежский ЦБК» работает в плановом режиме, производит более 300 тыс. тонн мешочной бумаги в год. ООО «Сегежская упаковка», которое входит в Segezha Group, по итогам 2023 года сохранила объем производства бумажной упаковки. Он составил 553,6 млн шт. или 101,3% по сравнению с аналогичным показателем 2022 года.

В Республике Карелия находятся два предприятия по производству древесных плит. АО «Карелия ДСП», выпускающее древесностружечные плиты (ДСП) и ООО ДОК «Калевала», выпускающее

ориентированно-стружечные плиты (ОСП). Плитная промышленность, прежде всего производство ДСП, ориентировано на использование низкосортной древесины любых пород и древесных отходов, которые не могут быть использованы в механической переработке древесины. Основные направления потребления ДСП - это производство мебели, особенно корпусной и офисной. ОСП находят широкое применение в строительстве, обладают высокими прочностными характеристиками и являются заменителями натуральной древесины в качестве несущих конструкций и строительных деталей.

Крупнейшим представителем деревообрабатывающей промышленности является лесопиление. В данной отрасли насчитывается более десяти предприятий, выпускающих широкий спектр продукции деревообработки. Объем производства пиломатериалов за последние годы составляет 750–900 тыс. куб. м. в год.

Крупнейшими деревообрабатывающими предприятиями региона являются:

– ООО «Соломенский лесозавод» – лидирующее лесопильное предприятие и одно из самых крупнейших в Карелии. В год на предприятии перерабатывается до 300 тыс. куб. м пиловочного сырья с получением готовой продукции (пиломатериалов) до 140 тыс. куб. м в год. Планируется модернизация производства, которая позволит увеличить объем перерабатываемого пиловочного сырья в 2 раза (до 600 тыс. куб. м), с получением пиломатериалов до 267 тыс. куб. м в год.



Рис. 22 Готовые пиломатериалы

– ООО «Карелиан Вуд Кампани», находится в составе холдинга Segezha Group. Производственные мощности завода составляют 300 тыс. куб. м по распилу круглого леса в год. Предприятие и имеет возможность производить как стандартные пиломатериалы, так и пиломатериалы с учетом пожеланий клиентов;

– ООО «Сетлес» – один из лесопильных заводов компании ООО «Сетново Групп». В результате реализации инвестиционного проекта предприятие нарастило производственные мощности до 165–170 тыс. куб. м пиломатериалов и 25 тыс. т пеллет в год. Продукция компании поставляется преимущественно в Россию (50%), Китай (45%) и Южную Корею (5%);

– ООО «Сортавальский лесозавод», производит пиломатериалы влажностью 10–20%. Мощность линии лесопиления составляет 240 тыс. м<sup>3</sup> пиловочного сырья в год и др.

В процессе лесозаготовок и лесообработки образуется до 40% древесных отходов, не считая дров. Вместе с тем растут тарифы на тепло- и электроэнергию, являющиеся весомой статьей затрат в производстве лесопродукции, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве. Предприятия стали запускать производство топливных гранул, чему способствовал рост интереса населения к экологическим видам топлива. Особенно высокий спрос на пеллеты наблюдался в странах ЕС. Плюсы этого вида биотоплива очевидны: экологичность, минимальный коэффициент пожароопасности. Современные котельные установки для сжигания древесного топлива имеют высокий КПД. Пеллетные котельные безопаснее газовых, поскольку не грозят взрывом, и проще в обслуживании. Необходимо стимулировать и поощрять создание бизнеса по производству, установке и обслуживанию автономных систем отопления на биотопливе в Республике Карелия, для создания непосредственно рынка оборудования и его обслуживания.

### **5.3. Экономика восстановления лесного фонда**

Республика Карелия занимает ведущее место среди регионов России по лесовосстановлению и входит в топ-3 регионов с наибольшим количеством молодых деревьев хвойных пород возрастом до 20 лет. В тройку лидеров также вошли Иркутская область и Красноярский край. Это доказывает эффективность проведенных более 20 лет назад лесовосстановительных мероприятий в

республике. В результате увеличения объемов заготовки древесины увеличивался фонд лесовосстановления и, соответственно, объемы его проведения.

Вместе с тем в лесном комплексе Республики Карелия существуют определенные проблемы. Расчетная лесосека по всем видам рубок осваивается только на 55–65%. Объемы заготовки древесины за последнее десятилетие составляли не более 8 млн. куб. м в год. Анализ производства и потребления древесного сырья, производимого и перерабатываемого на территории республики, показывает, что в настоящее время существует дефицит хвойных балансов, составляющий около 2 млн. куб. м., который покрывается за счет поставок из районов СЗФО.

Неполное освоение арендаторами установленного отпуска вызвано слабой развитостью сети автомобильных дорог для вывозки древесины, давностью лесоустройства, не полным освоением расчетной лесосеки по рубкам ухода, что объясняется низкой рентабельностью этих рубок, а также экономической недоступностью заготовки на части удаленных участков, сконцентрированных в основном на севере региона. Значительная часть участков лесного фонда, расположенных в удаленных северных лесничествах (Лоухском, Медвежьегорском, Кемском, Беломорском) не передана арендаторам, что связано с убыточностью заготовки и вывозки древесины на этих участках. Это обусловлено низкой транспортной доступностью, малым запасом древесины на 1 гектаре, низким выходом и качеством деловой древесины.

У лесозаготовителей и арендаторов леса отсутствует в полном объеме лесозаготовительная и лесотранспортная техника для заготовки и вывозки установленного им отпуска леса. В связи с этим арендаторы зачастую нанимают подрядчиков для выполнения лесозаготовок из других регионов России, которых недостаточно, особенно для промежуточных рубок и рубок ухода.

Негативное влияние на лесное хозяйство в свое время оказала ликвидация государственных лесхозов с передачей ответственности за охрану, защиту и воспроизводство лесов частному лесопользователю. Сегодня основной формой государственно-частного партнерства в лесной отрасли является аренда лесов. Существующая институциональная среда лесной отрасли России продуцирует

конфликт стимулов между арендаторами (инвесторами), вступающими в лесной рынок, и государством, как единственным реальным собственником лесных ресурсов.

Если всю основную хозяйственную деятельность (лесовосстановление, защита лесов от непроизводительных потерь, рубки ухода, создание лесной инфраструктуры и др.) должен выполнять арендатор, на земле с ресурсом, принадлежащим арендодателю, то возникают очевидные противоречия в стимулах такой деятельности. У коммерческих структур отсутствует заинтересованность в их конечном результате, что обусловлено исключительно длительным сроком окупаемости средств, вложенных в воспроизводство лесов. Даже если срок аренды 49 лет, то очевидно, что закладка лесных культур, рубка которых возможна лишь через 60–80 лет, невыгодна лесозаготовителю. Даже если за 49 лет он сможет провести две промежуточных рубки, отношение полученных доходов к расходам окажется ниже нормы процента: лесозаготовителю выгоднее вложить эти деньги в банк, чем в качественное лесовосстановление.

#### **5.4. Лесной комплекс Республики Карелия в условиях санкций**

Последние годы оказались сложнейшим для лесопромышленного комплекса в связи с введение санкций со стороны недружественных стран. Предприятия ЛПК Карелии оказались в трудных экономических и финансовых условиях связанных с потерей крупных рынков сбыта лесопродукции в странах Евросоюза и разрыва контрактов на поставку техники и оборудования импортного производства для реализации инвестиционных проектов.

В целях создания необходимых условий для долгосрочного устойчивого развития лесного комплекса региона, решение вопросов лесообеспечения, сохранения и накопления человеческого капитала в отрасли, Правительством Республики Карелия 29 марта 2019 года утверждена «Стратегия развития лесного комплекса Республики Карелия до 2030 года». Стратегия определяет следующие приоритетные направления и ключевые мероприятия в лесном комплексе Республики Карелия на долгосрочную перспективу до 2030 года.

Деревообрабатывающая промышленность в регионе продолжит развиваться по следующим направлениям: лесопиление, плитное производство, фанерное производство и целлюлозно-бумажное производство. Предусматривается рациональное использование лесных ресурсов через более полную загрузку мощностей деревообрабатывающих предприятий, создание на их базе комплексов с законченным циклом работы от лесозаготовки до выпуска и реализации готовой продукции, увеличение доли продукции глубокой переработки.

Учитывая, что на территории республики уже имеются достаточные производственные мощности по переработке древесного сырья, на сегодня наиболее актуальным является создание условий для привлечения инвестиций в реконструкцию и техническое перевооружение действующих перерабатывающих предприятий, нацеленных на выпуск высококачественной, конкурентоспособной продукции глубокой переработки древесины. В результате в лесопилении предусматривается увеличить объем производства пиломатериалов с 900 тыс. куб. м до 1345 тыс. куб. м в перспективе до 2030 года.

Кроме того, в процессе лесопиления образуются значительные объемы технологической щепы - готового сырья для производства целлюлозы и древесной массы. В среднем выход технологической щепы из 1 куб. м пиловочника составляет от 30 до 35%. Общий объем технологической щепы от лесопиления в перспективном балансе составит 800 тыс. куб. м. Прогнозируется увеличение выпуска целлюлозно-бумажной продукции за счет модернизации действующих мощностей и реализации проекта «Сегежа Запад» по строительству на территории нового комбината по производству целлюлозы. Задача инвестиционного проекта «Сегежа Запад» выйти на производство до 1,0 млн тонн готовой продукции в год, в том числе беленой хвойной и лиственной целлюлозы, а также перейти на полное автономное энергообеспечение.

Анализ перспективного баланса заготовки и потребления древесного сырья на территории Республики Карелия показал, что при сложившихся методах лесопользования при одновременном росте мощностей по глубокой переработке древесины может образоваться значительный дефицит балансового древесного сырья. Этим

и обусловлена необходимость пересмотра действующей модели лесопользования и переход к интенсивной модели лесопользования. По данным местных лесоводов, сегодня в республике, на одном гектаре лесных угодий растет около 2000 деревьев при норме 700. Из-за чрезмерной густоты большинство сосен и елей вырастают слабыми и малопригодными для деревообработки. Интенсивная модель лесопользования позволит повысить качество и количество древесины за счет увеличения объемов рубок ухода с одного гектара леса.

В Стратегии говорится о необходимости проведения лесоустройства в северных районах республики, входящих в состав Арктической зоны, где сконцентрирована основная часть неосвоенного лесфонда.

Одним из факторов, который будет влиять на инвестиционную привлекательность региона, является обеспечение оптимальной логистики перевозок и расширение транспортных путей сообщения. Слабо развитая дорожно-транспортная инфраструктура сдерживает возможности полного освоения эксплуатационных лесов и снижает экономическую доступность лесных ресурсов. Густота дорожной сети в республике составляет 2,3 – 2,6 км на 1000 га лесной площади, а для организации оптимального лесопользования необходимо от 10 до 15 км на 1000 га. Вследствие отсутствия достаточного количества лесных дорог круглогодового действия лесозаготовительная отрасль работает по полному циклу лишь 7–8 месяцев в году и имеет статус сезонного производства. В результате сезонных спадов в объемах лесозаготовок увеличиваются затраты, а производительность снижается в разы.

Предусматривается внесение изменений в действующую нормативную правовую базу планирования, строительства и содержания лесных дорог с учетом параметров современных лесовозных автомобилей – сортиментовозов в целях создания сети лесных автомобильных дорог круглогодового действия с трансформацией их в дороги многоцелевого назначения для развития экономики региона (туризм, охота, рекреация и так далее) и жизнеобеспечения лесных поселков. Представляется целесообразным стимулировать развитие транспортной инфраструктуры лесного хозяйства, которая бу-

дет передаваться в аренду для реализации приоритетных инвестиционных проектов освоения лесов на принципах государственно-частного партнерства

В процессе производства, начиная от лесозаготовок и заканчивая глубокой переработкой древесины, образуется значительное количество отходов, которые по качеству не пригодны для использования в технологических целях, но вполне пригодны для выработки тепло- и электроэнергии. При этом достигается не только экономия затрат на энергетику, но и экономия на утилизации отходов лесопромышленного производства и снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. Максимально полное использование биомассы неликвидной древесины и отходов для производства тепловой и электрической энергии позволит повысить общую эффективность лесопромышленного комплекса за счет устранения убытков от производства дров и обеспечения предприятий собственной тепловой и электрической энергией с себестоимостью ниже действующих тарифов.

В условиях санкций, которые затронули многие отрасли, лесопромышленному комплексу удалось оперативно среагировать на новые вызовы. Западные санкции стали стимулом для карельских экспортно ориентированных предприятий, которые перенаправили продукцию в дружественные страны. Основным торговым партнером Карелии стал Китай, куда направляют более 50% всех экспортируемых пиломатериалов. Прорывным примером стала первая отгрузка товара по Северному морскому пути из порта Санкт-Петербург в порты Китая. Китайским партнерам отправлена крафт-бумага – высококачественная продукция из древесины северных пород, выпускаемая АО «Сегежский ЦБК». Этот тип поставок приобретает регулярный характер. Растут поставки продукции в Индию, Турцию, Казахстан, Египет, Иран. Значительно увеличились объемы реализации продукции на внутренний рынок.

В связи с тем, что многие производители из недружественных стран ушли с рынка, наша промышленность начала решать вопросы производства новых, либо замещающих продуктов. Ведущим производителем современной лесозаготовительной техники является предприятие ООО «Амкодор-Онега». Уже сегодня предприятие выпускает технику среднего класса, а в ближайшие годы

планируется освоить производство тяжёлых и сверхтяжёлых машин и оборудования для лесного хозяйства. Параллельно ведутся работы по проектированию и постановке на производство импортозамещающей продукции, к которой относятся манипуляторы, харвестерные головки, tandemные мосты, гидравлические аппараты и электронные системы управления машинами». В 2023 году ООО «Амкодор-Онега» более чем в два раза увеличило выпуск форвардеров и харвестеров.



Рис. 23 Харвестер ДжонДир на лесозаготовках

Перспективным направлением развития внутреннего рынка лесопромышленного комплекса является строительство деревянных домов. Компания «Карелстройдом» реализует проект по модернизации производственного комплекса для деревянного домостроения и занимается изготовлением жилых и нежилых построек из профилированного бруса. Производимые в регионе деревянные дома и конструкции нашли применение при строительстве частных зданий и общественных помещений – фельдшерско-акушерских пунктов, амбулаторий, почтовых офисов, объектов спорта и туризма. Следует отметить, что на уровне Правительства Российской Федерации уже прорабатываются вопросы снятия запрета на строительство деревянных домов высотой более трех этажей и организации льготного ипотечного кредитования физических лиц на приобретение и возведение деревянных домов. Планируется сделать

ставку на промышленное производство домокомплектов, что не только снизит цену готового дома для потребителя, но и уменьшит сроки строительства с одновременным повышением качества жилья. Стимулирование массового строительства домов из дерева будет способствовать развитию лесного комплекса в целом.

Леса Карелии богаты ягодами и грибами, которые являются ценным пищевым сырьем, стоящим в одном ряду с основными продуктами питания, а также источником естественных витаминов. В лесах встречается 17 видов дикорастущих ягодных растений и свыше 200 видов съедобных грибов. Из ягод наиболее популярны у сборщиков клюква, брусника, черника, морошка и голубика, из грибов – белый гриб, подосиновик, подберезовик, масленок, личинка, волнушка, груздь, рыжик, серушка и др. Каждое третье высшее растение флоры (около 300 видов) обладает лекарственными свойствами.

Расчеты, выполненные на основании методики учета пищевых и лекарственных растений показали, что в Карелии потенциал использования лесов для заготовки лесных ресурсов составляет: дикорастущих ягод – 61,2 тыс. тонн, грибов – 63,8 тыс. тонн, лекарственных растений – 5,3 тыс. тонн. Несмотря на большие потенциальные ресурсы Республики Карелия, этот вид использования лесов осуществляется в очень малых объемах. Основными сборщиками пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений традиционно является местное население.

Растущий спрос на органические и натуральные продукты и обширные лесные территории означают, что в Карелии имеется большой потенциал для коммерческой заготовки недревесной продукции и ее экспорта на прибыльные европейские и азиатские рынки, где лесные грибы, ягоды, лекарственные растения продаются по высоким ценам.

Республика Карелия имеет уникальное географическое положение и условия. Здесь расположены интересные природные ландшафты, тысячи озер и памятники природы. Это предполагает возможность развития экологического туризма, рыбалки и охоты, например, организации грибных и ягодных туров. Может возникнуть спрос на престижные коттеджи для любителей сельского и

экстремального туризма, что будет способствовать созданию новых рабочих мест для сельского населения, которое в последние годы имеет тенденцию к убыванию. Развитие экологического туризма, в том числе и в зимнее время, будет способствовать развитию деревянного домостроения. Необходимо определиться с возможными объемами побочного пользования лесом и его вкладом в экономику республики.

### **5.5. Заключение по главе**

Лесной комплекс остаётся основой экономики Республики Карелия, во многом основанной на ресурсах лесных ландшафтов и развитой перерабатывающей промышленностью. Однако отрасль сталкивается с рядом структурных проблем: уровень освоения расчётной лесосеки, дефицит хвойного сырья, изношенная транспортная инфраструктура и противоречия в системе лесной аренды, не стимулирующей долгосрочные инвестиции в воспроизводство лесов.

Для устойчивого развития лесной экономики Республики Карелия необходима модернизация отрасли на принципах интенсивной модели лесопользования и глубокой переработки, что отражено в Стратегии развития до 2030 года. Ключевыми направлениями являются техническое перевооружение, импортозамещение, развитие дорожной сети и переориентация экспорта на новые рынки. Необходимо учитывать нереализованный потенциал в сфере использования недревесных лесных ресурсов (ягоды, грибы) и развития экологического туризма, что может способствовать диверсификации экономики и созданию новых рабочих мест в регионе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ ключевых аспектов лесного хозяйства в лесных ландшафтах на примере Республики Карелия позволяет сформировать представление о направлениях развития лесной отрасли. Лесные ландшафты выступают не только основой экономики региона, но и важным экологическим активом, требующим сбалансированного и научно обоснованного подхода к управлению.

Методы лесовосстановления – естественный, искусственный и комбинированный – должны применяться дифференцированно, с учетом конкретных лесорастительных условий и климатических изменений. С ростом объема промышленного производства актуальность приобретают технологии ускоренного лесовосстановления, требующие создания современной лесосеменной базы, использования улучшенного семенного материала и передовых биотехнологий, таких как микроклональное размножение. Эта деятельность станет основой быстрого и качественного восстановления ресурсного потенциала лесных ландшафтов.

В условиях климатических изменений и усиливающегося антропогенного давления значительной угрозой для состояния лесов являются фитопатологические проблемы. Ее решение должно быть комплексным. Оно частично лежит в правовой плоскости – необходимо восстановление системы лесосеменного районирования и в практической – разработка мер ухода за городскими и лесными насаждениями, созданию устойчивых, функциональных лесных и антропогенных ландшафтов.

Эффективность работы лесного хозяйства зависит от внедрения современных технологий. Методы дистанционного зондирования предоставляют базу для мониторинга состояния лесов, точной тахсации, картографирования и планирования лесохозяйственных мероприятий.

Технологическое развитие и биологические меры должны подкрепляться адекватными экономическими решениями. Лесной комплекс Карелии столкнулся со структурными проблемами: не-полным освоением расчетной лесосеки и одновременным дефицитом сырья, изношенной дорожной инфраструктурой и противоречиями в системе аренды, не стимулирующей долгосрочные инвестиции в воспроизводство. Значительный экономический потенциал заложен в использовании недревесных лесных ресурсов (грибы, ягоды) и развитии экологического туризма, а также, вероятно, в участии в углеродном рынке.

Таким образом, устойчивое развитие лесных ландшафтов возможно на основе подхода, интегрирующего передовые лесоводственные и биотехнологические методы, системы мониторинга (ДЗЗ), правовое регулирование и продуманные экономические меры. Реализация этого подхода требует консолидации заинтересованных сторон и позволит обеспечить экономическую отдачу от лесных ресурсов и сохранить их экологические и социальные функции для будущих поколений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 декабря 2021 года №1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления (с изменениями на 3 августа 2023 года)(редакция, действующая с 1 марта 2025 года).
2. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 19 декабря 2022 года №1032 «Об установлении лесосеменного районирования».
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 9 ноября 2020 года №909 «Об утверждении Порядка использования районированных семян лесных растений основных лесных древесных пород», утратил силу с 1 сентября 2025 года.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 15 мая 2025 года №269 «Об утверждении Порядка производства (выращивания, сбора), определения категорий, хранения, транспортировки, реализации и использования семян лесных растений, саженцев, сеянцев основных лесных древесных пород».
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 12 октября 2021 года №737 «Об утверждении Правил создания лесных питомников и их эксплуатации».
6. Приказ Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 18.11.1980 №181 «Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР». – Москва: Лесная промышленность, 1982.
7. Стрепенюк, Л. П. Филlostиктоз боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea*) в насаждениях Москвы / Л. П. Стрепенюк, Н. П. Кузьмина // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2000. – №6.
8. Морозов, Г. Ф. Учение о лесе / Г. Ф. Морозов; ред. В.Г. Нестров. – 7-е изд. Москва : Гослесбумиздат. 1949. – 455 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/uch/eni/eol/ese/index.htm>

9. Морозов, Г. Ф. Типы и бонитеты / Г.Ф. Морозов // Лесной журнал. – 1912. – Вып. 6–7. С. 843–871. – URL: <https://www.booksite.ru/rusles/data/tipbon.pdf>
10. Ткаченко, М. Е. Общее лесоводство / М. Е. Ткаченко. – 2-е изд. Москва : Гослесбумиздат, 1952. – 600 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/tkacenko/text.pdf>
11. Нестеров, Н. С. Лесоустройство: лекции / Н. С. Нестеров. Москва, 1911. – 200 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/nest/text.pdf>
12. Погребняк, П. С. Общее лесоводство / П.С. Погребняк. – 2-е изд., перераб. – Москва : Колос, 1968. – 440 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/pogrebables/text.pdf>
13. Погребняк, П. С. Основы лесной типологии / П. С. Погребняк. – 2-е изд. – Киев: Изд-во АН УССР, 1955. – 452 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/pogrebn/1.pdf>
14. Дылис, Н. В. Академик Владимир Николаевич Сукачев / Н. В. Дылис // Работы по лесоведению / ред. Н. Е. Кабанов [и др.]. Москва, 1958. – С. 5–16. – URL: <https://www.booksite.ru/rusles/data/akademik.pdf>
15. Мелехов, И. С. Лесоведение: учеб. / И. С. Мелехов. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 406 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/mele/text.pdf>
16. Мелехов, И. С. Лесоведение и лесоводство: лекции / И. С. Мелехов. – Москва, 1972. – 178 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/meleh/text.pdf>
17. Зябловский, Е. Ф. Начальные основания лесоводства: учеб. 1804 г. / Е. Ф. Зябловский; М-во образования Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т леса. – 2-е изд., репр. – Москва : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2003 (Ризограф Моск. гос. ун-та леса). – 236 с. – URL: <https://kp.rusneb.ru/item/reader/nachalnyya-osnovaniya-lesovodstva-nachalnye-osnovaniya-lesovodstva-sochinennyya-titul-sov-zyablov-skim-uchitelem-uchilishcha-korabelnoy-architektury>
18. Дивов, П. Г. Краткое руководство к сбережению и поправлению лесов в Российском государстве / П. Г. Дивов. – Санкт-Петербург : Печатано при Сенатской типографии, 1809. [4], V, [1]. – 142 с. – URL: <https://kp.rusneb.ru/item/material/5fcf8bc4991f3b9142344429>

19. Перелыгин, П. А. Начертание правил лесоводства / П. А. Перелыгин. – В 2 ч. / Соч. Петра Перелыгина, учен. лесничего. [Ч. 1–2]. – Санкт-Петербург : Тип. К. Крайя, 1831. – 240 с. – URL: <https://www.google.ru/books/edition/MiKNpc4RAFYC?hl=ru&gbpv=0>
20. Длатовский, А. А. (1809–1868). Курс лесовозобновления и лесоразведения : Чит. в Лес. роте, Лес. и межев. ин-та, Корпуса лесничих кап. А. Длатовским / А. А. Длатовский. – Санкт-Петербург : М-во гос. имуществ, 1843. [6], X. – 441 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/dlat/index.htm>
21. Шорохова, Е. В. Интенсивное лесопользование: выученный урок / Е. В. Шорохова // Устойчивое лесопользование. – 2021. – № 2 (66). – С. 39–41. DOI 10.47364/2308-541X\_2021\_66\_2\_39
22. Основные положения по рубкам ухода в лесах СССР : Утв. 5/VIII 1968 г. / Гос. ком. лесного хоз-ва Совета Министров СССР. Москва : Лесная промышленность, 1970. – 22 с. – URL: <https://base.garant.ru/72212642/>
23. Основные положения по рубкам ухода в лесах СССР / утв. Приказом Рослесхоза от 28.09.1993 №253. – URL: <https://dokipedia.ru/print/5149762>
24. Нормативы коммерческих рубок ухода (прореживание и проходные рубки) для модели интенсивного и устойчивого ведения лесного хозяйства / Б. Д. Романюк, А. А. Кнize, С. В. Шинкевич [и др.]. – Санкт-Петербург, 2008. – 84 с. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/novye/text.pdf>
25. Загидуллина, А. Т. Природоохранное планирование при реализации устойчивого лесоуправления / А. Т. Загидуллина // Научные основы устойчивого управления лесами: материалы Всероссийской научной конференции. – Москва : ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 26–28. – URL: [http://forest.akadem.ru/News/20141104\\_01/Forest\\_management\\_2014\\_proceedings.pdf](http://forest.akadem.ru/News/20141104_01/Forest_management_2014_proceedings.pdf)

26. Якушева, Т. В. Комплексная оценка доступности лесных ресурсов с учетом развития лесной транспортной инфраструктуры на территории Северо-Западного федерального округа / Т.В. Якушева // Информационные технологии в лесном хозяйстве, охране природы и ландшафтном строительстве : сб. статей, подготовленных сотрудниками лесохозяйственного факультета по итогам за конченных научно-исследовательских работ. – Вып. 1 (14). – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2014. – С. 14–17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-dostupnosti-lesnyh-resursov-s-uchetom-razvitiya-lesnoy-transportnoy-infrastruktury-na-territoriyi-severo-zapadnogo/pdf>
27. Якушева, Т. В. Комплексная оценка доступности лесных ресурсов с учетом развития лесной транспортной инфраструктуры на территории Северо-Западного федерального округа / Т. В. Якушева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 5. – С. 113–117.
28. Оценка молодняков, площадь которых подлежит отнесению к землям, занятым лесными насаждениями / С. О. Григорьева, О. И. Голубева, А. П. Иванов [и др.] // Инновации и технологии в лесном хозяйстве ITF-2016 : тезисы докладов V Международной научно-практической конференции (31 мая–2 июня 2016 г.) / ФБУ «СПбНИИЛХ». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 52. – URL: <https://spb-niilh.ru/itf2016/theses-itf-2016.pdf>
29. Якушева, Т. В. Лесоводственно-экологическая оценка эффективности применения выборочных рубок в защитных лесах Ленинградской области / Т. В. Якушева, В. Г. Сергиенко, А. М. Иванов // Труды СПбНИИЛХ. – 2017. – № 3. – С. 61–75. – URL: <https://journal.spb-niilh.ru/pdf/3-2017/spbniilh-proceedings-3-2017-6-full.pdf>
30. Антонов, О. И. Повышение качественной продуктивности насаждений – задача интенсивного лесного хозяйства / О. И. Антонов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 1 (355). – С. 86–94. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestvennoy-produktivnosti-nasazhdennyi-zadacha-intensivnogo-lesnogo-hozyaystva>

31. Беляева, Н. В. Особенности структуры подроста ели европейской в двухъярусных древостоях, пройденных рубками ухода / Н. В. Беляева, А. В. Грязькин, Т. А. Ищук // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 1. – С. 3–7. – URL: <https://www.vavilovsar.ru/files/pages/846/13751699510.pdf>
32. Захаров, А. Ю. Результаты трехприемных рубок ухода в смешанных сосновых со вторым ярусом ели / А. Ю. Захаров, Е. Н. Наквасина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 5 (329). – С. 52–59. – URL: [https://lesnoizhurnal.ru/issuесarchive/?ELEMENT\\_ID=45511](https://lesnoizhurnal.ru/issuесarchive/?ELEMENT_ID=45511)
33. Воздействие процесса трелевки древесины от рубок ухода на лесную среду / А. Н. Бестужев, В. Д. Валяжонков, Ю. А. Добрынин, [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 1 (13). – С. 167–172. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17873855>
34. Перспективные направления технологии и механизации лесозаготовительных и лесохозяйственных работ / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, В. И. Казаков [и др.]. – Воронеж, 2014. – 132 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64149>
35. Черепухин, С. А. Алгоритмы и вычислительные процедуры принятия решений по оптимальному управлению рубками ухода / С. А. Черепухин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2004. – № 2. – С. 65–72. – URL: <https://lesnoizhurnal.ru/архив/2004/%D0%9B%D0%96%202-2004.pdf>
36. Третьяков Н.В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. Лесная промышленность. – Москва, 1995. – 460 с.
37. Чайка, О. Р. Методика оценки доступности деревьев для захвата при моделировании работы харвестера / О. Р. Чайка // Лесной журнал. – 2011. – № 1. – С. 89–91. – URL: <https://lesnoizhurnal.ru/архив/2011/%E2%84%962-2011.pdf>
38. Повышение эффективности работы захватно-срезающего устройства на рубках ухода / Е. М. Царев, С. Е. Анисимов, К. П. Рукомойников [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2018. – № 1. – С. 3–7. – URL: [https://dop1952.ru/catalogue-statue\\_id-241.html](https://dop1952.ru/catalogue-statue_id-241.html)

39. Малюков, С. В. Средства механизации для проведения рубок ухода за лесом / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, А. А. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2. № 3–2 (8–2). – С. 119–122. DOI: 10.12737/3937. 6.
40. Senko, Sergei & Kurtila, Mikko & Karjalainen, Timo. (2018). Prospects for Nordic intensive forest management solutions in the Republic of Karelia. *Silva Fennica*. №4(52). 18 p. DOI: 10.14214/sf.7763.
41. Bongers, Franca. Functional-structural plant models to boost understanding of complementarity in light capture and use in mixed-species forests. *Basic and Applied Ecology*. 2020. №48. Pp. 92–101. DOI: 10.1016/j.baae.2020.09.007
42. Кильпеляйнен, С. А. Анализ результатов моделирования рубок ухода на базе ГИС-технологий / С. А. Кильпеляйнен // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск. – 2005. – № 5. – С. 45–46. – URL: <https://rt.petsu.ru/article/genpdf.php?id=1966>
43. Заикин, А. Н. Методы снижения повреждаемости стволов деревьев при выборочных и санитарных рубках леса / А. Н. Заикин, В. В. Сиваков, Е. В. Шевелева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 4. – С. 200–211. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.200
44. Карпекко, А. Ю. Изменение плотности и корненасыщенности почв под влиянием лесозаготовительной техники в еловых лесах южной Карелии / А. Ю. Карпекко // Лесоведение. – 2008. – № 5. – С. 66–70. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11479878>
45. Васякин, Е. А. Повреждаемость деревьев при выборочных рубках / Е. А. Васякин, Ю. А. Добрынин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – Вып. 219. – С. 120–132. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.219.120-132
46. Тихонов, И. И. Выборочные рубки, проблемы и варианты решений / И. И. Тихонов, Т. В. Якушева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – № 2 (350). – С. 9–18. DOI 10.17238/issn0536-1036.2016.2.9.

47. Дружинин, Ф. Н. Лесоводственно-экологическая оценка проходных рубок в Вельском районе Архангельской области / Ф. Н. Дружинин, С. Ю. Старцева // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 4 (28). – С. 38–46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesovodstvenno-ekologicheskaya-otsenka-prohodnyh-rubok-v-velskom-rayone-arhangelskoy-oblasti>
48. Шумак, С. В. Повреждаемость оставляемой части деревьев при проведении проходных рубок / С. В. Шумак, П. В. Колодий // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2019. – № 54. – С. 240–243. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38196220>
49. Прядкин, В. И. Эколого-экономическая оценка применения сортиментной технологии заготовки древесины на рубках ухода / В. И. Прядкин, И. М. Бартенев // Лесотехнический журнал. – 2018. – № 4 (32). – С. 250–259. – URL: <http://lestehjournal.ru/journal/2018/no-4-32/ekologo-ekonomicheskaya-ocenka-primeneniya-sortimentnoy-tehnologii-zagotovki>
50. Павлов, Ю. В. Степень повреждаемости деревьев в зависимости от времени проведения рубки ухода в сосновках Ладожского военного лесхоза Ленинградской области / Ю. В. Павлов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2007. – № 181. – С. 18–22. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_9593545\\_40240914.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_9593545_40240914.pdf)
51. Ширнин, Ю. А. Оптимизация рубок промежуточного пользования / Ю. А. Ширнин, Н. И. Рожнецова, В. К. Хлюстов // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2008. – № 3. – С. 13–18. – URL: [https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT\\_ID=717](https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=717)
52. Суханов, Ю. В. Обоснование выбора системы машин для рубок ухода / Ю. В. Суханов // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2004. – № 8. – С. 205–207. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vybora-sistemy-mashin-dlya-rubok-uhoda>
53. Григорьев, А. А. Повреждаемость оставшегося древостоя после первого приема постепенной рубки / А. А. Григорьев, О. П. Степанова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2012. – № 198. – С. 4–11. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20398545\\_36541268.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20398545_36541268.pdf)

54. Костин, П. И. Повышение эффективности рубок ухода за счет применения средств малой механизации на лесозаготовках / П. И. Костин // Вестник науки и образования. – 2020. – № 24–3(102). – С. 16–18. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-rubok-uhoda-za-schet-primeneniya-sredstv-maloy-mehanizatsii-na-lesozagotovkah/pdf>
55. Гершев, А. С. Оптимизация системы рубок ухода на основе ГИС-технологий / А.С. Гершев // Resources and Technology. – 1999. – № 2. – С. 33–36. – URL: <https://rt.petrsu.ru/journal/article.php?id=2429>
56. Использование современных компьютерных технологий в изучении природно-производственных условий организации и оценки качества проведения лесозаготовительных работ / Л. В. Щеголева, В.М. Лукашевич, П.О. Щукин [и др.] // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2008. – № 1. – С. 120–123. – URL: <https://sciup.org/14749359>
57. Лукашевич, В. М. Межоперационные подготовительные работы в сквозных процессах лесозаготовок / В. М. Лукашевич // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2014. – № 4 (141). – С. 95–99. – URL: <https://sciup.org/14750681>
58. Алгоритм формирования комплектов лесосечных и лесотранспортных машин с учетом сезонности и оценки мест рубок / В. М. Лукашевич, Л. В. Щеголева П. О. Щукин [и др.] // Resources and Technology. – 2008. – № 7. – С. 60–61. – URL: <https://rt.petrsu.ru/journal/article.php?id=1833>
59. Сюнёв, В. С. Компьютеризированная система выбора машин для рубок промежуточного пользования / В. С. Сюнёв // Resour. Technol. – 2003. – № 4. – С. 134–140. – URL: <https://rt.petrsu.ru/journal/article.php?id=2127>
60. Обыденников, В. И. Лесоводственные исследования последствий рубок агрегатной техникой / В. И. Обыденников, Э. А. Авдеев, М. В. Чучулин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2002. – № 2. – С. 36–45. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesovodstvennye-issledovaniya-posledstviy-rubok-agregatnoy-tehnikoy> (дата обращения: 10.01.2025).

61. Курвитс, П. Т. Мини-техника для рубок промежуточного пользования / П. Т. Курвитс, Т. А. Нурк // Лесн. хоз-во. – 1994. – № 2. – С. 8–9. – URL: [https://www.booksite.ru/les\\_hvo/1994/1994\\_2.pdf](https://www.booksite.ru/les_hvo/1994/1994_2.pdf)
62. Беляева, Н. В. Влияние рубок ухода разной интенсивности на общую производительность древостоев / Н. В. Беляева, Т. А. Ищук // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2010. – № 25. – С. 3–6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rubok-uhoda-raznoy-intensivnosti-na-obschuyu-proizvoditelnost-drevostoev-pdf>
63. Ананьев, В. А. Результаты обследования средневозрастных еловых древостоев после рубок ухода / В. А. Ананьев, Т. Лейненен, С. И. Грабовик // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2005. – № 6. – С. 5–7. – URL: <https://rt.petrsu.ru/journal/article.php?id=1881>
64. Шумак, С. В. Повреждаемость оставляемой части деревьев при проведении проходных рубок / С. В. Шумак, П. В. Колодий // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2019. – № 54. – С. 240–243. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38196220>
65. Сюнёв, В. С. Обоснование и оценка компоновки харвестерных головок для выборочных рубок / В. С. Сюнёв, А. А. Селиверстов // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2008. – № 7. – С. 122–125. – URL: <https://rt.petrsu.ru/journal/article.php?id=1864>
66. Григорьева, О. И. Статистические характеристики сосновых насаждений, пройденных рубками ухода / О. И. Григорьева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2005. – № 10. – С. 84–87. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskie-harakteristiki-sosnovykh-nasazhdeniy-proydennyh-rubkami-uhoda>
67. Синькович, С. М. Долговременная эффективность лесоводственных уходов в северо-таежном сосняке брусничном / С. М. Синькович // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2018. – № 51. – С. 72–75. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34974869>
68. Чибисов, Г. А. Экологическая эффективность рубок ухода за лесом / Г. А. Чибисов, А. И. Нефедова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2003. – № 5. – С. 11–16. – URL: [https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT\\_ID=2444](https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=2444)

69. Повышение эффективности мультифункциональных машин для ведения интенсивного лесного хозяйства / Э. Ф. Герц, А. В. Мехренцев, В. В. Побединский, [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2021. – № 1(379). – С. 138–149. – URL: [https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT\\_ID=351789](https://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=351789)
70. Высокоточное лесное хозяйство и цифровое управление лесами: финские технологии и возможности их трансфера в Россию / Е. Лопатин, Д. Добрынин, Д. Баанов [и др.] // Бизнес и устойчивое лесопользование. – 2020. – № 1 (60). – С. 17–24. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42441997>
71. Вадбольская, Ю. Е. Влияние параметров машин для рубок ухода на уровень повреждения леса / Ю. Е. Вадбольская, В. А. Азаренок // Леса России и хозяйство в них. – 2014. – № 2(49). – С. 32–34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-parametrov-mashin-dlya-rubok-uhoda-na-uroven-povrezhdeniya-lesa/pdf>
72. Медведев, Е. М. Лазерная локация земли и леса: учебное пособие / Е. М. Медведев, И. М. Данилин, С. Р. Мельников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Геолидар, Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.
73. Современная космическая съемка: практика применения, требования, решаемые задачи. – URL: <http://new.scanex.ru/company/smi/sovremennoyakosmicheskaya-semka-praktika-primeneniya-trebovaniya-reshaemye-zadachi4015/>
74. Рабочие правила по таксации лесов дешифровочным способом / В. И. Архипов, В. И. Басков, В. А. Белов [и др.]. – Санкт-Петербург, 2015. – 70 с.

*Научное электронное издание*

*Галактионов Олег Николаевич*

*Гаврилова Ольга Ивановна*

*Кемти Елена Андреевна*

*Ольхин Юрий Васильевич*

*Елхова Мария Александровна*

*Васильев Алексей Алексеевич,*

*Григорьев Валерий Николаевич*

## **ЛЕСНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ: ЭКСПЛУАТАЦИЯ, КОНТРОЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ**

Монография

Чебоксары, 2025 г.

Компьютерная верстка *Е. В. Кузнецова*

Подписано к использованию 17.12.2025 г.

Объем 3,27 Мб. Тираж 20 экз.

Уч. изд. л. 4.2.

Издательский дом «Среда»

428023, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12

+7 (8352) 655-731

[info@phsreda.com](mailto:info@phsreda.com)

<https://phsreda.com>