

Федеральное агентство лесного хозяйства (РОСЛЕСХОЗ)  
Федеральное бюджетное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства  
и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ)

**В.И. Желдак**

**Методика  
изучения влияния лесоводственных мероприятий  
на депонирование и консервацию углерода лесами  
(при «выращивании – переформировании лиственно-хвойных  
насаждений»)**

Научно-методическое издание

Пушкино  
2025

УДК 630.2

**Методика изучения влияния лесоводственных мероприятий на депонирование и консервацию углерода лесами (при «выращивании – переформировании лиственно-хвойных насаждений»)** : научно-методическое издание / В.И. Желдак. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2025. – 88 с. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

**Текстовое электронное издание.**

**Рецензенты:**

*Черных В.Л.* – д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесоводства и лесоустройства ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»;  
*Антипенко Т.А.* – доцент кафедры лесочетных работ, использования лесов и экологии ФАУ ДПО ВИПКЛХ.

Содержит систему методических положений, регламентирующих последовательное осуществление экспериментальных лесоводственных мероприятий выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений, в сравнении с другими, изучение их влияния на прирост древостоев, депонирование и консервацию углерода лесами.

Предназначена для использования специалистами лесного хозяйства при выборе и осуществлении эффективных лесоводственных мероприятий, обеспечивающих достижение основных целей содержания (сохранения) лесов с учетом максимально возможной реализации природного потенциала прироста (производительности) насаждений – депонирования углерода, в т.ч. в комплексе с конкретными методиками определения объемов связывания и консервации углерода лесными экосистемами при разных системах ведения лесного хозяйства. Методика подготовлена в рамках выполнения Госзадания по теме «Научное обоснование переформирования производных насаждений темнохвойных лесов в целевые насаждения» с использованием разработок по другой тематике лесоводства.

**Study procedure of silvicultural operation impacts on carbon sequestration and conservation by forests (during production reshaping of hardwood-softwood plantations)** : guideline publication / V Zheldak – Pushkino : VNIILM, 2025. – 88 p. – 1 CD-ROM. – Title from title screen.

**Text e-publication.**

Comprises a package of procedure conditions regulating consistent implementation of experimental silvicultural operations to produce and reshape hardwood-softwood plantations compared to others, its impacts study on plantation growth, carbon sequestration and conservation by forests. Designed for forestry specialists in selection and implementation of efficient silvicultural operations that provide to pursue key forest management (conservation) targets taking into account maximum possible utilization of plantation natural growth (productivity) potential – carbon sequestration including a package of specific procedures to identify carbon storage and conservation in forest ecosystems with various forest management systems.

The procedure was developed in the follow-up of the government order on the subject Scientific substantiation to shift commercial dark softwood forest plantation to special target plantations with application of other silviculture developments.

Рассмотрена и одобрена на заседании секции использования лесов HTC Рослесхоза (протокол от 12.11.2024 № АП-14/731).

**Минимальные системные требования:** процессор AMD, Intel от 1 ГГц, 100 Мб HDD, ОЗУ от 1 Гб, CD-ROM, видеоадаптер от 1024 Мб или аналог; Windows Vista/7/8/10 или аналог; ПО – Adobe Acrobat Reader или аналог.

**ISBN 978–5–94219–323–2**

© ФБУ ВНИИЛМ, 2025

## Содержание

Основные обозначения и сокращения .....	4
1. Введение, актуальность и целевые установки методики.....	5
2. Принципиальная программная схема проведения исследований и экспериментальных работ .....	7
3. Лесоводственные объекты изучения «влияния лесоводственных рубок на процессы роста древостоев – депонирование и консервацию углерода лесом» .....	11
3.1. Выбор типов объектов проведения исследований и эксперимента по породному составу, форме и происхождению насаждений .....	11
3.2. Выбор элементарных экспериментальных объектов для реализации видов и вариантов систем лесоводственных мероприятий .....	13
4. Формирование систем лесоводственных мероприятий по типам объектов проведения эксперимента и изучения влияния лесоводственных мероприятий на динамику роста насаждений, депонирование и консервацию углерода .....	18
4.1. Общий состав вариантов эксперимента и систем лесоводственных мероприятий..	18
4.2. Системы лесоводственных мероприятий основного и производного типов .....	22
4.3. Системы лесоводственных мероприятий выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений с полной и неполной обеспеченностью подростом хвойных пород под пологом .....	26
4.4. Системы лесоводственных мероприятий выращивания – преобразования лиственных насаждений, частично обеспеченных подростом хвойных и без подроста .	28
4.5. Системы экспериментальных лесоводственных мероприятий искусственного (лесокультурного) создания и выращивания лиственно-хвойных насаждений и их переформирования в хвойные, хвойно-лиственные .....	32
4.6. Возможное расширение эксперимента с включением в него мероприятий лесоводственных систем реконструктивного, санитарно-восстановительного, первично-восстановительного, начально-лесообразовательного типов и связанных с ними комплексов .....	34
5. Технологическая реализация систем лесоводственных мероприятий при проведении эксперимента в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода лесом	36
6. Отвод участков для проведения экспериментальных работ и закладка пробных площадей .....	43
7. Подготовка технических документов осуществления экспериментальных мероприятий	47
8. Организация и проведение экспериментальных мероприятий и оценка их качества .....	48
8.1. Организация и проведение экспериментальных мероприятий .....	48
8.2. Оценка качества мероприятий лесоводственных рубок, проводимых на экспериментальных участках .....	52
9. Проведение учетно-измерительных работ, сбор данных изучения и оценки результатов эксперимента .....	55
10. Оценка эффективности лесоводственных мероприятий в достижении основных и дополняющих целей эксперимента .....	62
10.1. Общие принципы оценки эффективности лесоводственных мероприятий и их систем .....	62
10.2. Оценка эффективности лесоводственных мероприятий с использованием периодического и среднепериодического прироста запаса насаждений .....	63
10.3. Использование среднего прироста запаса насаждений для оценки эффективности применения систем и комплексов систем лесоводственных мероприятий, в т.ч. проводимых в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода лесными экосистемами .....	68
Список источников.....	72
Приложение.....	74

## Основные обозначения и сокращения

ЦНЛ	– целевое назначение лесов
ХН	– насаждения хвойных пород (хвойные насаждения)
ХЛН	– хвойно-лиственные насаждения (смешанные породного состава с преобладанием хвойных пород)
МЛН	– насаждение мягколиственных пород (мягколиственные насаждения)
ЛХН	– лиственно-хвойные насаждения (с древостоем, первым ярусом мягколиственных пород, подростом, вторым ярусом хвойных)
ПЦСЛВ	– приоритетно-целевые системы лесоводства (лесоводственных мероприятий), СЛВ – краткая форма
КПЦСЛВ	– комплексы приоритетно-целевых систем лесоводства (КСЛВ – краткая форма), включающие СЛВ типов:
Осн	– основного;
Прз	– производного;
Прх	– переходного, в т.ч.
Прф	– переформировательного, Ркс – реконструктивного (ПРкс – полной реконструкции, НПРкс – неполной реконструкции), СВс – санитарно-восстановительного, ПВс – первично-восстановительного;
НчЛ	– начально-лесообразовательного.
ЛВО	– объекты лесоводства
ТОУ	– технологическая организация территории участка
СЛЛП	– содержание лесов (в законодательном выражении сохранении лесов) и лесопользования
ФЦКЛВО	– функционально-целевая карбоновая система объектов лесоводства, включающая ЛВО типов: <i>первого</i> приоритетного моноцелевого углерододепонирующего назначения; <i>второго</i> двух-трех целевого приоритетного углерододепонирующего назначения; <i>третьего</i> многоцелевого ресурсно-экологического и эколого-ресурсного (приоритетного) углерододепонирующего и углеродоконсервационного назначения; <i>четвертого</i> многоцелевого приоритетного экологического назначения и сопутствующего приоритетного углеродоконсервационного значения; <i>пятого</i> эколого природоохранного назначения и специально сопутствующего углеродоконсервационного значения; <i>шестого</i> естественного экологического значения (резервных лесов), преимущественно углеродорегулирующего, климаторегулирующего; <i>седьмого</i> сопутствующего углеродоконсервационного назначения лесов зон промышленного и радиоактивного загрязнения.
Z <sub>м</sub>	– прирост запаса (по запасу) насаждений, в т.ч. древостоя и других составляющих компонентов, учитываемых в эксперименте – подрост, подлесок, напочвенного покрова в различных сочетаниях (в тексте используется в основном в краткой форме «прирост насаждений»)
В зависимости от целей и программ исследований и эксперимента используются различные показатели прироста запаса, в т.ч. по элементам леса – одновозрастных однопородных (чистых) древостоев, а также смешанных, сложных, разновозрастных.	
ИДКК	– изучение влияния лесоводственных мероприятий на депонирование и консервацию углерода (карбона) лесом, в краткой форме «изучения и эксперимента ДКК»
ЛВО ИДКК	– типы участков – объектов лесоводства, включаемых в систему изучения и эксперимента ДКК
ЭЭУ	– элементарный экспериментальный объект – участок, включенный в эксперимент

## **1. Введение, актуальность и целевые установки методики**

Многие лесоводственные мероприятия, особенно рубки, проводимые в целях ухода за лесными насаждениями (рубки ухода) и рубки смены старых поколений леса, относящиеся к уходу за лесом, в том числе осуществляемые для заготовки древесины (в терминологии действующего лесного законодательства), могут существенно влиять на состояние и динамику лесных экосистем, текущий и средний прирост древостоев, фактическую их продуктивность, накопление биомассы, соответственно, уровень депонирования, консервации углерода. При проведении исследований в целях разработки и совершенствования таких мероприятий, наряду с конкретными устанавливаемыми по тематике НИР, целесообразно учитывать и решать также задачи (оценки) возможного вклада подготавливаемой разработки в решение глобальной проблемы повышения климаторегулирующей функции лесов, в частности депонирования и консервации углерода лесами, недопущения снижения выполнения лесом этих функций при использовании данной разработки на практике.

Переформирование лиственно-хвойных насаждений в хвойные и хвойно-лиственные относится к рубкам ухода высокой и очень высокой интенсивности, оказывающим очень сильное воздействие на лесные экосистемы и определяющим их коренное преобразование что, безусловно, влияет на динамику прироста древесины (биомассы), депонирования и консервации углерода. Это необходимо объективно оценивать в процессе исследований, к тому же в сравнении с такими (подобными) процессами, происходящими при выращивании сложных лиственно-хвойных насаждений, в т.ч. разного происхождения без переформирования и простых по породному составу и форме насаждений, образованных раздельно породами, входящими в состав лиственно-хвойных, соответственно, лиственными (в основном березой, осинкой и др.) и хвойными (преимущественно елью и пихтой, а также сосной сибирской, сосной корейской, в меньшей мере – значительно менее теневыносливой – сосной обыкновенной).

Для решения этих задач необходимо, в первую очередь, разработать систему методических положений (методику), определяющих состав, содержание и порядок выполнения аналитических, экспериментальных, организационных и практических действий осуществления изучаемых вариантов мероприятий, позволяющих установить реальное влияние их на динамику прироста, производительности древостоев и, следовательно, на уровень депонирования углерода, его накопление и сохранение в биомассе, древесной массе насаждений соответствующих экосистем – объектов лесоводства, вырубленной части деревьев насаждения при рубках ухода с учетом ее использования в изделиях длительного пользования, а также в отпаде и опаде, подстилке, почве (в той или иной мере консервации углерода) или в продуктах биоэнергетики (замещающих иско-

паемые углеводороды) с использованием для этих целей в сочетании с настоящей Методикой соответствующих существующих методик проведения исследований и экспериментов определения объемов накопления и стока углерода в разных составляющих лесных экосистем.

Методика базируется на системном, исторически преемственно-развитом приоритетно-целевом методе лесоводства, включает методические положения, регламентирующие проведение учетно-измерительных, экспериментальных и аналитических работ при изучении возможности и определении потенциала увеличения объемов прироста, накопления запасов древесины и соответственно уровня депонирования углерода лесными лиственно-хвойными насаждениями (экосистемами) при проведении мероприятий их выращивания и переформирования в сравнении с традиционными и совершенствуемыми вариантами формирования практически чистых (8 и более единиц в составе) насаждений тех же пород – мягколиственных (березы, осины) и хвойных (ели, пихты, сосны).

Методические положения дифференцированно охватывают решение всего комплекса вопросов – от установления целей и задач исследований; формирования принципиальной схемы (программы) НИР; организации и проведения экспериментальных работ (вариантов лесоводственных рубок ухода); осуществления учетных работ с оценкой результатов и качества работ; обработки собранных данных и до сравнительной оценки эффективности вариантов лесоводственных мероприятий по достижению основных целей ведения лесного хозяйства и возможного повышения уровня депонирования и консервации углерода лесными насаждениями, выделенных типов породного состава.

Настоящая методика может быть использована в качестве основы в целом или в отдельных ее частях при разработке конкретных методических положений для проведения лесоводственных исследований по другим темам, связанным с изучением влияния мероприятий содержания (сохранения) и использования лесов на выполнение лесными экосистемами функций депонирования и консервации углерода, в том числе при планировании и проведении экспериментов выращивания специальных углерододепонирующих («карбоновых») насаждений на создаваемых «карбоновых полигонах», осуществлении специальных «климатических проектов» в рамках решения проблем «смягчения изменения климата и его последствий», адаптации лесного комплекса к изменяющимся природным условиям.

Конкретные частные, дополнительные методики, в т.ч. определения влияния отдельных целевых мероприятий лесовосстановления, противопожарных, лесозащитных и др. на накопление и сток (эмиссию) углерода в конкретных частях биогеоценозов, включая подстилку, почву, могут использоваться в сочетании с настоящей и при проведении экспериментов применения комплексных мероприятий, включающих кроме рубок ухода меры биологической мелиорации и осушения, внесение удобрений и другие.

## **2. Принципиальная программная схема проведения исследований и экспериментальных работ**

Достижение выделенной в рамках выполнения задания по теме специальной цели НИР – определение потенциального вклада лесоводства в решение актуальной общественно значимой в мировом масштабе проблемы смягчения изменений климата и его последствий (СмИзКлПсл) – в частности, путем повышения уровня депонирования и консервации углерода лесными экосистемами при реализации проекта «Выращивание – переформирование лиственно-хвойных насаждений» «ВрщПрфЛХН», в том числе в сравнении с другими фитоценозами и применявшимися системами мероприятий, определяется последовательным выполнением совокупности аналитических, организационных и экспериментальных работ, регламентируемых положениями настоящей Методики, включающей (рис. 1): обоснованное установление целей и задач НИР и формирование принципиальной программной схемы или Программы НИР (1-2); выбор лесоводственных объектов (ЛВО) изучения процессов роста (динамики прироста) древостоев, и соответственно, депонирования и консервации углерода, проведения эксперимента «выращивание – переформирование лиственно-хвойных насаждений» (3); формирование видов и вариантов системы мероприятий и технологий их реализации по каждому направлению эксперимента (4-5); отвод ЛВО для проведения экспериментальных работ и закладка ПП – пробных площадей (6); подготовка ТхДЭМ – технических документов проведения экспериментальных мероприятий (7); организация и осуществление экспериментальных мероприятий (8); проведение учетно-измерительных работ, сбор данных изучения и оценки результатов эксперимента (9); лесоводственная оценка результативности мероприятий и их эффективности в достижении основных и дополняющих целей решения проблемы (10).

По каждому этапному элементу принципиальной программной схемы – ППС НИР лесоводства «Изучения влияния лесоводственных мероприятий на депонирование и консервацию углерода (карбона) лесом» – ИДКК, которая реализуется на общем комплексном объекте исследований, определяются методически регламентируемый состав, содержание и результат работ.

В частности, определение целей и задач в рамках настоящей темы «ВрщПрфЛХН», как и других лесоводственных НИР, осуществляется на основе сопоставления сущности актуальной мировой общественно значимой климатической проблемы – смягчения изменений климата и его последствий, в т.ч. депонирования и консервации углерода – карбона («ДКК») и содержания лесоводства, его влияния путем проведения лесоводственных мероприятий на выполнение лесами климаторегулирующих функций, депонирование и консервацию углерода лесами. Это позволяет выделять лесоводственную часть проблемы, которую целесообразно решать в рамках выполнения конкретной темы (проекта)

на основе изучения состояния и динамики соответствующего объекта лесоводства, блока его мероприятий (лесоводственных рубок, лесовосстановления, лесозащиты и т.п.).

Сама принципиальная схема достижения цели (Программа НИР) формируется на основе сопоставления исходной научной базы лесоводства, представленной в литературных источниках, фондовых разработках в данной области и плано-прогнозного результата ее дополнения (развития), определения с использованием преемственно-исторического системного метода лесоводства – взаимосвязанных действий по выработке и экспериментальной, аналитической проверке обоснованно выбранных вариантов мероприятий, технологических процессов их реализации для получения максимально возможного в рамках природного потенциала ЛВО эффекта – прироста насаждений и депонирования, консервации углерода применением соответствующих видов и вариантов лесоводственных мероприятий.

Определенные на основе принятого (по существу – общего) методологического подхода планирования и осуществления лесоводственных исследований и подготовки научно-обоснованных разработок в результате ИДКК основные *«программные точки»* в процессе НИР, включая экспериментальные работы, представляют комплексы обязательных последовательных практических действий (мероприятий), выполнение каждого из которых определяет возможность осуществления последующих и достижение конечного результата. Состав выделенных программно-методических «комплексных программных компонентов» «КмПрКт» общей принципиально-программной схемы НИР – ППС НИР представлен на рис. 2.

По аналогии с составленной для данной работы ППС НИР формируются Принципиальные схемы проведения экспериментов и изучения влияния других лесоводственных мероприятий и их комплексов на динамику прироста, производительность лесных насаждений различного породного состава, происхождения в конкретных лесотипологических условиях с учетом целевого назначения лесов.



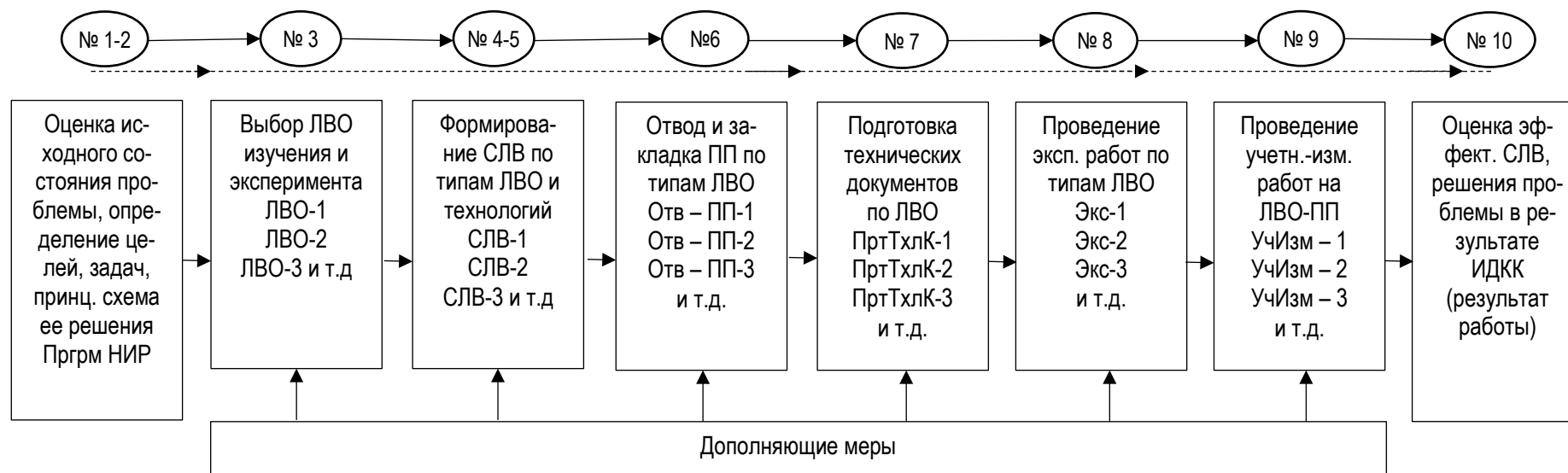


Рисунок 1. Формирование ППС НИР ИДКК – Программы НИР



**Рисунок 2. Принципиальная схема проведения исследований и экспериментальных работ**

### **3. Лесоводственные объекты изучения «влияния лесоводственных рубок на процессы роста древостоев – депонирование и консервацию углерода лесом»**

#### **3.1. Выбор типов объектов проведения исследований и эксперимента по породному составу, форме и происхождению насаждений**

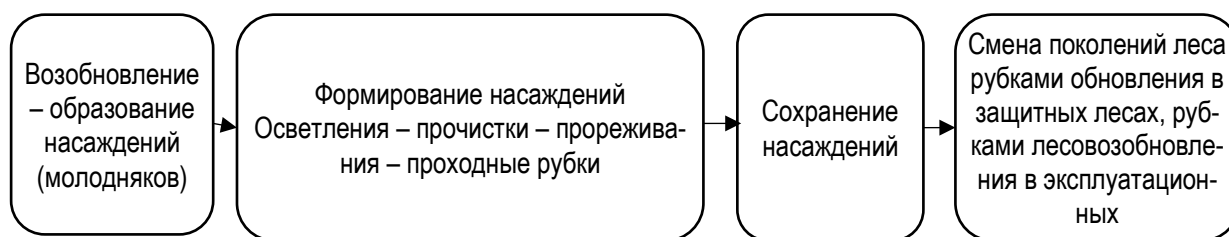
Согласно общей методической установке проведения исследований и эксперимента в рамках тематики НИР по лесоводственным рубкам ухода и смены поколений леса в ПЦСЛВ, в том числе «переформирования лиственно-хвойных насаждений», выбор объектов исследований и экспериментальных работ осуществляется по всей цепочке возрастных групп участков насаждений полных циклов лесовыращивания (лесовоспроизводства) – от лесовозобновления, формирования насаждений до их сохранения и включая смену поколений леса с учетом специфики принятого в текущий период времени нормативного регламентирования мероприятий лесоводственных рубок в эксплуатационных и защитных лесах, отражающегося в более или менее существенном различии режимов разреживания насаждений по видам рубок, а также и в названиях рубок смены поколений леса не только в законодательном, но и в традиционном лесоводстве – с выделением в защитных лесах рубок ухода обновления насаждений, а в эксплуатационных – рубок лесовозобновления (в Лесном кодексе это, по существу, «рубки спелых, перестойных лесных насаждений для заготовки древесины»).

При этом с учетом часто меняющихся правил и даже законодательных установок – положений, определяющих не всегда адекватно сложившееся содержание ЛВРбк как лесоводственных мероприятий для сохранения стабильности применения методических положений исследований в течение многих лет и десятилетий существования даже одного поколения леса, целесообразно в настоящей методике и при ее детализации использовать понятия и определения лесоводственных рубок (мероприятий), их видов, выработанное в науке с установлением соотношения их с принятым в текущий период времени на законодательном и нормативно-правовом уровне, в т.ч. по стадиям циклов динамики насаждений, этапам лесовоспроизводства основного, производного, переходного переформировательного типов (рис. 3).

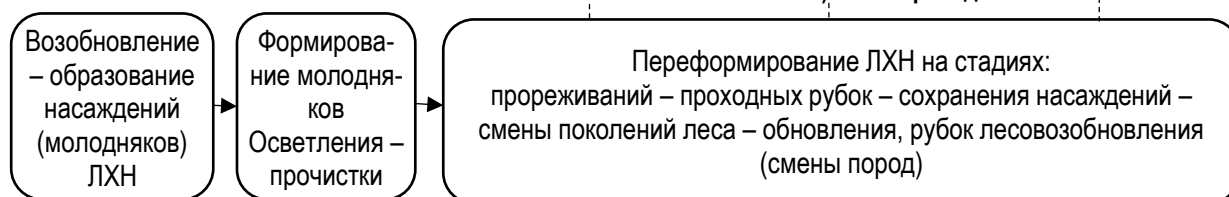
Возможно использование еще одного (четвертого) ряда возрастных групп выращиваемых *сложных двухъярусных насаждений без переформирования* до рубки спелых, перестойных насаждений для заготовки древесины, в т.ч. выращиваемых полный цикл как лиственных, причем в разных режимах (как минимум *в двух вариантах*) – практически *без проведения мероприятий ухода за лесом* и, соответственно, затрат, но с неуправляемой, часто сомнительной, перспективой выращивания и тем более сохранения потенциала, продуктивности хвойными и, наоборот, *с уходом и оптимально интенсивными мероприятиями* – затратных, что может обеспечить и сохранение хвойным жизнеспособность до рубки смены

поколений леса и реализацию потенциала производительности после рубки лиственных.

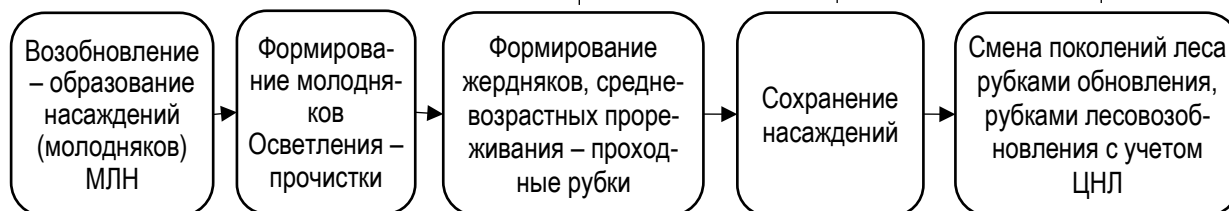
**ЛВО 1 – ХН а) СЛВ основного типа**



**ЛВО 3 – ЛХН**



**ЛВО 2 – МЛН б) СЛВ производного типа**



*Рисунок 3. Схема соотношения выбранных для изучения и проведения эксперимента типов ЛВО по стадиям их динамики – этапам цикла лесовоспроизводства и применяемых лесоводственных мероприятий*

В рамках специальных исследований в целях выделения наиболее эффективных систем лесоводственных мероприятий для выращивания насаждений разных пород углерододепонирующего назначения в разных лесотипологических условиях, в т.ч. на «карбоновых полигонах», целесообразно изучить в эксперименте также *вариант* ПЦСЛВ «создания – выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений» на участках продуктивных коренных типов леса ельников (сложных, черничных и др.). При этом *создание лиственно-хвойных насаждений* может базироваться как полностью на *искусственном лесовозобновлении* с одновременной и разновременной посадкой хвойных и лиственных пород *рядами* и в вариантах *подеревного и группового смешения*, так и на *комбинированном – при естественном возобновлении мягколиственных пород* с введением хвойных под полог лиственных спустя определенный период времени. При этом изучаемый комплекс лесоводственных мероприятий одно-, трехкратного выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений с дорастиванием хвойных – 1-3ЛХН/ХН,ХЛН/, дополняется новым первым компонентом выращивания мягколиственных насаждений /МЛН/ с образованием комплекса /МЛН/1-3ЛХН/ХН,ХЛН/ или /ВрщМЛН/1-3ВрщПрфЛХН/ДрщХН, ХЛН/. Не исключено использование в комплексе ЛВО ИДКК и альтернативного варианта –

*закладки лесных культур березы, под пологом которой появляется ель при наличии источников обсеменения.*

Всего из множества вариантов ЛВО – насаждений по породному составу – для эксперимента и изучения влияния лесоводственных мероприятий на депонирование углерода, кроме общепринятых в таксации и лесоводстве базовых типов хвойных, твердолиственных, мягколиственных насаждений, для которых применяются соответствующие приоритетно-целевые системы лесоводственных мероприятий основного и производного типов, можно выделить четыре типа «экспериментальных» ЛВО с мягколиственными древостоями и наличием хвойных под пологом – достаточной (по существующим нормативам для формирования хвойных насаждений), недостаточной (на 50-80%) и частичной (от 20-25% до 50%) обеспеченностью хвойными, а также без подроста (или менее 20%), но с потенциалом его произрастания под пологом при введении на основе мероприятий естественного или искусственного лесовозобновления. При проведении эксперимента возможно использование и более детальной шкалы подразделения участков мягколиственных, как и других, насаждений по обеспеченности подростом, в т.ч. с «шагом» или интервалом шкалы в 10% или 20% (1 из 10, из 5), а также 16% (1 из 7).

В зависимости от целей НИР преимущественно на «карбоновых полигонах» могут проводиться масштабные комплексные исследования, экспериментальные работы, охватывающие лесоводственные объекты определенной породы на всех стадиях цикла ЛВП или сочетания пород, насаждений простых и сложных, разной возрастной структуры (одновозрастных и в разной мере разновозрастных). При этом, учитывая длительность процессов лесовыращивания, формируются комплексы участков стационарного типа с началом изучения на определенной стадии – от возобновления до смены поколений леса и в расчете на проведение экспериментальных работ и параллельно осуществления НИР на разных стадиях цикла ЛВП, а также путем набора для тех же целей рядов участков одного типа по лесорастительным условиям, породному составу и другим характеристикам, на которых можно практически одновременно вести исследования, в т.ч. учетно-измерительные, экспериментальные работы (участки молодняков, жердняков, средневозрастных насаждений, старших поколений, относящихся к спелым, перестойным, а также разновозрастных древостоев одной породы и сложных смешанного породного состава).

### ***3.2. Выбор элементарных экспериментальных объектов для реализации видов и вариантов систем лесоводственных мероприятий***

При всех выделенных типах и видах лесоводственных объектов изучения влияния лесоводственных рубок на депонирование и консервацию углерода (карбона) лесными экосистемами (ЛВО Рбк – «ДКК») для получения объективных сравнительных данных исследований осуществляется тщательный выбор на общей площади каждого типа, вида ЛВО элементарных экспериментальных объектов – участков (ЭЭУ), на которых закладываются пробные площади и ведутся

учетно-измерительные работы. При этом используется в целом единый (в многообразии) методический подход выбора ЭЭУ по типичности, однородности и другим характеристикам, дополняемый в то же время особенностями, связанными со спецификой самих типов и видов ЛВО, планируемых для применения на них мероприятий и технологий.

Каждый ЭЭУ включает кроме одной постоянной (при необходимости – временной) пробной площади также «рабочие» ПП с защитными полосами, на которых осуществляются те же мероприятия (и в том же режиме – интенсивности разреживания и т.п.), что и на пробной площади. При примыкании ЭЭУ к опушке (если она не является объектом эксперимента) кроме «рабочей» защитной полосы (РЗП) до нее (границы безлесного пространства, а также вырубки) оставляется общая защитная полоса насаждения (обычно не менее 25-30 м), которая может быть объектом исследований, но со специальным составом мероприятий, обеспечивающим ее устойчивость.

На участках *первого основного базового типа объектов*, выбранных для сравнения – выращивания типичных хвойных древостоев на первых стадиях лесовозобновления (естественное, лесокультурное, комбинированное) – образование сомкнутых молодняков и их формирования, однородные – ЭЭУ выделяются в виде постоянных пробных площадей (ППП) величиной, соответствующей оптимальной площади достаточной для проведения исследований, и на стадиях старших возрастных групп древостоев в целях сохранения единого объекта изучения – ППП, хотя учет на первых стадиях ЛВП может проводиться лишь на его отдельных частях – элементах, в том числе временных небольших площадках круговой или прямоугольной формы.

Начиная со стадии осветлений, прочисток, прореживаний (жердняков), в целях изучения возможного проявления влияния разреживания насаждений (рубок ухода) разной интенсивности с технологической организацией участка (ТОУ) на изменение прироста и депонирование углерода для проведения исследований и эксперимента подбираются не менее двух-трех элементарных участков, на которых можно представить все компоненты ТОУ, влияющие на прирост насаждений и необходимые для выполнения рубок ухода в соответствии с Правилами ухода за лесами, Правилами охраны труда, а также Правилами санитарной безопасности в лесах и Правилами пожарной безопасности в лесах [1-4].

В то же время для решения конкретной задачи – изучения влияния рубок ухода – разреживания древостоев (исключая фактор влияния прорубки технологических коридоров на динамику прироста древостоев) целесообразно использовать участки насаждений с заложенной ранее технологической сетью или участки, где элементы такой сети может заменить сложившаяся транспортно-тропиночная сеть. Кроме того, для получения репрезентативных данных о состоянии насаждений на участках как до, так и после осуществления мероприятия, в частности прореживания, а также и при продолжении эксперимента после проведения проходных рубок – на элементарных участках должно сохраняться достаточное количество деревьев для получения статистически достоверных данных – установленных характеристик древостоев.

При изучении эффективности различных видов и вариантов рубок ухода в

лесоводстве площадь минимального элементарного участка (с технологической сетью) – ППП, не считая рабочих защитных полос шириной не менее 8-10 м, устанавливается обычно не менее 0,5 га (без технологической сети она может быть существенно меньше). Величину учетных площадок в пределах постоянных пробных площадей (ППП) и/или элементарного экспериментального участка (ЭЭУ) можно корректировать в зависимости от применяемой технологии рубок ухода и интенсивности рубки (соответственно, количества оставляемых деревьев).

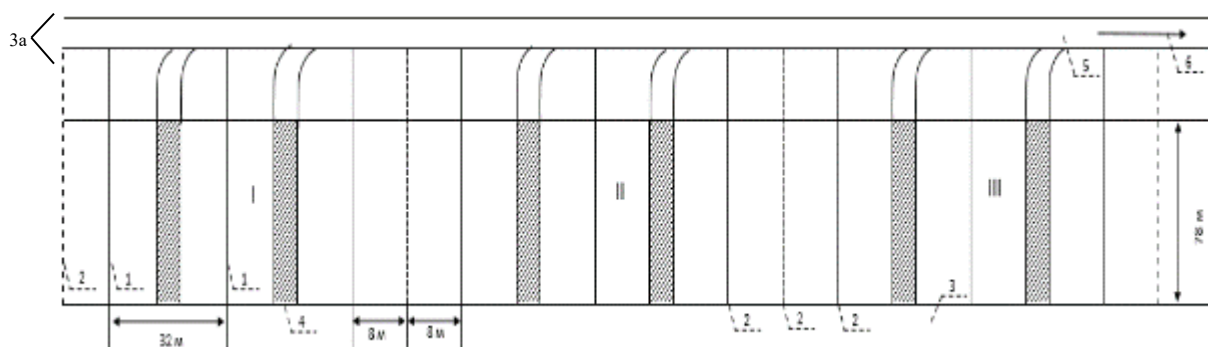
В частности, с учетом необходимости прокладки технологических коридоров (закладки постоянной технологической сети участков), которые занимают около 20% площади при узкопосечной технологии разработки лесосек, для получения объективных данных, характеризующих экспериментальные объекты не только на стадии лесовозобновления, образования насаждений, молодняков, жердняков (прореживаний), но и в последующем (при значительном уменьшении количества деревьев в связи с разреживанием древостоев или естественным отпадом), минимальная площадь каждого экспериментального участка по вариантам разреживания (секциями ПП) также должна составлять не менее 0,5 га. При этом для чистоты эксперимента при постоянной ширине пасек 16 м по границам каждого такого участка (секции) целесообразно заложить полосу рубки ухода такой же интенсивности – шириной, равной половине ширины пасеки – 8 м (своеобразные «рабочие защитные полосы» – (РЗП)).

Для сравнения полученных в результате эксперимента данных все ЭЭУ базового типа – хвойных, лиственных и других насаждений, выделенных для проведения эксперимента, а также контрольный, необходимо подобрать максимально идентичные по составу древостоя и лесорастительным условиям. При этом они могут быть представлены одним массивным комплексным участком, что удобно для организации всех работ. Если указанное выделение участков не представляется возможным, каждый или любой экспериментальный участок, тем более контрольный, могут располагаться и в разных частях массива или в отдельных выделах. Но в любом варианте территориального расположения элементарные экспериментальные участки должны быть одинаковой (для удобства учета), лучше прямоугольной или близкой к ней, формы. При величине ЭЭУ 0,5 га минимальные параметры длины в целях рациональной организации работы целесообразно устанавливать около 80 м при ширине двух пасек – 32 м (или четырех – 16 м) – 64 м. С учетом необходимых «защитных полос» минимальной ширины (8 м) общая ширина отдельного минимального экспериментального участка составляет 80 м ( $64+8+8=80$  м), а длина – 94,1 м ( $78,1+8+8=94,1$  м). Соответственно, общая его площадь – 0,75 га.

Преимущество закладки участков определенной формы и площади состоит также в том, что в рамках общей технологической организации территории комплексного участка вывод пасечных технологических коридоров на магистральный или лесовозную дорогу (лесовозный ус) осуществляется плавно по дуге с целью минимизации повреждения граничных деревьев, а также (неизбежного в ином варианте) сильного расширения части пасечного волокна – коридора (при соединении его с магистральным или дорогой), следовательно, исключения

дополнительной вырубке деревьев – увеличения интенсивности рубки и создания условий для усиления отрицательных ветровых нагрузок на граничные деревья вдоль коридоров и дорог.

В условиях комплексного размещения экспериментальных участков одного типа насаждений по породному составу они могут быть заложены по следующей схеме (рис. 4).



**Обозначения:**

- 1 – границы пасек;
- 2 – границы защитных полос между экспериментальными участками (секциями) и по их периметру (по ширине);
- 3 – защитная полоса по периметру всего участка; 3а – полоса вдоль дороги, магистрального волока;
- 4 – пасечный технологический коридор;
- 5 – лесовозная дорога;
- 6 – направление вывозки;
- I, II, III – экспериментальные участки (или секции комплексного участка) по вариантам интенсивности рубки ухода одного типа насаждений по породному составу.

*Рисунок 4. Схема компактного размещения экспериментальных участков (пробных площадей) одного типа насаждений по породному составу*

При невозможности подбора указанных массивных участков однородных на значительной территории по составу и другим характеристикам насаждений элементарные экспериментальные участки выбираются из имеющихся естественно сформировавшихся и в разных частях общего территориального объекта, отвечающие требованиям относительной идентичности. В качестве таких ЭЭУ могут быть использованы для реализации первого этапа эксперимента несколько более или менее однородных участков из предварительно выделенных при обследовании.

При выделении одного ЭЭУ в границах всего участка, включенного в эксперимент (среди безлесных пространств, обычно на участках нелесных земель, а также примыкающих к вырубкам и насаждениям, резко отличающимся от изучаемого) с выделением защитных полос по всем его границам шириной не менее 25-30 м, общая площадь всего участка составляет, соответственно, не менее 1,8-2,0 га, а с контрольной секцией, на которой не ведутся рубки ухода (0,25 га) с защитной полосой – 2,5-3,0 га без учета площади магистральных волоков, лесных дорог, а также технологических (погрузочных) пунктов, величина которых зависит от принятой технологии разработки лесосек, текущей вывозки древесины.



По *другим (базовым и экспериментальным) типам лесоводственных объектов ИДКК* основной принцип выделения ЭЭУ тот же, что и по первому базовому типу, но с учетом определенной специфики, связанной с их свойствами, лесоводственно-биологическими и экологическими характеристиками, приоритетами основного целевого назначения.

По *второму базовому типу* ЛВО ИДКК, как и по первому (основного типа ЛВП), ЭЭУ выделяются на участках, предназначенных для реализации традиционного ЛВП *производного типа СЛВ* с типичным интенсивным режимом, а также специального высокоинтенсивного лесовыращивания на «карбоновых полигонах» и альтернативного ему – без уходов и затрат, который может использоваться в качестве временной меры (одного цикла лесовыращивания) на участках многоцелевого назначения эксплуатационных лесов, в основном второго типа ЛВО в карбоновой системе ФЦКЛВО.

Для выделения ЭЭУ *третьего базового варианта* проекта ИДКК, который может рассматриваться и как экспериментальный вариант СЛВ переходного переформировательного типа, подбираются участки лиственно-хвойных насаждений аналогично, как и по первым двум базовым для получения сравнительных данных традиционного выращивания со сменой поколений леса – сменой пород по завершению полного цикла ЛВП, в том числе как при интенсивном режиме выращивания, так и при разной интенсивности, и вообще без проведения мероприятий (рубок ухода).

В целях реализации выделенных в качестве экспериментальных четырех типов вариантов выращивания – переформирования (преобразования) мягколиственных насаждений, в разной мере обеспеченных подростом хвойных – полным, неполным, частичным и практически без него, целесообразно подобрать участки для закладки многосекционных объектов «ВрщПрфЛХН», в т.ч. первых двух при однократном и двух- или даже трехкратном выращивании – переформировании ЛХН, причем с разными по продолжительности периодов и интенсивности режимов лесовыращивания и возрастными сроками проведения рубок переформирования и доращивания хвойных, хвойно-лиственных насаждений.

В рамках *третьего экспериментального комплексного варианта проекта объектов ИДКК* – (частично обеспеченных подростом) по существу, с созданием лиственно-хвойных насаждений комбинированного происхождения естественного, в основном лиственных, и искусственного хвойных, ЭЭУ могут выделяться также на ЛВО в вариантах для осуществления эксперимента 1-кратным и 2-3-кратным выращиванием – преобразованием (переформированием) создаваемых ЛХН, но и с разными временными интервалами для ввода культур хвойных пород под полог лиственных при чересполосной их вырубке, в т.ч. для создания в результате относительно разновозрастных насаждений, сходных с естественными группово-, куртинно- разновозрастными, эффективно выполняющими многие экологические функции.

В качестве отдельного *типа или подтипа объектов ИДКК* – искусственного лесовозобновления хвойных и лиственных пород ИскЛВз – целесообразно выделить количество ЭЭУ достаточное для изучения эффективности выращива-

ния ЛХН – переформирования их как при одновременной закладке лесных культур смешанного породного состава (лиственно-хвойные), так и при различных сроках их сочетания, особенно при расчете на двух-, трехкратное переформирование.

#### **4. Формирование систем лесоводственных мероприятий по типам объектов проведения эксперимента и изучения влияния лесоводственных мероприятий на динамику роста насаждений, депонирование и консервацию углерода**

##### *4.1. Общий состав вариантов эксперимента и систем лесоводственных мероприятий*

Согласно намеченной программе исследований и проведения эксперимента на комплексном исходном объекте ИДКК, с учетом реализации на нем вариантов выращивания насаждений, для сравнительной оценки эффективности достижения целей основного приоритетного назначения лесов в сочетании с дополняющими приоритетными, сопутствующими целями – депонирования, консервации углерода, в т.ч. моно- и двух-, трехцелевого углерододепонирующего назначения в «системе ФЦКЛВО» на «карбоновых полигонах» [5], формируются системы лесоводственных мероприятий основного (Осн), производного (Прз), переходного, в т.ч. переформировательного (Прф) типов и их комплексов.

В принципе, состав вариантов эксперимента определяется конкретными целями исследований, наличием средств и может охватывать любую совокупность природных объектов – по лесорастительным условиям, породному составу, форме и структуре, целевому назначению лесов – видов, категорий защитных лесов, особо защитных участков лесов с учетом распределения их по типам ФЦКЛВО, а также состояния, степени нарушенности участков леса, отличия их от целевых – соответственно, установленных приоритетно-целевых систем и комплексов лесоводственных мероприятий (ПЦСЛВ и КПЦСЛВ).

##### *Приоритетно-целевые системы лесоводственных мероприятий (ПЦСЛВ)*

###### *I, II ПЦСЛВ.Осн,Прз – Основного и производного типов:*

- основного типа (ПЦСЛВ.Осн) – для участков целевых и близких к целевым – выращиваемых по полным циклам ЛВП, преимущественно ценных хвойных, твердолиственных, части мягколиственных насаждений в соответствующих им лесорастительных условиях;
- производного типа (ПЦСЛВ.Прз) – участков ценных и относительно ценных целевых мягколиственных насаждений, также выращиваемых по одному или нескольким полным циклам лесовоспроизводства (с учетом происхождения поколений – семенное, вегетативное);

###### *III ПЦСЛВ.Прх – Переходного типа (четырёх типов):*

- переформировательного или преобразовательного типа (ПЦСЛВ.Прф, Прб) – участков леса с нецелевыми, преимущественно малоценными, древостоями с природным потенциалом преобразования их в ценные целевые лесоводственными мерами ухода за лесом – по породному составу, форме, возрастной и пространственной структуре;

- реконструктивного типа (ПЦСЛВ.Ркс) – участков леса с малоценными насаждениями (древостоями и др. компонентами), подлежащими замене, как правило, лесокультурными методами или (затратными) мерами естественного лесовозобновления, исключая длительные процессы их деградации и восстановления ценных коренных древостоев через промежуточные этапы возобновления малоценных видов деревьев и кустарников;

- санитарно-восстановительного типа (ПЦСЛВ.СВс) – участков с утраченными по разным причинам насаждениями в связи с пожарами, патологией, повреждениями – ветровалом, буреломом, ожеледью и т.п., на которых осуществляется восстановление ценных целевых фитоценозов с использованием естественного, комбинированного, лесокультурного возобновления леса, в т.ч. с учетом исключения повторного распространения болезней, а также лесоводственной и экономической доступности осуществления мероприятий;

- первично-восстановительного типа (ПЦСЛВ.ПВс) – многолетнелесонепокрытых лесных участков (пустырей, прогалин и т.п.), образовавшихся в связи со сложившимися неблагоприятными условиями для восстановления леса, на которых осуществляются относительно затратные мероприятия, в т.ч. по восстановлению лесорастительных условий и созданию лесных культур;

#### *IV ПЦСЛВ.НчЛОБ – Начально-лесообразовательного типа:*

- начально-лесообразовательного типа (ПЦСЛВ.НчЛОБ) – участков нелесных земель, непригодных, не используемых по основному назначению (в частности малоплодородных сельскохозяйственных), подлежащих облесению, предназначенных для создания лесных насаждений как на основе естественного распространения леса (лесообразующей растительности), так и с использованием лесокультурного метода (лесоразведения).

#### *Комплексы приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий*

Для оценки полного долгосрочного непрерывного эффекта (ПНЭф) применения приведенных типов лесоводственных систем необходимо изучение результативности применения их в *комплексах* соответствующих разным вариантам динамики и состояния лесных экосистем, в т.ч. с их нарушением, утратой, деградацией насаждений по разным причинам и необходимостью восстановления путем осуществления в разной мере затратных мероприятий и технологий. Это комплексы ПЦСЛВ: /Осн/Прз/Осн; /Прз/Прф/Осн; /Ркс/Осн; /СВс/Осн; /СВс/Прз/Осн; /НчЛОБ/Осн/ и др.

Для решения конкретной задачи по теме НИР и в качестве примера выбраны типы ЛВО и соответствующие им системы и комплексы лесоводственных мероприятий, базирующиеся на разделении мягколиственных как других лесных насаждений, в зависимости от обеспеченности возобновлением целевых пород

в сравнении с количеством, необходимым для полного восстановления образуемых ими древостоев (в т.ч. установленного нормативными документами – Правилами лесовосстановления) с дифференциацией на несколько типов – от полной, соответственно количеству уровней или ступеней и интервалам между ними в принятой для оценки шкале лесовозобновления (естественного, искусственного), выраженным в процентах, единицах от десяти или иного общего числа. Для особо детальной оценки может применяться десятиуровневая шкала, при пользовании которой будет учитываться обеспеченность возобновлением с точностью до 10% или 1 (единицы) из 10. Соответственно принятой шкале на участках устанавливается соотношение естественного и лесокультурного (искусственного) возобновления по количеству целевых растений от 10Ес(0ЛК), 9Ес1ЛК до 9ЛК1Ес и 10ЛК (0Ес). Тогда фактическое – нецелевое соотношение количества разных лесообразующих растений (в т.ч. хвойных – мягколиственных) лесоводственными мерами должно преобразовываться в целевое.

На практике возможно использование и упрощенной четырехуровневой шкалы оценки лесовозобновления с интервалами в 20-30% с выделением обеспеченности возобновлением (подростом): полной (около 100%, но не ниже 80%), неполной (от 50% до 80% от полной), а также частичной (от 20% до <50%) и единичной (менее 20%, в т.ч. без подроста). Соответственно, устанавливается соотношение естественного и лесокультурного возобновления: полное естественное – или (8-10)Ес и может быть дополняющее лесокультурное (0-2)ЛК; неполное или преобладающее, естественное – частичное лесокультурное – ЛвзЕсЛК или комбинированное естественно-лесокультурное ЛВзКмбЕсЛК (5-7)Ес(3-5)ЛК, неполное (преобладающее) лесокультурное и частичное естественное ЛВзЛКЕс или ЛВзКмбЛКЕс (5-7)ЛК(3-5)Ес, а также полное (и относительно полное) лесокультурное – ЛВзЛК, в т.ч. с единичным (менее 20%) естественным (8-10)ЛК(0-<2)Ес.

В рамках проведения экспериментальных работ, в т.ч. при выращивании – переформировании мягколиственных, лиственно-хвойных и дорастивании хвойных, хвойно-лиственных насаждений, могут использоваться также относительно более детальные шести- и восьмиступенчатые шкалы дифференциации обеспеченности лесовозобновлением с одинаковыми интервалами между ступенями в 14,3% или 1,43 единиц с выделением ступеней лесовозобновления (ЛВз), в т.ч. с тах показателем 7, который можно пересчитать, соответственно, в 10 единиц. Тогда можно выделить уровни обеспеченности: абсолютно полное – 7(10), относительно полное – 6(8,6), относительно неполное – 5(7,1), существенно или значительное неполное – 4(5,7), значительное частичное – 3(4,3), частичное – 2(2,9), незначительное – 1(1,4). При пользовании такой шкалой оценки обеспеченности лесовозобновлением или полноты лесовозобновления формируется, соответственно, восемь групп или типов участков – объектов лесоводства по целевому соотношению естественного и лесокультурного возобновления при обозначении полного лесовозобновления показателем 7 единиц (и с возможной заменой его на 10 единиц):

7Ес – абсолютно полное естественное лесовозобновление (100% возобновившихся лесообразующих целевых растений естественного происхождения);

6Ес1ЛК – относительно полное естественное ЛВз ( $89\pm 7\%$ ) с незначительным частичным или дополняющим лесокультурным (обычно используемым как мера содействия естественному ЛВз);

5Ес2ЛК – относительно неполное естественное ЛВз ( $\approx 71\%\pm 7$  от полного) с частичными лесными культурами ( $29\%\pm 7$  от полного);

4Ес3ЛК – существенно неполное естественное ЛВз ( $57\%\pm 7$  от полного) со значительными частичными лесными культурами ( $43\%\pm 7\%$  от полных);

4ЛК3Ес – существенно неполное лесокультурное (искусственное) лесовозобновление – «неполные лесные культуры» ( $57\%\pm 7\%$  от полных) со значительным частичным естественным лесовозобновлением ( $43\%\pm 7\%$  от полного);

5ЛК2Ес – относительно неполное лесокультурное ЛВз ( $71\%\pm 7$  от полного) с частичным естественным ( $29\%\pm 7$  от полного);

6ЛК1Ес – относительно полные лесные культуры ( $86\%\pm 7$  от полных) с незначительным частичным естественным ЛВз ( $14\%\pm 7$  от полного);

7ЛК – абсолютно полное лесокультурное ЛВз – «абсолютно полные лесные культуры» (100%).

Аналогично приведенному подразделению ЛВО и соответствующих им систем мероприятий (СЛВ) по обеспеченности естественным или лесокультурным (по законодательному выражению искусственным) лесовозобновлением и их соотношению при проведении экспериментов и в практике ведения лесного хозяйства могут подразделяться участки насаждений – *объектов лесоводства по семенному и вегетативному происхождению лесообразующих растений*, тем более, что оно существенно влияет на долговечность, устойчивость, ценность древостоев и, следовательно, целесообразность их выращивания, особенно в вариантах 2-3-кратного выращивания тех же лиственно-хвойных насаждений.

Важнейшим для лесоводства (назначения и осуществления мероприятий сохранения лесов) критерием включения участка в определенную целевую группу по обеспеченности количеством целевых растений естественного, лесокультурного, комбинированного возобновления, семенного, вегетативного происхождения является *соотношение имеющегося количества целевых растений с установленным полным, независимо от количества других нецелевых растений*, т.е. независимо и *от фактического состава*, определенного как по доле запаса, полноты, сомкнутости, так и общего количества растений. При этом целевое количество лесообразующих растений как отдельных видов и происхождения, так и различных состояний на начало изучения и проведения эксперимента в насаждении, устанавливается по оптимальному количеству деревьев в возрасте спелости (завершающего периода лесовыращивания, в т.ч. наиболее эффективного выполнения лесами целевых, экологических функций – сохранения насаждений (что особенно важно для защитных лесов), увеличенному на полный *коэффициент сохранности* или неизбежного отпада (соответствующей вырубке) за период лесовыращивания от возобновления – образования насаждений (древостоя). С увеличением возраста лесообразующих растений по стадиям цикла ЛВП *коэффициент сохранности* – отпада, соответственно, снижается.

Абсолютная величина полного *коэффициента сохранности – выживания (отпада) или лесовыращивания* определяется на основе известных в лесоводстве

признаков, в зависимости от биоэкологических свойств пород, условий произрастания по группам типов леса и других факторов, и находится в основном в пределах *от 3 до 5*. При целевом индивидуальном *системном* уходе за ценными, в частности растениями хвойных пород, он, вероятно, *может быть значительно ниже (до 2-1,5)*, что устанавливается и в процессе проведения исследований.

В варианте исходного целевого образования смешанного породного состава насаждений – введение (посадка) растений в дополнение к естественно возобновившимся, и наоборот, производится с интервалом времени, обеспечивающим при разной скорости роста сочетаемых лесообразующих растений на первых этапах после возобновления, выравнивание их по высоте к определенному возрасту или достижение целевого соотношения высот при создании сложных по форме насаждений.

С учетом использования приведенных принципиальных положений для проведения конкретного эксперимента по теме НИР могут использоваться типы ЛВО и соответствующие им системы и комплексы лесоводственных мероприятий (рис. 5). Хотя установленное разделение ЛВО и приведение им в соответствие систем и комплексов систем лесоводственных мероприятий является лишь схематичным распределением встречающихся в действительности объектов – участков леса (без резких, четких границ) и относительно отражает многообразие существующих лесных экосистем, а также их состояние, динамику закономерных переходов в естественно формирующихся комплексах оно необходимо для их определенного упорядочения, формирования СЛВ, КПЦСЛВ, регламентирования применения на практике, а также более объективной оценки.

#### ***4.2. Системы лесоводственных мероприятий основного и производного типов***

*Для участков выращивания хвойных насаждений (ЛВО ЦН и ОЦН – ценных и относительно ценных насаждений) в рамках проведения эксперимента (в т.ч. используемого для сравнения с вариантами «выращивания – переформирования» лиственно-хвойных насаждений) целесообразно реализовать как минимум две системы лесоводственных мероприятий лесовыращивания основного типа (Осн), направленных на достижение первоприоритетных целей (установленных законодательством) – заготовки древесины с получением ценных сортиментов хвойных пород в сочетании с приоритетным (второго уровня) накоплением и использованием биомассы (депонирования и консервации углерода) – вариант СЛВ для эксплуатационных лесов – третьего типа ФЦКЛВО, а также СЛВ, направленных непосредственно на достижение целей максимального депонирования и консервации углерода, реализуемой в рамках эксперимента на участках первого и второго типа ФЦКЛВО, преимущественно на «карбоновых полигонах», поскольку при этом не исключена возможность (потребность) выхода за рамки нормативов лесовыращивания устанавливаемых нормативными правовыми документами.*

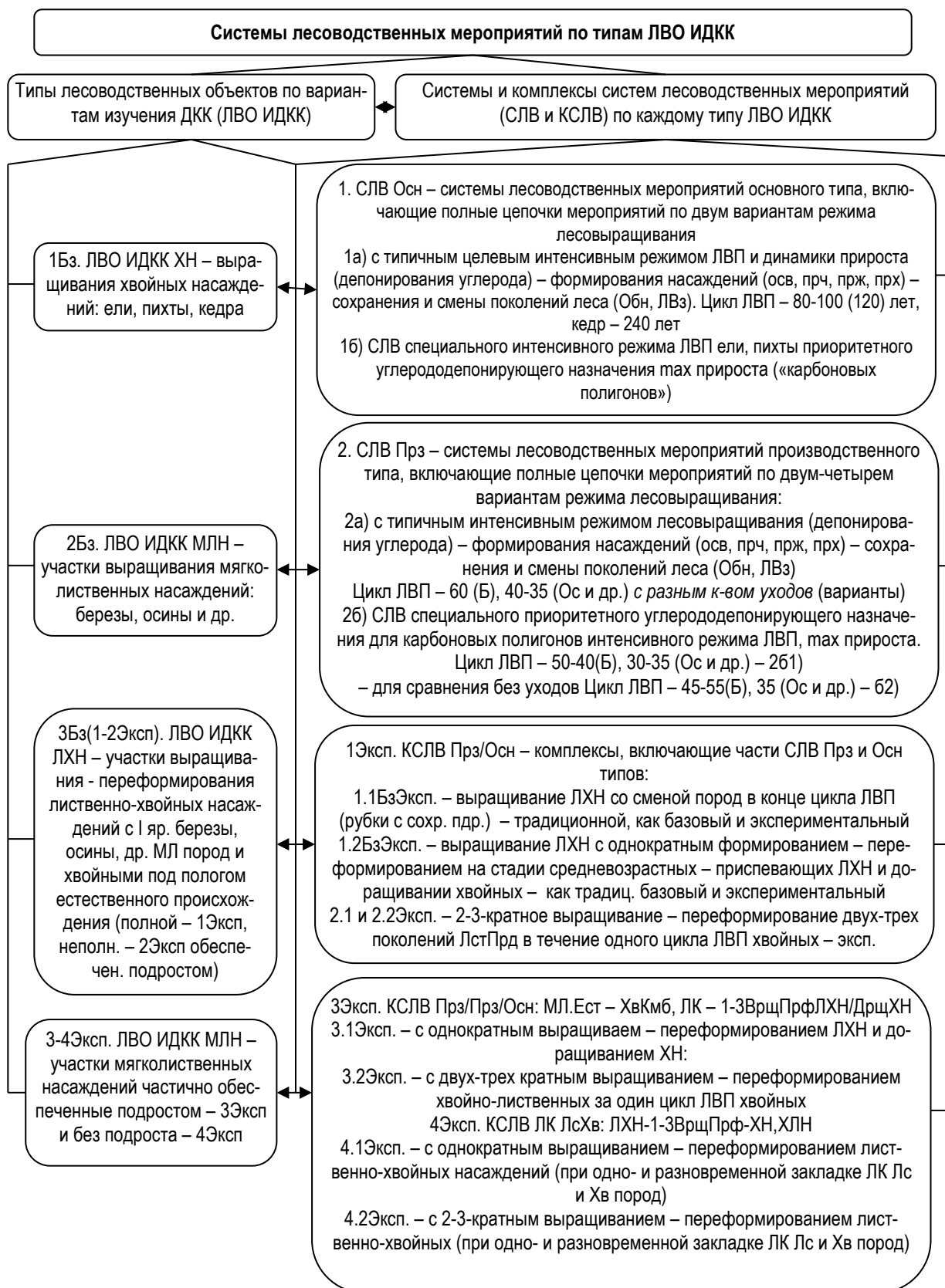


Рисунок 5. Формирование комплексов систем лесоводственных мероприятий по типам объектов изучения и эксперимента

Соответственно, в первом (базовом) варианте полные приоритетно-целевые системы лесоводства (СЛВ) «основного типа» (Осн) включают всю цепочку стадийных лесоводственных мероприятий – лесовозобновления, включая образование сомкнутых молодняков (ЛВз); формирования насаждений (ФрмН) – осветления (Осв), в т.ч. многократные затратные – вырубки быстрорастущих мягколиственных пород, прочистки (Прч), прореживания (Прж), проходные рубки (Прх); сохранения насаждений (Схр); смены поколений леса (СПЛ) в виде рубок лесовозобновления (РЛВз) в эксплуатационных лесах, осуществляемых в рамках действующего лесного законодательства – в форме сплошных и выборочных рубок спелых, перестойных насаждений для заготовки древесины.

Для проверки и оценки в эксперименте возможного достижения второй приоритетной или сопутствующей приоритетной цели – повышения уровня депонирования и консервации углерода (ДКК) – используются СЛВ, содержащие элементы интенсификации лесовыращивания, включающие: регулярное системное осуществление всех стадийных лесоводственных мероприятий в оптимальном (по интенсивности) воздействии на ЛВО, особенно рубок ухода в молодняках (не допуская задержки – снижения прироста при перегущенности молодняков, целевых пород, заглушаемых быстрорастущими второстепенными), а также и при проведении прореживаний, проходных рубок с получением дополнительного прироста, своевременную смену спелых древостоев, исключая длительное сохранение перестойных древостоев, существенно снижающих текущий прирост и ведущее к уменьшению среднего прироста, следовательно, объема депонирования углерода. Эффективность варианта СЛВ в достижении дополняющей приоритетной цели «депонирования и консервации углерода» обеспечивается (усиливается) при использовании заготавливаемой при всех рубках ухода и РбкЛВз древесины, биомассы для производства продуктов длительного пользования (консервации углерода) и биоэнергетики (замены ископаемых углеводородов).

СЛВ для участков *специального углерододепонирующего назначения* (первого и второго типа ФЦКЛВО), включающие также варианты разной (для сравнения) интенсивности планируемых и проводимых мероприятий основного типа – разреживания, рубок ухода, в т.ч. в целях получения максимального дополнительного светового прироста, могут содержать нормативы, выходящие за рамки установленных действующими правилами. При этом могут существенно сокращаться не только стадийные периоды лесовыращивания, но и общий период для получения максимального среднего прироста и накопления древесной массы (биомассы) – период максимального среднего прироста и достижения деревьями размеров, по диаметру достаточных для заготовки востребуемых сортиментов (не самого высокого качества, заготавливаемых при больших диаметрах вырубаемых деревьев). Обязательным условием эффективного решения задач ДКК является использование всей заготовленной древесины, биомассы (допустимой для изъятия из насаждения экологическими требованиями) в производстве продуктов длительного пользования и биоэнергетике. Формула состава СЛВ: ЛВзХв(Ест, Кмб, ЛК)-ФрмИнтЦН(Осв,Прч,Прж,Прх)-СхрЦН-СПЛ(РбкЛВз):ЦСД и Ц\ДК.

Аналогично (как для хвойных) формируются и типичные системы лесоводственных мероприятий для изучения динамики прироста и ДКК при проведении



эксперимента в *мягколиственных насаждениях производного типа* в вариантах полноциклового выращивания таких насаждений для получения целевых сортиментов, в т.ч. ценных крупномерных для производства фанеры, и в сочетании с приоритетным увеличением депонирования углерода путем системного своевременного проведения всех стадийных лесоводственных мероприятий, поддержания древостоев в состоянии интенсивного роста рубками ухода, включая сравнительно интенсивное разреживание средневозрастных насаждений для получения дополнительного светового прироста, своевременное завершение цикла ЛВП, не допуская накопления перестойных деградирующих древостоев с небольшим и даже отрицательным приростом и, соответственно, снижения общего среднего прироста за единицу времени (год) на единице площади (га).

При выращивании насаждений *специального углерододепонирующего назначения* (первого, второго типа ФЦКЛВО), в том числе временно в течение одного цикла ЛВП при нежелательной (нецелевой) смене пород, а также на экспериментальных «карбоновых полигонах», организуемых часто на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения, зарастающих в значительной мере древесной растительностью, преимущественно мягколиственных пород, в условиях суглинистых и супесчаных почв в лесной зоне, проверяется комплексная, в т.ч. экономическая эффективность применяемых систем лесоводства (СЛВ) как интенсивного содержания лесов – лесовоспроизводства с созданием наиболее благоприятных условий роста лучшим деревьям, накоплением ими биомассы и в то же время для получения востребованных сортиментов древесины, так и в вариантах систем естественного формирования – выращивания древостоев практически без проведения затратных мероприятий ухода за насаждениями или осуществлением (при очень высокой численности возобновления и явно излишней густоте) лишь отдельных приемов рубок ухода для исключения сильного уменьшения прироста (из-за перегущенности) и даже утраты молодых древостоев неустойчивых к снеговалам, снеголомам, ожеледи. При этом могут использоваться варианты схематического разреживания прокладкой коридоров машинами фронтального или манипуляторного типа, предотвращая возникновение фитоценологических условий, сдерживающих рост всех растений и их дифференциацию, необходимые для более или менее нормального формирования устойчивых насаждений. Такие насаждения выращиваются в сравнительно короткий период максимального среднего прироста, депонирования углерода, получения с минимальными затратами значительных объемов древесной массы для производства продуктов длительного пользования (в т.ч. плитного производства), а также биоэнергетики (замещения углеводов).

Варианты проверяемых систем лесоводственных мероприятий (СЛВ производного типа) выращивания древостоев лиственных пород в проекте ИДКК:

а) СЛВ выращивания древостоев лиственных пород в типичном *интенсивном режиме* для получения целевых сортиментов и эффективного депонирования углерода включают: естественное возобновление лиственных пород березы, осины (ЛВзЕст Б,Ос); интенсивное формирование целевых древостоев (ФрмИнтЦД); сохранение сформированных древостоев в целевом состоянии (СхрЦД); своевременное завершение цикла ЛВП сменой поколения леса (СПЛ),

рубкой лесовозобновления (РбкЛВз) в эксплуатационных лесах, в защитных лесах – обновления (РОбн). Основной результат – ценные целевые сортаменты древесины (ЦСД), в т.ч. для производства фанеры, и за счет дополнительного прироста – оптимальный целевой (Ц) объем (V) депонирования (Д) углерода – карбона (К) – ЦВДК. Формула СЛВ(Прз): ЛВзЕстБ,Ос-ФрмИнтЦД(Осв, Прч, Прж, Прх)-СхрЦД-СПЛ(РбкЛВз): ЦСД и ЦВДК. Цикл ЛВП(Б) – 60-65<sup>1</sup> лет; цикл ЛВП(Ос) – 35-40<sup>1</sup> лет.

б1) СЛВ выращивания древостоев лиственных пород в *высокоинтенсивном режиме* для поддержания максимально высокого среднего прироста, депонирования углерода (МВДК), возможного получения тонкомерных сортаментов при ЛВзЕст или Иск с интенсивным формированием ФрмИнт, в т.ч. с достижением сокращения стадийных периодов и общего периода лесовыращивания. Формула СЛВ(Прз): ЛВзЕстБ,Ос-ФрмИнтЦД(Осв, Прч, Прж, Прх)-СхрЦН – СПЛ(РбкЛВз): МВДК и ЦСД. Цикл ЛВП(Б) – 40-45<sup>1</sup> лет, цикл ЛВП(Ос) – 30-35<sup>1</sup> лет.

б2) СЛВ выращивания древостоев мягколиственных пород в *естественном режиме* и с минимальными затратами на схематическое разреживание с получением наибольшего (относительно) объема биомассы (древесной массы) за период выращивания с максимальным средним приростом и, возможно, небольшим увеличением периода выращивания до получения тонкомерных сортаментов. Формула СЛВ(Прз): ЛВзЕст-ФрмЕст и с 1-2-кратным схематическим разреживанием – СхрН в естественном режиме – СПЛ(РбкЛВз):(Отн) МВДК и ЦСД. Цикл ЛВП – 45-50(Б)<sup>1</sup>, 30-35 (Ос)<sup>1</sup> лет.

#### ***4.3. Системы лесоводственных мероприятий выращивания – перестроения лиственно-хвойных насаждений с полной и неполной обеспеченностью подростом хвойных пород под пологом***

На объектах лесоводства *третьего комплекса вариантов проведения эксперимента и изучения* влияния лесоводственных мероприятий на ДКК при выращивании лиственно-хвойных насаждений полно- и неполнообеспеченных (на 50-80%) естественным возобновлением хвойных – ЛВО ИДКК ЛХН – *выращивания и перестроения лиственно-хвойных насаждений* с первым ярусом березы, осины и др. мягколиственных пород и хвойными под пологом реализуется несколько вариантов ИДКК – два из них могут рассматриваться и как базовые, для сравнения с двумя основными экспериментальными, которые к тому же подразделяются в зависимости от наличия полного и неполного количества подроста и формирования хвойных и хвойно-лиственных насаждений с применением соответствующих комплексов систем лесоводственных мероприятий, включая варианты:

За – базовый – выращивание лиственно-хвойных насаждений с применением полных СЛВ производного типа, в составе которых полный состав стадийных мероприятий лесовозобновления, формирования, сохранения насаждений,

---

<sup>1</sup> Эти и другие конкретные возрастные периоды приводятся как примеры – варианты, фактически устанавливаются в процессе исследований в зависимости от производительности древостоев, режима и целей лесовыращивания и действия множеству других факторов.

которые на практике часто не применяются, но в рамках эксперимента их целесообразно провести, как и своевременную завершающую смену поколений леса – одноприемными выборочными рубками (взамен известных рубок с сохранением подроста) или постепенными рубками при угнетенном поколении хвойных под пологом. Продолжительность цикла ЛВП до возраста спелости (рубки) лиственных в эксплуатационных (защитных) лесах: 61(71) – березы, 41(51) – осины. При этом возможны изучение и оценка эффективности разных вариантов систем по режиму осуществления мероприятий с разным количеством рубок ухода, их интенсивностью, а также специфике отбора деревьев в рубку и на оставление, особенно на участках, где в первом ярусе лиственных имеется примесь хвойных (ели) до трех единиц, существенно ухудшающих условия роста хвойных под пологом. Формула СЛВ: ЛВзЕстМЛ, Хв-ФрмЛХН-СхрЛХН-СПЛ(СПрд).

3б – второй (базовый) вариант фактически уже традиционного «выращивания – однократного переформирования» лиственно-хвойных насаждений на основе комплекса лесоводственных систем – неполной производного типа – до стадии средневозрастных или припевающих насаждений лиственных и СЛВ переходного типа переформирования неспелых лиственно-хвойных насаждений с полным освобождением хвойных с последующим доращиванием хвойных, хвойно-лиственных насаждений и СПЛ. При этом в зависимости от состояния насаждений – лиственного полога и хвойного поколения под пологом используются 1-2-приемные рубки переформирования, в т.ч. с оставлением части тонкомерных деревьев лиственных пород для смягчения условий адаптации освобождаемых хвойных.

В рамках данного типа ИДКК целесообразно изучить вариант СЛВ, нередко реализуемый фактически на практике, включающий выращивание лиственно-хвойных насаждений (обычно с первым ярусом березы) фактически без проведения мероприятий до рубки переформирования, чаще двухприемной или одноприемной с оставлением тонкомерных деревьев березы в качестве «временного зонтика» для адаптации освобожденного из-под полога поколения хвойных. Обобщенная формула комплексной СЛВ – КСЛВ:ВзбЛст, ВзХв – ФрмЛХН-ПрфЛХН-ДрщХН,ХЛН.

3в – экспериментальные варианты СЛВ «выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений» полно- и неполнообеспеченных подростом хвойных пород с 2-3-кратным переформированием ЛХН при двух-, трехкратном возобновлении и выращивании древостоев лиственных пород в период одного цикла выращивания хвойных, соответственно, ели, пихты или кедра.

При этом *варианты 2-3-кратного* «выращивания-переформирования ЛХН» (соответственно, с елью, пихтой или кедром под пологом) реализуются в основном на участках, преимущественно с массовым естественным возобновлением быстрорастущих лиственных после сплошных рубок или утраты древостоев по иным причинам с одновременным или последующим возобновлением под их пологом хвойных (спустя период 10-20 лет и более) по мере улучшения условий роста, при наличии источников семян.

Соответственно, после первой рубки переформирования в средневозрастных лиственных насаждениях освобожденный из-под полога подрост ели, пихты

(высотной категории – мелкий, средний, частично крупный) вновь отстает в росте от возобновляющихся быстрорастущих лиственных очередной генерации и лиственно-хвойное насаждение выращивается уже при поддержании полноты (со-мкнутости) лиственного полога около 0,6 (учитывая переход подроста в категорию среднего, крупного, а частично и во второй ярус). После второй рубки переформирования на стадии средневозрастных приспевающих хвойных пород (55-65 лет) освобожденные от отрицательного влияния лиственных, хвойные, в т.ч. с разным участием очередного поколения лиственных пород насаждения, доращиваются до целевых параметров (ДрщХв). Ориентировочная формула КСЛВ при реализации варианта ИДКК. КСЛВ ИДКК: В3бЛст(15-20 лет)В3бХв-ФрмЛХН[Лст(35-40), Хв(20-25)]-1ПрфЛХН-В3бЛст-ФрмЛХН-2ПрфЛХН[Лст(35-40), Хв(55-65)]-ДрщХв.

При ориентации на целевое выращивание углерододепонирующих насаждений с коротким циклом выращивания в период максимального среднего прироста (и с получением тонкомерных сортиментов) в пределах 30 лет для реализации этого варианта ИДКК возможно использование и участков с одно-временным возобновлением лиственных и хвойных пород, а при возобновлении хвойных спустя 20-25 лет после лиственных возможна реализация и варианта с 1-3-кратным выращиванием – переформированием ЛХН. При возобновлении кедра под пологом в соответствующих зонально-лесотипологических условиях осуществление такого варианта выращивания – переформирования ЛХН возможно и при более продолжительных циклах выращивания мягколиственных древостоев.

Общая формула перечисленных комплексов систем лесоводственных мероприятий этих экспериментальных вариантов ИДКК выращивания – переформирования двух типов ЛХН с полным и неполным ( $\geq 50\%$ ) обеспечением хвойными: КСЛВ ИДКК: В3бЛст, В3бХв-ФрмЛХН-1-3ВрщПрфЛХН-ДрщХН, ХЛН.

#### ***4.4. Системы лесоводственных мероприятий выращивания – преобразования лиственных насаждений, частично обеспеченных подростом хвойных и без подроста***

В третий экспериментальный тип СЛВ «выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений» (на основе ЛВО – мягколиственных насаждений, частично обеспеченных подростом хвойных) целесообразно выделить варианты с использованием комбинированного возобновления пород (обычно естественного) лиственных и лесокультурного, комбинированного – хвойных (ЛВ3лЕстХвКмб ВрщПрфЛХН). Для реализации этих вариантов эксперимента ИДКК, в зависимости от конкретных условий, используются участки с естественным возобновлением мягколиственных пород, преимущественно березы семенного происхождения на участках нелесных земель, не используемых по основному целевому назначению, зарастающих лесной растительностью, а также участки вырубок с обильным возобновлением березы, осины, в основном вегетативного происхождения (нередко не первой генерации), которые временно

можно использовать в качестве объектов лесовыращивания специального углерододепонирующего назначения, проведения эксперимента, в т.ч. на «карбоновых полигонах». При этом разрабатываются и применяются комплексы лесоводственных мероприятий с 1-кратным или 2-3-кратным переформированием лиственно-хвойных насаждений, создаваемых путем введения под полог лиственных – лесных культур ели, пихты – полных или неполных если под пологом лиственных частично возобновились и хвойные породы.

Обобщенная формула вариантов применяемых двух типов комплексов лесоводственных мероприятий: КСЛВ:ЛВзЛЕст-ФрмЛст – 3кЛКХв-1-3ВрщПрфЛХН-ДрщХН,ХЛН.

При целевой установке на выращивание *специальных углерододепонирующих мягколиственных, затем лиственно-хвойных насаждений* с однократным переформированием ЛХН, преимущественно на участках с возобновлением лиственных пород (березы, осины, ивы и др.) вегетативного происхождения и не первой генерации (малоценных), комплексы систем лесоводства (КСЛВ) включают: относительно короткоцикловое выращивание быстрорастущих лиственных без ухода или с однократным схематическим разреживанием – путем прокладки коридоров в сильно перегущенных молодняках для исключения «торможения» прироста древостоев и/или закладки технологической сети для проведения последующих мероприятий.

В возрасте 15-20 лет при относительной дифференциации деревьев одновременно с прокладкой коридоров или с использованием уже имеющихся (заложённых при схематическом уходе за молодняками) осуществляется введение лесных культур хвойных (в основном ели, пихты) под полог лиственных на технологических полосах в местах между крупными (лучшими) деревьями лиственных (на площадках, расчищенных от мелких деревьев, кустарников), расположенных рядами перпендикулярно к направлению коридоров с посадкой растений ручными или механизированными инструментами или машинами манипуляторного типа из технологического коридора. Расстояние между высаживаемыми растениями около 1 м  $\pm$  0,2 м, а по количеству хвойных, достаточному для образования после рубки переформирования продуктивного хвойного древостоя (с учетом отпада и утраты части деревьев, – до 20-30% при рубках ухода).

В последующий период выращивания лиственно-хвойного насаждения (до рубки переформирования) применяются системные рубки ухода (1-2), обеспечивающие поддержание полноты (сомкнутости) лиственного древостоя 0,7, достаточной для его интенсивного роста и депонирования углерода, в т.ч. с удалением мелких деревьев и кустарников, заглушающих высаженные хвойные под пологом. Рубка переформирования осуществляется по завершении периода максимального среднего прироста, накопления биомассы и депонирования углерода, при необходимости и с увеличением его для получения сортиментов древесины, востребуемых для переработки и получения продуктов длительного пользования (консервации углерода) и для биоэнергетики (замещения ископаемых углеводородов).

Для реализации варианта специального *«выращивания мягколиственных, преобразование их в лиственно-хвойные насаждения с двукратным их вы-*

*ращиванием – переформированием», преимущественно на участках с естественным возобновлением, в основном березы семенного происхождения без возобновления хвойных (ели, пихты, кедра, других пород), в т.ч. на зарастающих лесной растительностью участках территорий нелесных земель, удаленных от источников обсеменения – деревьев хвойных пород, используются комплексы лесоводственных мероприятий. Они включают на первом этапе выращивания практически в естественном режиме образования – формирования молодняка березы с возможным применением мероприятий схематического разреживания сильно перегущенных молодых насаждений на стадии «чащи», предотвращая торможение прироста (роста) всех деревьев и их дифференциации, путем прокладки густой сети коридоров разреживания на расстоянии 8 м (при потенциальной производительности на комплексном участке преимущественно древостоев III кл. бонитета и выше) и 7 м (для участков с преобладанием древостоев III кл. бонитета и ниже). Разреживание осуществляется в сочетании с технологической организацией территории с закладкой постоянных технологических коридоров, соответственно, через 16 или 14 м (в частности, путем использования каждого второго коридора схематического разреживания). По мере дифференциации деревьев с формированием основной (верхней и средней) части полога из деревьев преимущественно II и III классов роста выделяются отстающие в росте деревья IV-V классов роста – кандидаты в отпад, которые удаляются полностью или частично, в т.ч. и с отдельными деревьями I класса роста для создания относительно благоприятных условий роста хвойных под пологом. Соответственно, в 15-20-летнем возрасте под разреженный «прозрачный» полог лиственных вводятся лесные культуры хвойных – полные или неполные в условиях, где частично произошло их естественное возобновление. Посадка лесокультурных растений осуществляется в технологических полосах с ориентировочным расположением их рядами, перпендикулярными направлению технологических коридоров (в т.ч. с расчетом на доступность при последующем уходе за ними и машинами манипуляторного типа) с общим количеством растений хвойных пород – высаженных и имеющих естественного происхождения, достаточным для образования после завершающей рубки переформирования хвойного древостоя с полнотой не менее 0,7 (с учетом прогнозируемого отпада и уничтожения при проведении рубок ухода).*

Выращивание лиственно-хвойных насаждений с первым поколением лиственных пород и хвойным под пологом в рамках решения задачи (целевой установки), сохранения и повышения уровня депонирования и консервации углерода путем проведения лесоводственных мероприятий осуществляется с применением рубок ухода, обеспечивающих поддержание оптимальной сомкнутости (полноты) лиственного яруса около 0,7, достаточной для обеспечения интенсивного роста лиственных (депонирования углерода) и в то же время удовлетворительных условий для формирования подпологового поколения хвойных, в т.ч. с необходимым точечным, полосным уходом за деревьями хвойных пород с удалением тонкомерных деревьев березы, осины, ивы и др. пород (в т.ч. подлесочных), оказывающих непосредственное отрицательное влияние на эти деревья и для увеличения прозрачности полога. Первая рубка ухода – переформирования

насаждений осуществляется по завершении периода максимального интенсивного прироста с возможным увеличением на несколько лет для получения сортиментов древесины, востребуемых для переработки и производства продуктов длительного пользования (консервации углерода) и с дополняющим эффективным использованием мелких деревьев, порубочных остатков в целях получения материалов биоэнергетики (замены ископаемых углеводов).

Одновременно вырубка лиственного древостоя используется в качестве меры содействия возобновлению мягколиственных пород, в т.ч. вегетативному. Она осуществляется в осенне-зимний период с оставлением пней небольшой (оптимальной) высоты (7-10 см) для лучшего укоренения поросли березы и других пород с порослевым возобновлением, при этом в варианте затратного лесовыращивания может осуществляться уход за лесовозобновлением на стадии образования нового поколения, в т.ч. с оставлением лучших экземпляров поросли с учетом не только интенсивности их роста, но и перспектив быстрого и надежного укоренения. При эффективном возобновлении лиственных пород, их интенсивном росте новое поколение лиственных в первые же годы после рубки превосходит по высоте хвойные (при отсутствии традиционного ухода за ними путем неоднократной вырубки лиственных).

Образовавшееся вновь лиственно-хвойное насаждение выращивается проведением системных рубок ухода за лиственным ярусом и хвойными под пологом, обеспечивающих интенсивный прирост лиственной части насаждения при полноте (сомкнутости полога) около 0,6 ( $0,6 \pm 0,05$  или  $\geq 0,6 < 0,7$ ) и удовлетворительные условия хвойным под пологом (в т.ч. с удалением подлесочных пород и отставших в росте лиственных, снижающих прозрачность полога) – сохранение их жизнеспособности и потенциала прироста и продуктивности после освобождения от верхнего полога лиственных. По завершении периода максимального среднего прироста (очередного поколения) лиственной части насаждения с продолжением его при необходимости на несколько лет для получения целевых сортиментов проводится вторая рубка ухода переформирования с последующим доращиванием хвойного древостоя в режиме оптимальной сомкнутости  $\approx 0,7$  для получения целевых сортиментов хвойных пород выполнения лесами экологических функций на всем протяжении периода лесовыращивания, в т.ч. климаторегулирующих и средообразующих при соответствующем использовании древесины вырубаемых деревьев.

При коротком цикле воспроизводства поколений древостоев мягколиственных пород и/или введение культур кедра под полог можно также использовать вариант и трехкратного выращивание – переформирования лиственно-хвойных насаждений, как и при естественном возобновлении хвойных под пологом.

В вариантах с 1-3-кратным выращиванием – переформированием лиственно-хвойных насаждений возраст лиственных для введения хвойных определяется по формулам:

$$A_{\text{Лст}}^{\text{ВдХв}} = 1A_{\text{Лст}}^{\text{Врщ}} - A_{\text{Хв}}^{\text{Прф1}} \quad (1)$$

$$A_{\text{Лст}}^{\text{ВдХв}} = 2A_{\text{Лст}}^{\text{Врщ}} - A_{\text{Хв}}^{\text{Прф2}} \quad (2)$$

$$A_{\text{Лст}}^{\text{ВдХв}} = 3A_{\text{Лст}}^{\text{Врщ}} - A_{\text{Хв}}^{\text{Прф3}} \quad (3)$$

$$\text{или общей формуле: } A_{\text{Лст}}^{\text{ВдХв}} = K A_{\text{Лст}}^{\text{Врщ}} - A_{\text{Хв}}^{\text{ПрфК}}, \quad (4)$$

где:

коэффициент  $K=1, 2, 3$  соответствует одно-, двух-, трехкратному выращиванию – переформированию лиственно-хвойных насаждений,

$A_{\text{Лст}}^{\text{ВдХв}}$  – возраст лиственных, при котором под их полог (в насаждение) вводят лесные культуры хвойных до завершения периода максимального среднего прироста и получения целевых сортиментов;

$A_{\text{Лст}}^{\text{Врщ}}$  – возрастной период выращивания лиственных, охватывающий период максимального среднего прироста древостоев и получения целевых сортиментов;

$A_{\text{Хв}}^{\text{Прф}}$  – возраст хвойных, до которого они могут выращиваться в относительно благоприятных условиях под пологом лиственных, сохраняя жизнеспособность и потенциал реализации видовой биологической продуктивности (производительности) в данных лесорастительных условиях до заключительной – первой, второй, третьей рубки переформирования.

#### *4.5. Системы экспериментальных лесоводственных мероприятий искусственного (лесокультурного) создания и выращивания лиственно-хвойных насаждений и их переформирования в хвойные, хвойно-лиственные*

При отсутствии или недостатке участков с естественным возобновлением и формированием лиственно-хвойных и лиственных древостоев с возможным преобразованием (переформированием) их в лиственно-хвойные, а затем в хвойные, хвойно-лиственные (по всем четырем типам КСЛВ, реализуемых на ЛВО – участках с достаточным и недостаточным количеством хвойных под пологом, а также частичным, до 50% от необходимого, и без подроста под пологом естественно возобновившихся лиственных пород) в целях изучения и оценки лесоводственной и экономической эффективности множества возможных вариантов создания, выращивания и переформирования насаждений различного происхождения, в том числе на «карбоновых полигонах», целесообразна проверка в эксперименте комплексов СЛВ особого четвертого экспериментального (или отдельного пятого) типа, базирующихся на искусственном возобновлении лиственных и хвойных пород с одновременной закладкой лесных культур этих пород и, как правило, однократным переформированием насаждений на стадии приспевающих – спелых древостоев ЛХН, а также разновременной – созданием – выращиванием древостоев лиственных пород первого класса возраста с введением под их полог на стадии жердняков – древостоев второго класса возраста лесных культур хвойных с последующим формированием лиственно-хвойных насаждений системными рубками ухода с поддержанием оптимальной сомкнутости (полноты) лиственного полога около 0,7, обеспечением их интенсивного роста в период максимального среднего прироста и в то же время удовлетворительных условий роста хвойным под пологом, достигающим к возрасту переформирования лиственно-хвойных насаждений высоты мелкого и среднего подроста.



По завершении периода максимально среднего прироста лиственных и при необходимости целевой установки дополняющего его периода выращивания древостоев для получения целевых сортиментов древесины в возрасте средневозрастных – приспевающих с учетом различия биологических свойств лесообразующих пород (березы, осины и др.) осуществляется первая рубка ухода перестройки ЛХН с вырубкой лиственных в осенне-зимний период с содействием их естественному, в т.ч. вегетативному возобновлению – оставлением пней небольшой высоты – оптимальной для образования хорошо укореняющейся поросли, *исключая также традиционную рубку деревьев со срезанием на уровне поверхности почвы* при трелевке древесины. Возобновившиеся после первой рубки перестройки быстрорастущие лиственные породы, значительно превышающие в интенсивности роста хвойные и образующие первый ярус, выращиваются в очередной период максимального среднего прироста (депонирования углерода) при невысокой сомкнутости полога  $\approx 0,6$  для поддержания также удовлетворительных условий роста хвойных, значительно увеличивающихся в размерах по высоте и величине крон, переходящих в категорию крупного подроста и деревьев второго яруса.

Вторая рубка ухода перестройки лиственно-хвойных насаждений осуществляется на стадии средневозрастных приспевающих древостоев лиственных пород, достигших возраста количественной спелости (максимального среднего прироста) и параметров диаметра лиственных пород (при выращивании их в условиях невысокой полноты – сомкнутости), достаточных для получения сортиментов древесины, востребованных для переработки в изделия – продукты длительного пользования (консервации углерода), при использовании порубочных остатков и биомассы мелких деревьев в качестве материалов биоэнергетики.

Для улучшения адаптации освобождаемых из-под полога хвойных, в т.ч. сохранения их устойчивости, особенно деревьев второго яруса, вторая рубка перестройки может осуществляться в два приема и с оставлением части тонкомерных деревьев лиственных пород, вырубаемых в последующий период выращивания хвойного, хвойно-лиственного древостоя при оптимальной сомкнутости около 0,7 с вырубкой в установленном возрасте спелости, исключая оставление перестойных древостоев с минимальным или отрицательным приростом, соответственно, утратой достигнутого на предшествующих этапах лесовыращивания эффекта «сравнительно высокого» среднего прироста и депонирования углерода в сочетании с мерами его консервации.

Возможно изучение вариантов воспроизводства лиственно-хвойных насаждений искусственного (лесокультурного) происхождения с трехкратным выращиваем – перестройкой их при коротких циклах ЛВП мягколиственных пород на древесную массу и в других целях.

Определение возраста лиственных для введения хвойных под полог осуществляется с использованием соответствующих формул, приведенных в разделе 4.4.

#### **4.6. Возможное расширение эксперимента с включением в него мероприятий лесоводственных систем реконструктивного, санитарно-восстановительного, первично-восстановительного, начально-лесообразовательного типов и связанных с ними комплексов**

При проведении широких лесоводственных исследований, связанных с изменением климата и изучением влияния всего многообразия лесоводственных мероприятий на депонирование и консервацию углерода, в т.ч. на «карбоновых полигонах», в состав эксперимента целесообразно включить участки – объекты ПЦСЛВ переходного типа – реконструктивных, санитарно-восстановительных, первично-восстановительных (наличие которых существенно снижает общий вклад лесов в связывание углерода и снижение отрицательных последствий изменения климата), а также начально-лесообразовательных, представляющих определенный потенциал увеличения этого вклада. В то же время проведением лесоводственных мероприятий, указанных лесоводственных систем, переходного, по существу восстановительного, а также начально-лесообразовательного типов в соответствующих комплексах ПЦСЛВ обеспечивается не только решение традиционных задач создания на этих участках ценных насаждений, выполняющих целевые экологические функции (согласно назначению лесов), но и актуальных современных – восстановления эффективного депонирования и консервации углерода лесом. Следовательно, в процессе проведения эксперимента и осуществления НИР на таких объектах можно определить оптимальные (из доступных) варианты системных мероприятий, в т.ч. по их интенсивности, экономической и экологической эффективности с оценкой влияния на уровень депонирования и консервацию углерода восстанавливаемых ценных целевых насаждений.

В частности, при изучении эффективности систем лесоводственных мероприятий *реконструктивного типа* в состав вариантов активного эксперимента целесообразно включить участки малоценных насаждений (в т.ч. с наличием менее половины ценной части) на разных стадиях их существования (динамики) с проведением вариантов *полной* сплошной одноприемной *реконструкции*, в т.ч. поэтапной, участками до 1,5 га в защитных лесах, а также 2-3-приемной, в т.ч. чересполосной, проводимой в целях постепенной замены малоценного насаждения без резкой полной утраты выполнения лесами водоохранных и других функций (КПЦСЛВ:/УчкМЛЦ/Прх-ПРкс/Осн/).

На участках с наличием ценной части в древостое, подросте (суммарно менее половины от общей площади) планируются и осуществляются варианты мероприятий *неполной реконструкции* (с сохранением ценной части), в т.ч. одноприемной нормативно допустимыми участками (в защитных лесах до 1,5-2,0 га), поэтапной на больших массивах леса (более 2,0 га) с периодом примыкания – проведения рубки реконструкции на следующем участке после образования на предшествующем сомкнутого молодняка (5-10 лет), а также 2-3-приемной, преимущественно полосами – площадками с сохранением ценных элементов с тем же периодом повторения приёмов, а также примыкания участков – лесосек поэтапной неполной реконструкции (КПЦСЛВ:/УчкМЛЦ/Прх-НПРкс/Осн/).

На участках с утраченными насаждениями в связи с пожарами, в т.ч. с сохранившимися их частями, элементами, с учетом объемов восстановительных работ и доступности (лесоводственной, экологической, экономической затратности) их осуществления, в эксперименте может изучаться эффективность вариантов *санитарно- или послепожарно-восстановительных* систем не только с созданием полных и неполных (с учетом сохранившихся ценных частей насаждений) лесных культур, но и с использованием мер содействия естественному лесовозобновлению в соответствующих лесотипологических условиях (сосняков на песчаных, супесчаных почвах), в т.ч. с использованием сохранившихся (даже сильно поврежденных) деревьев, их куртин, в качестве источников обсеменения, при необходимости с частичной минерализацией поверхности почвы в доступных местах мотоинструментами (КПЦСЛВ:/УчкСВс/Прх-СВсСд/Осн/). Не исключается создание на больших гарях и центрах обсеменения в виде куртин деревьев, которые на открытых участках песчаных почв через 5-7 лет начинают выполнять функцию обсеменения окружающей площади участка при отсутствии или слабой конкуренции возобновления малоценных мягколиственных пород.

Определенные варианты *санитарно-восстановительных* мероприятий можно использовать в зависимости от конкретных условий и в связи с полной и неполной утратой насаждений в результате патологии, действия неблагоприятных погодных-климатических и других явлений. В частности, при массовом распространении корневой губки при недоступности (экономической, экологической) применения высокозатратных мероприятий восстановления ценных целевых насаждений в эксперименте можно проверить (в зависимости от конкретных условий) варианты мероприятий разных комплексов систем, в т.ч. с естественным восстановлением на месте утраченного ценного коренного древостоя (сосны) производного мягколиственных пород с последующей заменой его на ценные целевые (КПЦСЛВ:/УтрчОсн/Прз/Осн/).

На многолетнелесонепокрытых участках лесных земель систем мероприятий *первично-восстановительного типа*, включенных в состав объектов эксперимента (специального и многопрофильного, в т.ч. карбонового полигона), кроме типичного варианта восстановления леса созданием обычно высокозатратных в таких условиях лесных культур целевых пород, возможна проверка результативности (для последующей сравнительной общей экономической оценки) вариантов комплексных систем поэтапного восстановления ЦЦН с проведением на первом этапе менее затратных мероприятий содействия естественному возобновлению нецелевых пород или создания менее ценных производных почвоулучшающих насаждений (в т.ч. ольхи серой) с последующим преобразованием их в более ценные (по мере улучшения лесорастительных условий) –КПЦСЛВ:/ЛВзМЦ/Прз/Осн/.

Значительное разнообразие вариантов эксперимента может быть реализовано на участках комплексов лесоводственных систем *начально-лесообразовательного типа* – нелесных земель разных категорий (преимущественно малоплодородных, неудобных для целевого сельскохозяйственного использования), предназначенных для лесоразведения, нередко с наличием уже возобновления древесной растительности, которую без значительных первичных затрат

можно использовать в качестве одного из вариантов целевого выращивания для депонирования углерода (независимо от состава лесообразующей растительности). При этом за целевой (в т.ч. небольшой) цикл выращивания произойдет начало формирования лесных лесорастительных условий, в которых возможно более эффективное (надежное) создание ценных целевых насаждений основного или еще одного поколения производного и затем основного типа (КПЦСЛВ:/УчкНЛЗ/Прз/Осн/).

В то же время на участках традиционного лесоразведения, заброшенных полях с малопродуктивными для сельскохозяйственного производства почвами (в т.ч. с образовавшимся плотным подпочвенным горизонтом, нередко имеющим отрицательное значение для роста древостоев, особенно ценных долговечных пород) кроме традиционных затратных вариантов создания лесных культур со сплошной (глубокой) обработкой почвы, возможно создание специальных карбоновых насаждений с коротким циклом выращивания быстрорастущих мягколиственных пород, обеспечивающих высокий уровень депонирования углерода и постепенным улучшением лесорастительных условий (КПЦСЛВ:/УчкНЛЗ/Прз/Прз/Осн/).

## **5. Технологическая реализация систем лесоводственных мероприятий при проведении эксперимента в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода лесом**

Достижение целевого эффекта лесовыращивания в проектируемых и осуществляемых вариантах эксперимента в целях увеличения депонирования *углерода, его консервации* путем применения систем лесоводственных мероприятий, соответствующих выделенным типам исходных и целевых объектов лесоводства, в т.ч. в рамках сформированной *ФЦКЛВО*, *возможно только при адекватной реализации их на практике путем применения определенных технологий*, особенно рубок лесных насаждений – рубок ухода и рубок смены поколений леса (одновозрастных древостоев) в сочетании с лесовосстановлением и другими системными лесоводственными мероприятиями [6]. При этом эффективное применение технологий в значительной мере достигается при соответствующей технологической организации территории участка (ТОУ).

С учетом результатов исследований и разработок в области технологического обеспечения лесоводственных мероприятий и их систем [7-14] для участков – объектов лесоводства (ЛВО) различного целевого назначения в качестве базовой технологической организации участков, в том числе климаторегулирующего назначения – максимального сохранения и использования углерододепонирующего потенциала лесных экосистем, целесообразно принять ТОУ узкопачечных технологий лесоводственных рубок содержания лесов и лесопользова-

ния (СЛЛП) с созданием сети технологических коридоров (ТхлКр), преимущественно постоянного типа, в насаждении с расстоянием 14-20 м между основными пасечными ТхлКр.

Учитывая сложившиеся условия и прогнозы технико-технологического развития, обеспечения реализации системных лесоводственных мероприятий, а также значительное различие преобладающих древостоев по производительности, параметрам деревьев – высоте, диаметру и другим технологообразующим факторам, целесообразно дифференцировать принятую в качестве базовой (типичной) узкопасечную технологическую организацию участков как минимум в двух вариантах с расстояниями между пасечными коридорами в среднем 14 и 16 м – соответственно, для средне- и низкопроизводительных (III класс бонитета и ниже) и средне- и высокопроизводительных древостоев (III класс бонитета и выше)<sup>2</sup>. С учетом изменяющихся параметров древостоев – возраста, высоты и других, а следовательно, и вырубаемых деревьев – расстояние между коридорами может уменьшаться (за счет прорубки между основными дополнительными) или увеличиваться в 2-3 раза, в основном, соответственно, до 7 или 8 м для молодняков и 28 или 32 м для спелых, перестойных древостоев, а также участков природоохранного и иного назначения, на которых нежелательно создавать и/или использовать более густую технологическую сеть (уже существующих коридоров, просек, дорог и прочих элементов организации территории, которые временно можно использовать и в технологических целях для проведения лесоводственных мероприятий).

С учетом приведенных принципов технологического обеспечения реализации лесоводственных мероприятий и известных закономерностей динамики роста, текущего и среднего прироста древостоев с возрастом (следовательно, и депонирования углерода), в целях исключения его потерь при ТОУ, *создание постоянной сети технологических коридоров* на исходных участках, включенных в фонд «углерододепонирующего лесовыращивания», а при доступности и на участках всех других типов ФЦКЛВО, *осуществляется на стадии образования молодняков или начала их формирования* (осветлений, прочисток) *даже при отсутствии потребности транспортировки по ним вырубаемых деревьев или других продуктов* (технологических предметов). Расстояние между базовыми технологическими коридорами узкопасечной (и среднепасечной) технологии устанавливается соответственно производительности древостоев – 14 (28) м – средней и низкой (III класс бонитета и ниже), 16 (32) м – средней и высокой (III класс бонитета и выше). При большом исходном количестве деревьев на единице площади молодого поколения, превышающего нередко в несколько раз необходимое для формирования целевого насаждения, оно может быть уменьшено в 2-3 раза за счет дополнительного схематического разреживания (при отсутствии экологических и др. ограничений) путем прорубки 1-2 дополнительных

---

<sup>2</sup> На комплексных участках, в зависимости от лесорастительных условий с преобладанием древостоев III кл. бонитета и выше или III кл. бонитета и ниже, целесообразно создавать сеть технологических коридоров одного типа с расстоянием между ними 16 м или 14 м соответственно.

коридоров между базовыми ТхлКр, с расчётом сохранения на участке достаточного количества молодых деревьев для формирования высоко- или среднеполнотного древостоя.

В образовавшихся узких полосах между технологическими коридорами шириной около 10-11 или 12-13 м или с дополнительным схематическим разреживанием значительно меньше – при сохраняющемся излишнем количестве деревьев (в расчете на 1 га общей площади), а также и нежелательной дифференциацией их – распределением в верхней и нижней частях полога, дополнительно к схематическому – осуществляется выборочный уход за лучшими деревьями, в том числе в отдельных местах полос. В зависимости от наличия технических средств выборочное удаление нежелательных деревьев может осуществляться мотоинструментами или машинами манипуляторного типа со сбором их в пачки и подвозкой для переработки и использования (в объеме, не превышающем максимально допустимого изъятия биомассы из экосистемы). Остальная масса вырубемых деревьев разделяется на части и приземляется на месте для перегнивания, укладывается на волокна для их укрепления, предотвращения сильного уплотнения и нарушения почвы (особенно слабодренированной, влажной, переувлажненной), а также сокращения повреждений корневых систем деревьев, растущих вдоль волокна. Следовательно, в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода (при заготовке только сортиментов для переработки), порубочные остатки, а при уходе в молодняках все вырубленные деревья, разделенные на части, в зависимости от лесотипологических условий и рекомендуемых мер по очистке лесосек, следует оставлять на длительное перегнивание (временную консервацию углерода непосредственно на участке).

Если в сложившихся условиях по техническим, экономическим и иным причинам заготовка и подвозка (перемещение) вырубленных тонкомерных деревьев, биомассы для переработки не осуществляется, то закладка технологических коридоров и, соответственно, схематическое разреживание (перегущенных) молодняков могут осуществляться для проведения последующих уходов без прокладки коридоров в насаждениях старших возрастов, ведущей к снижению (потерям) общего прироста (продуктивности) древостоев. Схематическая рубка в перегущенных молодняках используется также для существенного снижения затрат на выборочную рубку – изъятия большого количества мелких деревьев, тем более не используемых.

На участках лесных культур, в том числе созданных в прошлом на сельскохозяйственных полях с низкоплодородными почвами, а также и выделенных в лесном фонде для использования в качестве объектов временного или постоянного выращивания лесных насаждений углерододепонирующего назначения на стадии молодняков для обеспечения возможности применения любых технологий в настоящем и планируемых в будущем, закладка сети технологических коридоров осуществляется перпендикулярно направлению рядов лесных культур. Наличие такой технологической сети обеспечивает значительно лучшую доступность вырубемых деревьев (чем в вариантах традиционного использования для технологических коридоров междурядий, в том числе с вырубкой в этих целях и отдельных рядов культур). Положительный результат достигается как при

использовании технологий рубок ухода на базе традиционной техники с валкой деревьев в междурядья и подтрелевкой сортиментов по ним к технологическому коридору с последующим сбором – погрузкой и подвозкой их машинами с погрузочным устройством (типа форвардер), так и технологий с применением многооперационных машин типа харвестеров – с беспрепятственным перемещением рабочей головки манипулятором по междурядью с подведением ее практически к любому намеченному в рубку дереву в соседних рядах культур, срезанием, выносом или валкой в междурядья, обрезкой сучьев и ветвей, раскряжевкой стволов на сортименты, сбором и подвозкой их форвардером.

В связи с большим разнообразием природных условий, свойств исходных участков лесных экосистем и их целевого назначения, которые необходимо учитывать при закладке на них технологической сети, определяющих, по существу применение технологий, обеспечивающих наиболее адекватную реализацию эффективных системных лесоводственных мероприятий по всему циклу лесовоспроизводства, к тому же наличием на многих участках технологических коридоров, проложенных в прошлом по разным технологическим схемам, а также дорог, просек, других элементов организации территории, которые можно рационально (в том числе временно, ограниченно) использовать в технологических целях при проведении лесоводственных мероприятий, в первую очередь, рубок лесных насаждений, *для достижения максимального эффекта – сохранения продуктивности насаждений целесообразно, наряду с типичной, предусмотреть возможность многовариантной технологической организации территории* конкретных участков, в том числе с учетом наличия технических средств, перспектив их обновления, смены на другие более совершенные типы.

При отсутствии природных, экологических, технологических и других ограничений новая технологическая сеть закладывается на основе приведенных общих принципиальных положений на стадии образования насаждений, смены поколений леса, в молодняках – с расстоянием между базовыми технологическими коридорами 16 или 14 м, в зависимости от производительности древостоев, с замыканием их магистральным – с одной стороны (на небольших участках), замыкающим к технологическому пункту, на больших по площади участках – с двух сторон через 250 м (четверть протяженности квартала с общей длиной границ 1 км). В конкретных условиях при иной квартальной сети магистральные технологические коридоры (волоки) закладываются с расстоянием между ними 200-300 м в рамках единой технологической организации всего квартала в сочетании с ТОО соседних кварталов любого по площади комплексного участка, в т.ч. полученного в пользование и для ведения лесного хозяйства.

На участках с заложенными в прошлом технологическими коридорами с расстоянием между ними, не превышающем 20 м, технологическую сеть целесообразно сохранять. При расстоянии между коридорами, превышающем этот показатель (обычно 25, 30, 35 или 40 м), существующие технологические коридоры (преимущественно на стадии ухода за молодняками, прореживаний) дополняются новыми, прокладываемыми посередине имеющихся технологических полос (по границам заложенных в прошлом пасек). Начиная со стадии проходных рубок, такая технологическая сеть временно сохраняется с осуществлением всех

рубков ухода по среднепасечной технологии до смены поколений леса. При необходимости закладки дополнительных или основных технологических коридоров в средневозрастных насаждениях и старших возрастов они прокладываются извилистой формы с максимально возможным сохранением выращиваемых лучших деревьев, при соблюдении требований Правил охраны труда.

В целом технологические полосы любой ширины, образованные имеющимися технологическими коридорами, просеками, дорогами, при необходимости делятся на полосы, близкие по величине типичным (базовым), и на них с учетом количества деревьев, возраста, других факторов прокладывают дополнительные коридоры или применяют комбинированные технологии или технологии с 1-2 технологическими ходами харвестера в центральной части широких полос.

При сложной форме площади участков, ограниченных оврагами, опушками, болотами, каналами мелиорации и другими природными и хозяйственными объектами независимо от формы выделов, технологическое обустройство их осуществляется с созданием комплексной технологической сети, состоящей из отдельных элементов с разным направлением пасечных технологических коридоров, примыкающих под разным углом к магистральным, объединяющим их в единую сеть ТхлКр с технологическими пунктами, расположенными у дорог. При этом на территории с холмистым рельефом, на склонах оврагов, балок, заросших древесной растительностью, при крутизне свыше  $5-6^\circ$  в равнинных и в горных условиях с учетом конкретной специфики участков используется технологическая сеть, включающая пасечные коридоры, которые проложены по горизонталям склонов и замыкаются магистральными серпантинной формы, проходящими по наиболее эрозионно безопасным элементам участка. В конкретных условиях можно также использовать вариант закладки коротких пасечных коридоров (50-60 м) вдоль склонов, замыкаемых магистральными, заложенными по горизонталям и примыкающими к погрузочным (технологическим) пунктам.

На участках, граничащих с безлесными пространствами, в том числе сельскохозяйственными угодьями, что характерно для объектов первых двух типов ФЦКЛВО, включающих части неиспользуемых по целевому назначению полей с низкоплодородными почвами, заросшими лесной растительностью или используемыми для лесоразведения – создания лесных культур, в том числе насаждений специального углерододепонирующего назначения, технологическую сеть закладывают с расчетом оставления по границе участка устойчивой плотной полосы насаждения шириной 25-30 м, на которой, в отличие от основной части участка высокоинтенсивного лесовыращивания, будут осуществляться рубки ухода умеренной и слабой интенсивности (к тому же с формированием устойчивой опушки). Соответственно, технологические коридоры в этой полосе не прокладывают, за исключением отдельных извилистых коридоров с плавным выводом их по дуге для вытрелевки древесины к технологическому (погрузочному) пункту или её прямой вывозки. В зависимости от специфики площади участков, рельефа, происхождения насаждений (естественного, искусственного, комбинированного), направления рядов лесных культур, других условий магистральный технологический коридор можно закладывать по внутренней границе выделенной защитной полосы или удаленным от нее на длину пасечных технологических



коридоров, примыкающих к магистральному. В таком (последнем) варианте пасечные коридоры заканчиваются на расстоянии 25-30 м от границы участка с безлесным пространством.

Для выделенных в рамках планируемого изучения целевой эффективности применения конкретных типов систем лесоводственных мероприятий, устанавливаемых по типам соответствующих объектов – ЛВО ИДКК – выбор видов и вариантов технологий и технологической организации территории участка осуществляется исходя из общих приведенных методических положений с учетом их специфики, а также наличия технических средств и перспектив их обновления при последующем лесовыращивании. При этом в зависимости от поставленных целей проведения эксперимента по ДКК сравнения вариантов лесовыращивания, в т.ч. получения эффекта депонирования и консервации углерода, будет осуществляться определенный выбор вариантов технологий (из экологически, экономически и технически доступных).

В варианте определения сравнительной эффективности систем лесоводственных мероприятий для выделенных типов ЛВО ИДКК по породному составу, происхождению лесообразующих растений (естественное, искусственное), времени возобновления отдельных составляющих – пород в создаваемых листовенно-хвойных насаждениях при необходимом оптимальном количестве уходов, их повторяемости и других мероприятий в СЛВ – выбираются технологии, практически одинаковые по технологической организации территории участка, составу видов и последовательности выполнения технологических операций, осуществляемых на каждом элементе (месте) лесосеки, в т.ч. срезания – валки или пакетирования, обрезки сучьев и ветвей, раскряжевки стволов – хлыстов на сортименты, соответственно, видов трелюемых – транспортируемых технологических предметов или в обобщенном выражении – простых и комплексных составляющих технологий (технологических процессов).

С учетом существующего технологического обеспечения узловых технологий (лесосечных работ) и перспектив его развития для ИДКК целесообразно использовать по всем типам СЛВ-ЛВО (систем лесоводства и лесоводственных объектов), в первую очередь, узкопасечные технологии с подвозкой сортиментов в разных видах – на базе комплексов многооперационной техники харвестер-форвардер, а также мотопилы-форвардер с соответствующим составом и последовательностью выполнения технологических операций: срезание – валка (пакетирование), обрезка сучьев и ветвей, раскряжевка стволов – хлыстов на сортименты, сбор и подвозка сортиментов к технологическим пунктам, текущая погрузка и вывозка сортиментов при минимально достаточных одинаковых размерах технологических пунктов (фактически непродуцирующей части участка при многократном ее использовании в технологических целях).

Возможна технологическая реализация выделенных видов и вариантов СЛВ по типам ЛВО ИДКК при той же узкопасечной организации территории участка на базе традиционной техники мотопилы – трелевочные тракторы с использованием технологий разработки лесосек с трелевкой сортиментов, от которой можно непосредственно перейти к определенным в качестве основных – технологиям с подвозкой сортиментов при появлении соответствующей техники. Не

исключена возможность осуществления эксперимента и с использованием в качестве основной среднепасечной технологии с подтрелевкой и трелевкой (подвозкой) сортиментов на базе как комплексов традиционной техники (мотопилы – трелевочники) и близких к ним (мотопилы-форвардеры) так и с использованием многооперационных машин, в т.ч. в сочетании с мотопилами и лебедками для осуществления рубки в центральных частях технологических полос при комбинированной технологии разработки лесосек. Такие технологии могут применяться при экологических и иных ограничениях для создания густой сети технологических коридоров.

При применении основных, а также и других (перечисленных) видов технологий, различия их по типам и вариантам СЛВ и ЛВО ИДКК отражаются преимущественно на первых этапах лесовыращивания при реализации дополняющих мер содействия лесовозобновлению, созданию полных и неполных лесных культур, а также кратности повторения цепочек технологических операций соответственно количеству видов уходов в молодняках. В частности, при выборе для ИДКК участков, одинаковых по лесорастительным условиям – групп коренных типов леса Ельники сложные (С<sub>2</sub>) и потенциалу производительности (классу бонитета), продуктивности хвойных и лиственных древостоев, определяющих, соответственно, и потенциал депонирования и консервации углерода, выращивание углерододепонирующих лиственных может быть обеспечено без ухода или при минимальном уходе, в том числе схематическом разреживании, которым реализуется практически однократное применение упрощенных технологий на базе машин фронтального или манипуляторного типа. Лиственно-хвойные насаждения также нередко формируются естественно при последующем заселении (возобновлении) ели под пологом березы при невысокой его сомкнутости. Следовательно, и системы лесоводственных мероприятий реализуются без многократного повторения блоков технологических операций, включающих прокладку технологических коридоров машинами с рабочими органами фронтального или манипуляторного типа с выборочным удалением части мелких лиственных, подлесочных пород, оказывающих сильное отрицательное влияние на рост хвойных под пологом.

При реализации вариантов ИДКК с использованием всей древесины (биомассы) вырубаемых деревьев (в рамках установленного максимально возможного ее изъятия из насаждения), начиная с первых лесоводственных уходов (в сравнении с традиционными рубками ухода с оставлением массы малоценных деревьев на месте на перегнивание) технологии ухода на базе многооперационной техники включают выполнение технологических операций по переработке их в щепу на месте с транспортировкой в контейнерах или с подвозкой вырубаемых деревьев, частей деревьев на технологический пункт с последующей переработкой их в щепу, другие продукты и их вывозкой.

В целом при доступности многооперационной техники типа харвестер-форвардер в качестве узловой (базовой) в общем комплексе технологии лесовыращивания целесообразно использовать узкопасечную технологию рубок ухода – разработки лесосек с созданием (закладкой) постоянной сети технологических коридоров с расстоянием между основными пасечными коридорами 16

или 14 м с учетом потенциальной производительности древостоев, выборочным удалением нежелательных деревьев в технологических полосах рабочими органами манипуляторного типа, обрезкой сучьев и ветвей, разделкой стволов – хлыстов на сортименты, сбором и подвозкой их на технологические пункты. Сучья, ветви, мелкие деревья (в допустимых объемах изъятия биомассы из экосистемы) перерабатываются в щепу на месте или по мере сбора и подвозки на погрузочных пунктах с последующей вывозкой продукции в места потребления.

По типам СЛВ соответствующих ЛВО ИДКК они дополняются необходимыми технологиями ухода за молодняками, содействия естественному лесовозобновлению и создания лесных культур. При этом могут использоваться как известные технологии, так и новые разработки с учетом их специфики воздействия на объекты, с соответствующей оценкой влияния на результаты лесовыращивания, в т.ч. депонирование и консервацию углерода.

## **6. Отвод участков для проведения экспериментальных работ и закладка пробных площадей**

Отвод участков для проведения экспериментальных работ и изучения влияния различных системных лесоводственных мероприятий, в т.ч. вариантов «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений» на сохранение и увеличение депонирования углерода в сравнении с традиционными вариантами выращивания практически чистых насаждений тех же пород с применением СЛВ, направленных на достижение аналогичных целей, осуществляется с использованием действующих нормативных правовых документов, дополненных и уточненных специальными положениями настоящей Методики в рамках ИДКК. При этом основными положениями Методики регламентируется (при фиксированном породном составе насаждений по типам ЛВО – вариантам эксперимента) осуществление отвода участков для проведения лесоводственных рубок ухода и смены поколений леса, других дополняющих мероприятий. В них отражается в основном специфика подготовки участков к проведению таких мероприятий.

Это относится, в первую очередь, к вариантам длительных исследований и проведения эксперимента ДКК, осуществляемых в рамках специальных «карбоновых проектов», включающих изучение влияния на ДКК лесоводственных рубок в сочетании (в системе) со специальными мерами лесовозобновления, в т.ч. закладки и создания полных, неполных и частичных лесных культур и с учетом сроков их введения под полог насаждения.

При всех вариантах ИДКК минимальный участок (с одной ППП) для проведения постоянных многолетних исследований и экспериментальных работ, отводимый на любой стадии цикла лесовыращивания, должен включать площадь, достаточную для осуществления необходимых мероприятий при любом возрасте насаждения (по всему циклу ЛВП) – до спелых, перестойных, дополненную защитной полосой шириной не менее 8-10 м по границе с таким же участком, 15-20 м – по границам с другими насаждениями, существенно отличающимися по

составу и др. характеристикам от экспериментального и 30-35 м – по границам с безлесным пространством. Соответственно, для реализации эксперимента с закладкой одной рабочей пробной площади, на которой будут полностью представлены проводимые мероприятия – площадью около 0,5 га с учетом защитных полос, общая площадь участка должна быть в рамках одного выдела не меньше 0,75 га, а при необходимости установления защитных полос шириной 15-20 м по границам других выделов, резко отличающихся своими характеристиками 1,5-2,0 га. С учетом контрольной пробной площади (на которой мероприятия не проводятся) – пл. 0,25 га, отделенной от рабочей ПП также защитной полосой – общая площадь участка увеличивается до 2,5-3,0 га (раздел 9). При планировании и осуществлении эксперимента с разными вариантами мероприятий, в частности проведения рубок ухода разной интенсивности, могут отводиться комплексные участки ИДКК в виде полос с соответствующим расположением на них пробных площадей (см. рис. 4).

Комплексный или отдельный участок каждого варианта ухода, при раздельном их выделении, ограничиваются визирами по всем сторонам с учетом того, что не допускается примыкание любого из участков без защитной полосы к полянам, вырубкам и даже насаждениям с иным породным составом, а также существенно отличающихся высотой, сомкнутостью полога и др. параметрами. К тому же, в целях натурной точности размещения не только участков по вариантам эксперимента, но их отдельных частей (секций), в том числе для последующих учетов, а также возможной демонстрации результатов эксперимента, целесообразно предварительно при отводе выполнить отграничение визирами всех структурных элементов участков.

В типичных вариантах рубок ухода, регламентируемых Правилами ухода за лесами, с закладкой постоянной технологической сети участков для применения перспективных механизированных и механизированных технологий, мероприятий ухода за лесом, которые, вероятно, будут использоваться при продолжении и развитии эксперимента в последующем, при отводе устанавливаются не только границы участков, но обозначаются границы пасек, защитных полос, в том числе между экспериментальными участками разной интенсивности рубок ухода; намечаются центры пасечных технологических коридоров (волоков), прокладываемых посередине пасек и траектории плавного вывода их на магистральный волок или лесовозную дорогу (в т.ч., возможно, временно создаваемую для проведения эксперимента и при планировании последующего ее использования для проведения других рубок ухода и иных мероприятий).

При отводе участков без закладки сети технологических коридоров, в т.ч. контрольных вариантов (секций), и при необходимости решения первостепенных задач установления возможности влияния разреживанием на процессы прироста и депонирования углерода в варианте применения фактически широкопасечной технологии с использованием в качестве технологических коридоров существующих дорог, просек, в натуре визирами устанавливаются только границы выделенных участков. Планируемые для использования просеки, дороги проверяются на соответствие требованиям Правил охраны труда, предъявляемым к техноло-

гическим коридорам и лесовозным дорогам (усам) при заготовке и вывозке древесины. В частности, при недостаточной ширине дороги (просеки) в рубку назначаются отдельные деревья в местах уменьшения ее ширины, не соответствующей установленным требованиям.

В указанном типичном варианте рубок ухода, согласно Правилам ухода за лесами, вдоль намеченных линий технологических коридоров с двух сторон от них в полосах – на половине ширины коридора намечаются все деревья в рубку. *При возможности сохранить лучшие деревья в пограничной части прокладки коридора на противоположной стороне назначаются менее ценные деревья в рубку.* При этом не допускается сужение волока ниже установленной ширины, а также *исключаются резкие колебания направления намеченного коридора* в разные стороны на расстоянии (его протяжении), меньшем длины воза – трелюемой или вывозимой древесины с машиной (возможно только небольшое плавное отклонение оси направления без нарушения требований Правил охраны труда). Также по намеченному направлению осуществляется назначение деревьев в рубку в полосе плавного примыкания пасечных технологических коридоров к магистральному или к лесовозной дороге, в т.ч. при прямой вывозке.

Отбор деревьев в рубку и на оставление в технологических полосах пазек при применении любой технологии осуществляется с использованием лесоводственно биологических признаков, основные из которых указаны в Правилах ухода за лесами. Предварительно до получения детальных выводов по результатам проведения исследований это может быть обосновано тем, что подлежащие оставлению на выращивание лучшие деревья характеризуются, как правило, и признаками сравнительно интенсивного роста, которым обусловлено их положение в верхней части полога в одновозрастных насаждениях – чистых хвойных и лиственных, в т.ч. с небольшой примесью других пород.

В качестве некоторой специфики отбора деревьев в насаждениях *первого и второго типов ФЦКЛВО*, включенных в комплексные экспериментальные участки (хвойных, лиственных) при естественном их возобновлении или распространении в связи с относительной неравномерностью заселения их во времени (в т.ч. зарастании полей лесной растительностью), может возникать необходимость включения в состав нежелательных – отдельных наиболее крупных ширококронных деревьев целевых пород, вырубка которых еще возможна при наличии в нижней части полога сохраняющих жизнеспособность лучших деревьев, способных восстановить интенсивный рост после освобождения их от отрицательного влияния этих деревьев, в ближайшие 3-5 лет. Однако при этом необходимо учитывать, что вырубка даже небольшого количества таких крупных деревьев в рамках ограниченной интенсивности рубки может исключить возможность ухода за другими лучшими деревьями путем удаления неперспективных, растущих на небольшом расстоянии от лучших и оказывающих на них отрицательное влияние.

На участках *третьего – пятого типов ФЦКЛВО* при выращивании сложных лиственно-хвойных насаждений используется комплексный подход (метод) при отборе деревьев на выращивание и в рубку – решается задача создания и поддержания за счет разреживания оптимальных или близких к оптимальным

фитоценотических условий интенсивного роста лучшим деревьям первого яруса лиственных пород и приемлемо удовлетворительных – деревьям хвойных под пологом. Это достигается путем оставления на выращивание в лиственном ярусе лучших деревьев в основном по тем же лесоводственно-таксационным показателям, что и в одноярусных древостоях, но при других равных или близких характеристиках деревьев, относящихся потенциально к лучшим (оставляемым) для обеспечения оптимальной сомкнутости полога, в рубку (разреживания) должны назначаться деревья преимущественно с низкопротяженными по стволам кронами, наиболее сильно затеняющие, растущие под ними хвойные деревья. Кроме того, в рубку, как правило, назначаются (оставляемые обычно при уходе в одноярусных насаждениях) в необходимом или неограниченном количестве экземпляры подлесочные породы, а также мелкие деревья лиственных (нижней части полога), оказывающие отрицательное влияние на хвойные своими кронами, снижающими освещенность для хвойных под пологом, в то же время обеспечивающие небольшой прирост биомассы и, следовательно, депонирование углерода. Среди хвойных под пологом назначаются в рубку неперспективные для выращивания имеющиеся старые, обычно ширококронные, экземпляры с незначительным приростом в высоту дерева подроста и второго яруса, в целях улучшения условий роста лучшим целевым деревьям, а также и в порядке ухода за лесовозобновлением (при недостаточном количестве хвойных), в том числе с планируемыми мерами содействия ЛВз (с удалением подлеска, минерализации поверхности почвы и др.).

Одновременно в процессе отвода участков для проведения мероприятий в вариантах, предусмотренных экспериментом, целесообразно осуществлять закладку пробных площадей для изучения влияния этих мероприятий на состояние и динамику лесных экосистем, в т.ч. прирост древостоев, лучших деревьев, депонирование и консервацию углерода, в целом выполнение ими комплекса экологических функций. На этих пробных площадях планируется и обеспечивается возможность проведения обучения – тренировок исполнителей эффективному освоению новых их вариантов, в т.ч. специфических элементов, направленных на получение т.н. дополнительного светового прироста, повышение уровня депонирования и консервации углерода за счет детального отбора деревьев на выращивание и в рубку с использованием совершенствуемой лесоводственно-биологической (биоэкофитоценотической) классификации деревьев с выделением признаков подкатегорий лучших, вспомогательных и нежелательных деревьев, установлением благоприятных – неблагоприятных условий роста лучших деревьев в насаждении с применением Методики закладки и использования учетно-тренировочных пробных площадей при освоении лесоводственных мероприятий ухода за лесом [15].

Определение таксационных показателей лесных насаждений, в т.ч. по ярусам, а также учет напочвенного покрова, валежа, пней, подлеска, подроста осуществляется на пробных площадях с использованием методик, принятых в таксации и лесоустройстве, в т.ч. при оценке депонирования углерода [16, 17], дополненных и конкретизированных положениями настоящей Методики с учетом

особенностей, связанных с технологической организацией экспериментальных участков и их формой.

Системные положения закладки пробных площадей и проведения на них учетно-тренировочных работ выделяются в общей системе методических положений, регламентирующих их осуществление (см. раздел 9).

## **7. Подготовка технических документов осуществления экспериментальных мероприятий**

Важным звеном в комплексе мер по реализации проектов ИДКК, в т.ч. на «карбоновых полигонах», и достижения целей является качественная подготовка технических документов (или комплексного документа), по которым осуществляются мероприятия на практике в рамках действующих нормативных правовых документов – правил (ухода за лесами, лесовосстановления, лесоразведения, охраны и защиты леса, охраны труда, заготовки древесины и других) с возможным использованием существующих методических разработок. Поскольку формальное их использование при проведении эксперимента не регламентировано и практически не определено, целесообразно в рамках Правил максимально возможно использовать положения настоящей Методики и учитывать специфику проведения ИДКК, отраженных в лесохозяйственных регламентах, а в перспективе предусматривать и совершенствование действующих регламентов составления таких документов.

На основе материалов отвода участков для проведения лесоводственных мероприятий, в частности изучаемых видов и вариантов ухода за лесами, уточняется и конкретизируется содержание предварительно составленных технических документов (ТхД), непосредственно регламентирующих осуществление мероприятий по принятым технологиям. Согласно действующим нормативным правовым документам (НПД) для проведения лесоводственных рубок, отраженных в НПД – Правилах ухода за лесами в виде «рубок, проводимых в целях ухода за лесными насаждениями» (обозначаемых в лесоводстве кратким термином «рубки ухода»), составляется «Проект ухода за лесом» (в терминологии Правил – «за лесами»), который должен содержать и «описание технологий выполнения работ...» (п. 12 действующих Правил ухода за лесами, 2020).

В то же время согласно пп. 93, 105 тех же Правил для проведения рубок ухода, начиная с прореживаний и лесоводственных рубок лесовозобновления, представленных, по существу, в «Правилах заготовки древесины...» [18] в виде «рубок спелых, перестойных насаждений для заготовки древесины», составляется «технологическая карта лесосечных работ» (в соответствии с Правилами заготовки древесины и Видами лесосечных работ [19], утвержденными уполномоченным федеральным органом исполнительной власти).

Не противореча норме действующих НПД (которая должна корректироваться), для осуществления мероприятий ухода за лесом, в т.ч. в рамках ИДКК,

должна составляться технологическая карта лесосечных работ с учетом лесоводственной специфики этих мероприятий и проектом ухода, представляющая, по существу, часть этого проекта, предусмотренная теми же правилами.

Следовательно, при проведении эксперимента (а в последующем и на практике при внесении необходимых изменений в НПД) для непосредственного упорядоченного четкого регламентирования, осуществления всех лесоводственных рубок (в том числе *«рубок лесовозобновления» – смены поколений леса в эксплуатационных лесах – независимо от используемой терминологии*) должен составляться единый технический документ в виде «Проекта лесоводственных рубок», как вариант «Проекта лесоводственных мероприятий», содержащего «технологическую карту», детально представляющую порядок выполнения на участке всех рабочих технологических операций (подобно принятой технологической карте лесосечных работ или разработки лесосек).

Исходя из этих принципиальных положений (с учетом требований НПД), на каждый экспериментальный участок, в т.ч. на «карбоновом полигоне» или «карбонового проекта» составляется проект лесоводственных мероприятий и, в частности, «Проект ухода за лесами», включающий разделы: А – Местоположение и основные характеристики участка; Б – Основные характеристики проектируемого мероприятия; В – технологическая карта осуществления мероприятия [15].

## **8. Организация и проведение экспериментальных мероприятий и оценка их качества**

### **8.1. Организация и проведение экспериментальных мероприятий**

На основе «Проекта лесоводственных мероприятий» в рамках реализации НИР ИДКК и, соответственно, «Проекта лесоводственных рубок», в том числе рубок ухода и рубок лесовозобновления или смены поколений леса, осуществляется организация и проведение экспериментальных мероприятий, включающая: последовательное выполнение исполнителем всех действий, предусмотренных положениями проекта, *дополняемыми методическим сопровождением и рекомендациями текущего контроля соответствия их проекту, обеспечиваемыми разработчиками* в процессе проведения всех работ, а также оценкой качества проведенного мероприятия по его завершении. Экспериментальные работы осуществляются в соответствии с настоящими методическими положениями в рамках требований, установленных Правилами охраны труда и с учетом других нормативных правовых документов, регламентирующих ведение лесного хозяйства и лесопользование.

До начала практического выполнения мероприятия (лесосечных работ) осуществляется инструктаж-обучение исполнителей по проведению всего комплекса работ на участке, в т.ч. с тренировкой отбора деревьев в рубку и на выращивание на пробной площади, заложенной в процессе отвода участка. При начале проведения эксперимента на стадии возобновления леса, в т.ч. мерами



содействия, закладки частичных, неполных, полных лесных культур, а также ухода за лесовозобновлением (до образования сомкнутых молодняков и ухода за молодняками), рабочие операции на пробных площадях выполняются исполнителями работ на всем участке под непосредственным методическим руководством разработчиков проекта или обученных ими специалистов ИТР.

На участках лесоводственных рубок с индивидуальным отбором деревьев на выращивание и в рубку (начиная с прореживаний), особенно при детальном распределении деревьев по категориям и подкатегориям (лучших, вспомогательных, нежелательных) и условиям произрастания (благоприятные, относительно благоприятные, относительно неблагоприятные и неблагоприятные), обучение-тренировка исполнителей правильному выполнению мероприятий на всем участке (за пределами пробных площадей) без предварительной отметки деревьев на выращивание и в рубку, а также специалистов ИТР, руководителей работ, осуществляется начиная с отвода и на пробных площадях (по образцу ПП). При этом на учетно-тренировочной пробной площади, используемой и в качестве ППП для изучения результативности рубок ухода (в т.ч. влияния их на увеличение прироста – «депонирования углерода») и, возможно, в качестве контрольной, все пронумерованные деревья дифференцированы по категориям и подкатегориям в ведомости учета. Исполнители, специалисты ИТР после теоретического обучения – инструктажа, самостоятельно распределяют пронумерованные деревья по категориям и подкатегориям (оставляемые и вырубаемые), результаты их работы сравниваются с фиксированными разработчиками (в ведомости учета) и при большой ошибке, особенно по назначению лучших деревьев в рубку (более 1%) или оставлению исключительно нежелательных (даже единично), отбор (тренировка) повторяется до получения установленной точности деления деревьев по единицам принятой лесоводственной биоэкофитоценотической классификации.

Закрепление качественного выполнения технических приёмов лесоводственной рубки осуществляется на рабочих секциях пробных площадей путем непосредственного методического сопровождения осуществления исполнителями технологических операций, порядка, последовательности вырубki деревьев, выбора направлений валки, подтрелевки, сбора сортиментов, способа трелевки или их подвозки и других рабочих процессов с соблюдением требований правил охраны труда.

На всей площади участка (за пределами пробных площадей) исполнители осуществляют проектируемое лесоводственное мероприятие с использованием полученных навыков (опыта) по подготовленному образцу (рабочей секции ПП) под периодическим текущим контролем разработчиков или ответственных и обученных специалистов ИТР. Для получения максимального эффекта «обучение – тренировка» целесообразно осуществлять непосредственно перед началом работ на всем участке.

В целях упрощения учета влияния лесоводственных рубок на изменение прироста (с охватом полного года) их следует проводить после завершения вегетационного периода в сухой осенний период или зимний – по промерзшей почве при неглубоком снежном покрове.

В порядке подготовки ранее отведенного участка к проведению основных работ (в соответствии с технологией лесосечных работ и требованиями Правил охраны труда, других действующих нормативных документов) восстанавливаются утраченные визиры прокладки технологических коридоров (волоков), а также граничные линии, осуществляется уборка опасных деревьев в 50-метровой полосе вдоль подъездных путей, технологических, погрузочных пунктов, бытовых и технических площадок или на всем экспериментальном участке при его небольшой величине.

*При использовании технологий лесоводственных рубок (лесосечных работ) на базе комплексов многооперационной техники (харвестер-форвардер) прокладку технологических коридоров целесообразно осуществлять, как правило, одновременно с вырубкой назначенных в рубку деревьев в двух полупасаках (при невысокой интенсивности рубки) с последовательным срезанием и валкой деревьев в промежутки между кронами растущих деревьев, с очисткой срезаемых деревьев от ветвей и сучьев, раскряжевкой стволов на сортименты и укладкой их вдоль волока на площадках без деревьев и подроста, в т.ч. образующихся при удалении нежелательных деревьев.*

При большой интенсивности рубки (количестве и объеме получаемой древесины) – недостатке мест для укладки сортиментов вдоль коридоров (и в целях исключения их расширения – повреждения оставляемых на выращивание деревьев), при первом проходе харвестера осуществляется прокладка коридора и рубка назначенных в рубку деревьев только в одной полупасаке (приволоковой ленте спеднепасечных, широкопасечных, комплексных технологий, а также технологий с одним или двумя технологическими ходами харвестера в широкой технологической полосе древостоя (лесосеки). При необходимости высокой интенсивности рубки рубка всех назначенных в рубку деревьев, осуществляется за два-три прохода харвестера, в т.ч. с прокладкой в первый проход только коридора и удаления части нежелательных деревьев в приволоковой полосе для укладки сортиментов. В таких вариантах разработки лесосек *потребуется минимальное количество мест (миниплощадок – «технологических точек») вдоль коридора для укладки сортиментов, так как они будут использоваться два-три раза* в процессе одной рубки.

Следовательно, после первого или второго прохода харвестера «уложенные» на площадках сортименты собираются и вывозятся форвардерами. При очередном проходе харвестера освободившиеся площадки используются повторно для укладки сортиментов оставшейся части вырубаемых деревьев, в том числе и во второй полупасаке или ленте более широких пасек и при разработке лесосек комплексом многооперационной и традиционной техники – в частности, вырубки в центральных лентах технологических полос мотопилами с валкой деревьев вершинами на волок (в имевшиеся и образовавшиеся в связи с разреживанием древостоя промежутки между деревьями в приволоковой ленте), обработкой их харвестером, передвигающимся по волоку, за вершины (очисткой от ветвей, раскряжевкой стволов на сортименты с укладкой на предварительно освобожденные площадки между растущими деревьями).

*При проведении рубки с использованием среднепасечных и широкопасечных технологий разработки лесосек на базе «мотопил – форвардеров» и «мотопил – трелевочников» прокладка пасечных коридоров осуществляется с последовательной валкой деревьев на прорубаемый волок, обрезкой сучьев и ветвей, раскряжевкой стволов – хлыстов на сортименты и вытрелевкой их (подвозкой) с укладкой порубочных остатков на волок. После прокладки волока и освобождения его от заготавливаемых при этом сортиментов вырубка нежелательных деревьев в технологических полосах, состоящих из двух полупасек (соседних пасек), ведется последовательно (с валкой под определенным углом к волоку) – вначале на лентах полос, примыкающих к коридорам (шириной 7-8 м), затем (после уборки древесины вырубаемых деревьев) в последующих лентах такой же ширины и с завершением в граничных частях пасек.*

При разработке приволоковых лент технологических полос валка вырубаемых деревьев ведется на волок под острым углом к нему в направлении трелевки. Валка деревьев с сильным наклоном и эксцентричными кронами, которые нельзя свалить в заданном направлении, осуществляется в ином доступном направлении, но под острым углом к волоку (не параллельно ему), чтобы затем сортименты, особенно длинномерные (если такие потребуются заготавливать), можно было подтрелевать к волоку без сильных разворотов и повреждений, оставляемых на выращивание деревьев.

Вырубаемые в приволоковой ленте древостоя нежелательные деревья поочередно (без навалов друг на друга) очищаются от ветвей и сучьев, хлысты раскряжевываются на сортименты, которые подтрелевываются к волоку. Сучья, ветви, мелкие деревья (если они не используются для заготовки биомассы) рубятся на короткие отрезки (до 1 м) и приземляются на месте или окучиваются (собираются) на небольших площадках, исключая сплошное покрытие больших по протяженности полос участка в целях пожарной безопасности (низового распространения огня). При необходимости порубочные остатки (сучья, ветки) могут собираться и вывозиться на переработку или для иного использования.

По завершении подтрелевки к волокам сортиментов, заготавливаемых в приволоковых лентах, а также поочередно в последующих, желательны вытрелевка или их (текущая) вывозка с экспериментального участка. При этом валка вырубаемых нежелательных деревьев осуществляется из каждой последующей ленты технологической полосы к волоку в промежутки между кронами деревьев, в т.ч. образовавшиеся при рубке в предыдущих, приволоковых лентах. Соответственно операции обрезки сучьев и ветвей, раскряжевки хлыстов и подтрелевки сортиментов к волоку повторяются. Накапливающиеся у волока сортименты трелеуются или вывозятся в текущем режиме, освобождая мини-площадки между деревьями для их очередного сбора.

На заключительном этапе лесосечных работ при выполнении установленных требований по очистке лесосек, и необходимости сравнения, проверки и учета влияния на депонирование углерода разных вариантов очистки, кроме основных – укладки на волок и приземления в технологических полосах, может использоваться способ очистки – укладки в кучи разных размеров по высоте и другим параметрам.

Учитывая важность для получения объективных данных проводимого эксперимента (достижения его чистоты), в процессе осуществления рубки ухода на экспериментальных участках ведется постоянный контроль специалистами за качественным выполнением всех технологических операций по разработке лесосек (проведению лесосечных работ – в терминологии Правил ухода за лесами и Правил заготовки древесины), соответствием практического их осуществления проектируемому согласно настоящим методическим положениям.

## **8.2. Оценка качества мероприятий лесоводственных рубок, проводимых на экспериментальных участках**

Оценка качества лесоводственных мероприятий, в частности лесоводственных рубок, включает организационно-учетные меры определения соответствия результатов выполняемых на участке работ установленным положениями настоящей Методики, дополненных и конкретизированных для отдельных блоков системных лесоводственных мероприятий (лесовосстановления, охраны, защиты леса и других) с учетом рамочных требований, представленных в соответствующих нормативных документах и методических разработках, утвержденных в установленном порядке и отраженных в Проекте ухода за лесом и входящей в него Технологической карте разработки лесосек (проведения лесосечных работ).

Соответственно, оценка качества лесоводственных рубок ухода и смены поколений леса осуществляется в рамках требований, установленных Правилами ухода за лесами, Правилами охраны труда, Правилами заготовки древесины, а также Правилами лесовосстановления, Правилами лесоразделения и других документах. При этом положениями настоящей Методики предусматривается осуществление оценки лесоводственных рубок по этапам завершения работ, предусмотренных Проектом ухода за лесом (при предварительной оценке самого Проекта), в т.ч. отвода участков для проведения мероприятий, проведения лесоводственных мероприятий и других.

По завершении отвода участков определяются следующие *основные показатели оценки его качества*: соответствие характеристики намечаемого к оставлению после лесоводственной рубки насаждения проектным целевым (по составу, полноте, количеству деревьев и другим, в т.ч., возможно, специфическим, установленным для данного участка требованиям); наличие четко обозначенных граничных линий (визиров) и угловых точек, а также намеченных (прорубаемых) визиров технологических коридоров (если проектом предусмотрена их прорубка); правильность назначения деревьев в рубку для прокладки технологических коридоров; правильность отбора и выделения нежелательных, подлежащих рубке и на оставление деревьев в технологических полосах на экспериментальных участках или секциях.

При этом, в отличие от производственных участков рубок ухода на объектах проводимого эксперимента, выявленные при проверке качества отвода насаждения недостатки максимально возможно устраняются независимо от их количества. Неправильно проложенные граничные визиры заменяются новыми, излишне или неправильно назначенные в рубку деревья переводят в категорию

оставляемых, и наоборот, оставляемые – подлежащие рубке, относятся к вырубаемым с установлением (нанесением), заменой соответствующих отметок (краской, яркими лентами – *отметки деревьев затесками не используются*).

При оценке качества проведенных конкретных видов рубок ухода и рубок смены поколений фактически осуществляется установление соответствия характеристики экспериментальных участков после проведения мероприятия параметрам показателей проектируемых и определенных (намеченных) при отводе, в том числе с учетом внесенных исправлений в результате проверки Проекта с учетом объективных данных, полученных при отводе. В процессе проверки определяется количество деревьев, подлежащих рубке, но оставленных и вырубленных из числа не назначенных в рубку, что, в целом, маловероятно при хорошем текущем контроле непосредственно во время проведения лесоводственной рубки. Важными показателями оценки качества проведенного мероприятия, особенно ухода за лесом, являются данные учета поврежденных при рубке деревьев, в том числе до состояния прекращения роста (фактически уничтоженных). К поврежденным, согласно критериям, установленным Правилами ухода за лесами, относятся: деревья с обломом вершины; сломом ствола; с наклоном на 10 градусов и более; повреждением кроны на одну треть и более ее поверхности; обдиром коры на стволе, составляющим 10% и более окружности ствола; с обдиром и обрывом скелетных корней.

В целях чистоты эксперимента допустимые показатели поврежденности деревьев не должны превышать 1% или максимум (учитывая вероятностный характер процессов и наличия или отсутствия хорошего опыта у исполнителей рубки ухода) предельное количество поврежденных деревьев может составлять не более 2% от общего количества деревьев, оставленных на выращивание (показателя установленного Правилами ухода за лесами для защитных лесов). В процессе проверки устанавливается также соответствие фактической очистки мест рубок установленным требованиям проекта рубок ухода, технологической карты.

Все выявленные нарушения и недостатки проведения рубки ухода подразделяются на исправимые и не исправимые (как повреждения, уничтожение деревьев). К исправимым относятся: оставление деревьев, назначенных в рубку, в том числе при прокладке технологических коридоров; неудовлетворительная очистка мест рубок (не соответствующая установленным требованиям проекта). При этом обязательно подлежат исправлению и недостатки по очистке мест рубок или уборке порубочных остатков с учетом их использования для производства продуктов биоэнергетики. Оставленные отдельные деревья, назначенные в рубку, подлежащие рубке по установленным критериям в технологических полосах, также вырубятся в том случае, если общая интенсивность рубки ниже установленной. В случае, если интенсивность рубки соответствует уже установленной или даже ниже предельного нормативного уровня в связи со случайным сильным повреждением, уничтожением части деревьев, подлежащих оставлению, принимается решение об оставлении отдельных подлежащих рубке дере-

вьев (жизнеспособных носителей прироста), хотя и уступающих по своим качественным характеристикам утраченным лучшим или тем более вспомогательным.

Важнейшим показателем оценки качества лесоводственных рубок, особенно рубок обновления, переформирования, реконструкции насаждений, а также санитарных выборочных рубок ухода и санитарно-восстановительных (определяемых как сплошные в нормативных правовых документах) и рубок лесовозобновления (в действующем законодательстве отражаемых как «рубки спелых, перестойных лесных насаждений для заготовки древесины»), является «оценка сохранности подроста», не относящегося при таксации к древостою, но являющегося важнейшим элементом насаждения, особенно на стадии подготовки к его смене и смены, причем не только в защитных лесах, но и лесах, относящихся в настоящее время к эксплуатационным, что, вероятно, в современный период возрастающей глобальной экологической роли этих лесов, в т.ч. климаторегулирующей, и тем более в перспективе должно быть существенно откорректировано. По существу все эти рубки являются выборочными рубками ухода за молодым поколением, в т.ч. т.н. «сплошные рубки с сохранением подроста».

Соответственно, при проектировании мероприятия и оценке качества его выполнения необходимо использовать более высокие коэффициенты сохранения подроста в условиях эксперимента – не менее 90% по количеству растений и встречаемости их от исходной. В сочетании с ними проектируется и проверяется качество проведенного мероприятия не только по равномерности распределения молодого поколения (на участках с удаленным рубкой или утраченным по другим причинам древостоем), но и полноте целевого относительно равномерного заполнения территории (площади) участка, в т.ч. с осуществляемыми мерами содействия лесовозобновлению, создания частичных, неполных и полных лесных культур.

В условиях массового проведения мероприятий смены поколений леса лесоводственными рубками (независимо от используемых названий) *осуществление не только двух-, но и одноприемных выборочных рубок ухода за возобновлением (молодым поколением под пологом, подростом) является приоритетным (в сравнении со сплошными рубками с последующим созданием лесных культур), даже если такие (выборочные) рубки не были запроектированы при лесоустройстве.* Освобожденное из-под полога молодое жизнеспособное поколение, в т.ч. с дополнением его до полного (в варианте комбинированного естественно-искусственного лесовозобновления), обеспечивает возможность сокращения (в сравнении с заложенными после рубки лесными культурами) периода образования сомкнутого ценного молодняка, восстановления или поддержания непрерывного эффективного депонирования, консервации углерода.

## **9. Проведение учетно-измерительных работ, сбор данных изучения и оценки результатов эксперимента**

Изучение влияния лесоводственных рубок и других мероприятий содержания лесов и лесопользования на процессы роста древостоев, депонирования и консервации углерода осуществляется путем проведения учетно-измерительных работ (натурных исследований), преимущественно на пробных площадях, закладываемых до проведения лесоводственных мероприятий, в т.ч. (в основном) при отводе участков для осуществления эксперимента по всем выделяемым (сравниваемым) типам участков – объектам лесоводства, планируемыми и осуществляемым на них системным видам и вариантам лесоводственных рубок (по интенсивности рубки, технологии ее реализации) и других мероприятий, которые могут быть представлены как на отдельных ППП, так и их секциях. Параллельно учетно-измерительные работы выполняются и на (в т.ч. закладываемых при отводе) контрольных пробных площадях, где мероприятия не проводятся (если это предусмотрено Программой НИР).

Для получения сравнимых данных учет динамики состояния насаждений и их характеристик целесообразно осуществлять с использованием одинаковых или сходных методических принципах, включающих способ и периодичность измерения параметров деревьев, в том числе подростов, а также одновременность по сезонам года – в конце лета или осенью по завершении вегетационного периода.

На экспериментальных участках с рубками ухода по вариантам разной интенсивности полный периодический учет – определение параметров (характеристик) деревьев осуществляется на пробных площадях, которые должны включать часть участка, на которой после рубок ухода не только в начале эксперимента в молодняках или текущих прореживаниях, но и всех последующих мероприятий ухода за лесом (в расчете на длительный эксперимент), всегда будет сохраняться достаточное количество деревьев для получения при их учете статистически достоверных данных, характеризующих участок леса. Расчет величины таких пробных площадей осуществляется после проведения таксации исходных насаждений, при этом величина всех пробных площадей устанавливается одинаковой по минимальной площади, полученной при расчете в варианте наиболее интенсивных рубок ухода. В целях реализации единого методического подхода к проведению исследований и экспериментов в рамках настоящей Методики ИДКК целесообразно использовать «Общую форму учетной карточки экспериментальных участков – объектов лесоводства (ЭЛВО) и пробных площадей лесоводственных исследований, экспериментальных и опытных работ» (прилож. 1). В неё при необходимости можно вносить изменения и дополнения в зависимости от специфики конкретных объектов и условий исследований, техники и технологии экспериментальных работ.

Все пробные площади, закладываемые при обследовании (подборе)

участков для проведения эксперимента, а также в процессе их отвода, представляются на общей схеме участка. Пробные площади (ПП) закладываются обычно прямоугольной формы<sup>3</sup> в типичных местах участка на расстоянии от границы участка в лесу не менее чем 15-20 м, а от опушки с безлесным пространством, вырубки – 25-30 м. В вариантах проведения эксперимента с применением узко-пасечной или среднепасечной и других технологий (в типичных вариантах проведения рубок ухода) для адекватного отражения специфики участков, влияния лесоводственных рубок ухода на изменение состояния древостоя, условий роста составляющих его деревьев, подроста, других компонентов насаждений, закладываемые постоянные пробные площади (ППП) должны включать пропорционально все структурные элементы технологически организованного объекта (если они не охватывают его полностью). Соответственно, в конкретном эксперименте ППП представляют отрезки полных пасек с общим количеством деревьев, достаточным для получения принятой в таксации точности учета не только в текущий период проведения экспериментальных рубок ухода, но и на весь период наблюдений при проведении всех последующих видов и вариантов рубок ухода и других лесохозяйственных мероприятий. В условиях комплексного размещения экспериментальных участков одного типа насаждений по породному составу ППП могут быть заложены также компактно, как на схеме, представленной на рис. 4.

Учитывая форму участков и пробных площадей, существенное влияние прорубаемых технологических коридоров на освещенность разных частей насаждений в технологических полосах между коридорами, а также и для рациональной организации проведения всех учетных работ, нумерацию, отметки деревьев для установления направления измерений их диаметров целесообразно наносить от волока (коридора) к границам пасек. Возможно принятие и обратного направления нумерации – отметки деревьев – от фиксированной границы пасеки к волоку, но оно должно быть одинаковым и постоянным.

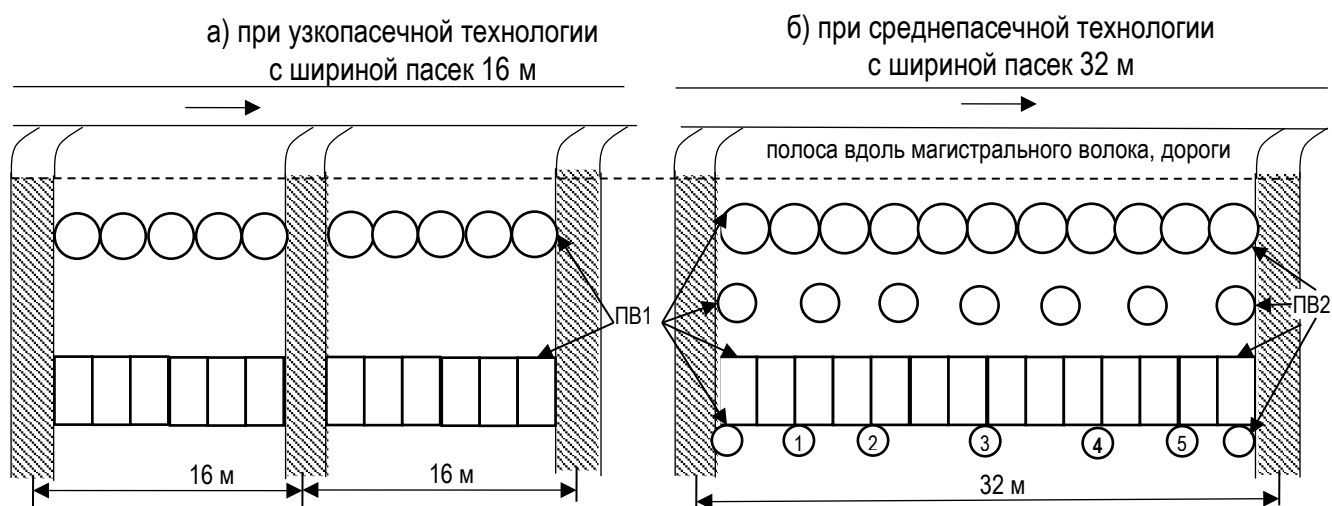
Площадь постоянных пробных площадей: рабочих секций – не менее 0,5 га, контрольных – 0,25 га. Вокруг секций оставляются защитные полосы шириной обычно не менее 8-10 м в границах одного выдела или сходных по характеристикам выделов, 15-20 м – при значительном различии окружающих насаждений (выделов) и 25-30 м – по границам вырубок и безлесных пространств.

Для учета возобновления, подроста (а также в сочетании – подлеска напочвенного покрова и др. компонентов насаждения) на ППП намечаются специальные учетные площадки (круговые, прямоугольные в количестве не менее 25-30 шт.) или ленты, разделяющиеся на отрезки – учетные площадки. Элементарные площадки учета подроста, подлеска, других учитываемых элементов под пологом насаждений лучше располагать (закладывать) также последовательно: в направлении – перпендикулярно направлениям технологических коридоров (рис. 6).

---

<sup>3</sup> За исключением пробных площадей, закладываемых на полосных, опушечных, островных и иных специфических участках.





Обозначения:

ПВ1 и ПВ2 – приволоковые площадки;

1-5 – площади, представляющие разные части технологической полосы.

*Рисунок 6. Схема закладки пробных площадей с размещением учетных площадок в технологических полосах (при прямолинейных коридорах)*

Рабочие ПП на участках без технологической сети (как и контрольные) площадью 0,25-0,30 га закладываются прямоугольной формы или круговые постоянного радиуса.

В молодняках (при установленной постоянной величине пробной площади) учет деревьев, всех элементов насаждения, осуществляется на части ПП – учетных площадках, как и подроста (см. рис. 6).

С увеличением высоты молодняка и уменьшением количества деревьев величина учетных площадок (УчП) молодняка, жердняка и древостоя старшего возраста может увеличиваться до 15, 20, 25 м<sup>2</sup> соответственно (с размерами 3×5 м, 4×5 м, 5×5 м и иными параметрами сторон, или круговые соответственно R – 2,2; 2,5; 2,8 м), что фактически может быть реализовано только при беспасечных технологиях и на контроле.

В условиях применения узкопасечных и среднепасечных технологий, где учетные площадки должны представлять адекватно разные части технологической полосы, протяженность площадок в направлении, перпендикулярном коридорам, ограничена практически до 2-3 м, т.е. площадки представляют вытянутые параллельно волокам прямоугольники ограниченной площади.

Во всех вариантах величины УчП общее количество деревьев на них должно быть не меньше 250 шт.

Выделение деревьев по категориям и подкатегориям лесоводственно-биологической классификации, описание их, а также фитоценотических условий роста (в насаждении), подроста и подлеска осуществляется в соответствии с методическими положениями, представленными в Методике закладки и использования учетно-тренировочных пробных площадей при освоении лесоводственных мероприятий ухода за лесом [15].

Изучение прироста, хода роста древостоев и подроста, в т.ч. в связи с проведением лесоводственных рубок и на контроле, осуществляется на основе данных повторных измерений их параметров, а также взятия кернов растущих модельных деревьев и/или спилов на отдельных вырубаемых (и за пределами пробных площадей), в т.ч. для изучения полного хода роста деревьев. При этом реализуется также возможность дифференцированного учета динамики (изменения) величины прироста (в связи с разреживанием) деревьев разных категорий и подкатегорий, выделяемых при рубках ухода – лучшие, вспомогательные, нежелательные и по состоянию (при постановке такой задачи), расположенных в разных частях полога (согласно классификации деревьев по росту), а также лучших, для которых сохранены или изменены условия роста в насаждении от неблагоприятных до относительно благоприятных и благоприятных.

Полные массовые данные динамики хода роста древостоев, в т.ч. и в связи с выполнением лесоводственных рубок и без их проведения (на контрольных участках, ПП) получают путем системных измерений (ежегодно или периодически в 3-4 года) диаметров всех деревьев на пробных площадях. При этом измерение (учет) необходимо проводить в одно время года (лучше в конце вегетационного периода) в двух противоположных фиксированных направлениях – на рабочих секциях перпендикулярно направлению технологических коридоров (волоков) и второе – параллельно им. На контрольных ПП изменение диаметров лучше выполнять в тех же направлениях по сторонам света, что и на рабочей секции. Для учета возможного влияния рубок – прокладки коридоров и выборочного разреживания древостоя на прирост деревьев учитывается расстояние каждого дерева до технологического коридора (по существу, путем привязки к нему – фиксации всех деревьев ПП по номерам в журнале – карточке учета). Одновременно (параллельно) учитывается отпад деревьев.

Детальное изучение изменения прироста в связи с рубками осуществляется по общепринятым методикам путем измерения радиального прироста в 1-4 противоположных направлениях по кернам, взятым на модельных деревьях в конце определенного периода наблюдений или лучше при проведении очередной рубки ухода, смены поколений леса. При этом модельные деревья отбираются в разных частях полога насаждения из типичных определенных категорий, подкатегорий (в рамках поставленных целей и возможностей) по комплексу средних учитываемых признаков и показателей – для статической обработки данных не менее 12, если это количество не определяется специальными методиками.

При необходимости установления массового изменения прироста деревьев разных частей полога, в связи с разреживанием, взятие кернов осуществляется на модельных деревьях пробных площадей (из числа намеченных в начале эксперимента) как минимум трех категорий по расположению их в пологе – верхней части I-II кл. роста; средней части III кл. роста; нижней части IV-V кл. роста – для детального изучения динамики прироста по годам с охватом не менее 5 лет до рубки ухода. Растущие модельные деревья при рубке целесообразно дополнить минимальным количеством срубаемых для полного анализа хода роста по диаметру и высоте.

Срубаемые модельные деревья отбираются за пределами пробных площадей, в том числе в защитных рабочих полосах секций соответствующих экспериментальных участков и контрольных. При этом учитывается, что для экспериментальных участков (ПП) разной интенсивности рубки, но одного типа насаждений по составу и другим характеристикам, может закладываться одна контрольная ПП.

При детальном изучении динамики роста древостоев, в т.ч. с учетом влияния на него лесоводственных мероприятий, за весь период (или цикл) лесовыращивания керны целесообразно брать длиной, равной полному радиусу дерева (возрастным буравом). В целях синхронного учета и обработки данных прироста по годам разных пробных площадей, керны отбираются в один год после завершения вегетационного периода. Получение сравнительных результатов влияния проведенных мероприятий на прирост деревьев обеспечивается путем сопоставления текущего прироста по периодам до и после осуществления мероприятия, включающим одинаковые календарные годы, чтобы исключить несовпадение естественных процессов колебания прироста, в т.ч. связанных с циклом солнечной активности (рис. 7).

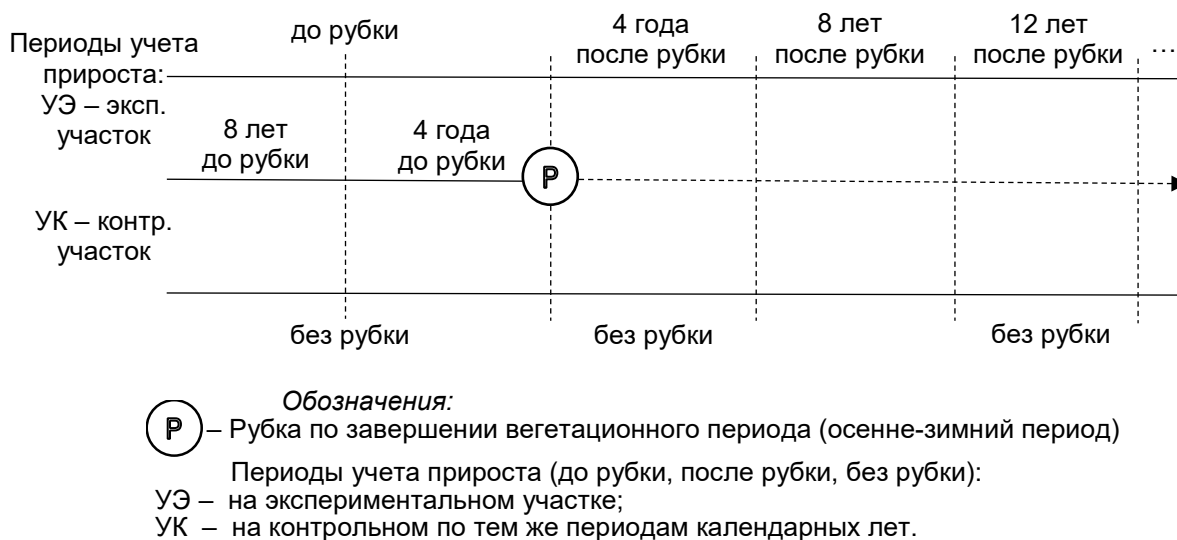


Рисунок 7. Схема выделения периодов учета прироста в связи с рубкой

Для сохранности кернов целесообразно заранее заготовить (склеить) для них отдельные парные пакетики (пеналы) из бумаги при двух направлениях взятия кернов. На пакетики перед закладкой в него керны указывается № ПП, № Д – дерева, описанного в журнале, и направление взятия керны. Хранить керны до их обработки (измерений) целесообразно в холодильнике в целлофановом пакете или иной упаковке для исключения быстрого высыхания.

Ход роста подроста (изменение прироста в связи с рубками) в возрастных группах по высоте определяется не менее чем по 12-15 растущим модельным деревьям, преимущественно по сохранившимся мутовкам на стволах ели с необходимой проверкой на срезах (или кернах) по годичным кольцам (на трех модельных деревьях).

Текущий (периодический) прирост подроста, в т.ч. в связи с поведением

мероприятий с рубкой и без рубки, определяется на модельных деревьях, представляющих разные высотно-возрастные группы и категории.

- текущий до проведения мероприятия (за \_\_\_\_\_ лет) \_\_\_\_\_;
- текущий после проведения мероприятия (за \_\_\_\_\_ лет) \_\_\_\_\_.

Для изучения хода роста деревьев хвойных пород, в связи с рубками ухода, отбираются на одном или нескольких модельных участках наиболее типичные (по экспертной оценке исполнителя) деревья (в т.ч. отдельных категорий, подкатегорий), на которых берутся спилы в соответствии с принятой методикой изучения хода роста деревьев по модельным деревьям в лесной таксации.

При этом для учета специфики хода роста в связи с меняющимися фитоценотическими условиями, в т.ч. в связи с рубками ухода, под пологом и после освобождения (рубками переформирования, обновления, смены поколений леса), соответствующих возрастным стадиям (периодам) цикла динамики насаждений целесообразно взять спилы – у шейки корня, на высоте 0,5 м, 1,0 м (1,3 м), 1,5 м, 2 м, 2,5 м, 3,0 м и т.д. через 0,5 м. Для деревьев второго яруса – достигших по высоте кроны деревьев верхнего яруса – в вершинной части (0,5-1,0 м) по спилам через 0,1-0,3 м можно установить фактическое снижение прироста в высоту, в т.ч. до полной его утраты.

На участках хвойных древостоев, достигших возраста спелости установленного (нормативным документом) после переформирования и поступивших в рубку целесообразно отобрать типичные модельные деревья также из разных частей полога (верхней, средней, нижней) для изучения полного хода роста деревьев и древостоев за весь период лесовыращивания по спилам, взятым, соответственно, на разных высотах ствола с детальным изучением изменения хода роста перед проведением рубки ухода (снижения прироста) и после ее проведения – возможного его восстановления и увеличения.

При включении в состав эксперимента вариантов изучения системных мероприятий реконструкции малоценных лесных насаждений, санитарно, в т.ч. послепожарно-восстановительных, первично-восстановительных на многолетне-лесонепокрытых лесных участках, а также начально-лесообразовательных на участках нелесных земель, предназначенных для облесения, для проведения учетно-измерительных и экспериментальных работ при закладке пробных площадей используется известный системный подход, обеспечивающий как качество наблюдения и фиксацию происходящих процессов на постоянных пробных площадях, заложенных на исходных объектах до проведения экспериментальных работ и параллельно контрольных, а также и дополняющих – на первично сходных участках (при их наличии), находящихся на разных стадиях восстановительной динамики – после проведения на них очередных мероприятий комплексов изучаемых систем.

При изучении эффективности вариантов системных мероприятий полной и неполной реконструкции, в т.ч. на депонирование и консервацию углерода, постоянные пробные площади, рассчитанные на длительные периоды исследований и проведение экспериментальных работ, закладываются на участках исходных малоценных насаждений – полной одно- и двух-, трехприемной реконструкции (на больших участках преимущественно в защитных лесах – поэтапной), а

на объектах неполной реконструкции – участках с наличием определенной сохраняемой части – ценной или в новом создаваемом насаждении дополняющей в необходимом объеме ценную (в частности, сравнительно молодых деревьев мягколиственных пород оставляемых в виде полос – противопожарных барьеров в пожароопасных условиях). При этом во всех вариантах пробные площади, их секции должны охватывать все выделенные структурные элементы насаждения.

На участках применения санитарно-восстановительных мероприятий (после полной и неполной утраты насаждений в связи с пожарами, патологией, неблагоприятными погодно-климатическими и другими факторами), постоянные пробные площади для проведения учетно-измерительных, а также экспериментальных работ, закладываются в основном в типичных местах, но с дополняющими секциями представляющими и сохранившиеся элементы насаждения (при их наличии), в т.ч. используемые в качестве источников (центров) обсеменения определенной части участка – для изучения эффективности такой меры содействия лесовозобновления (восстановления насаждения) в конкретных лесотипологических условиях, а также уточнения признаков устойчивости сохранившихся деревьев.

В эксперименте с оценкой эффективности мероприятий первично-восстановительных систем и изучения их влияния на депонирование и консервацию углерода постоянные пробные площади закладываются на исходных объектах – участках многолетнелесонепокрытых лесных земель, предназначенных для каждого варианта проводимых мероприятий, на которых периодически синхронно ведутся учетно-измерительные работы с получением сравнимых данных по лесовозобновлению, ходу роста (динамике прироста) насаждений и основных (принятых в таксации) – по завершенным циклам лесовоспроизводства (в т.ч. схематичного комплексного) для расчета среднего ежегодного прироста, депонирования углерода, затрат на проведение мероприятий.

На участках – объектах начально-лесообразовательных систем мероприятий, включенных в эксперимент в соответствии с общим методическим подходом, постоянные пробные площади закладываются соответственно количеству проверяемых вариантов естественного лесораспространения лесообразующей растительности, в т.ч. разного породного состава, а также возраста насаждений на начало проведения исследований. Проведение учетно-измерительных и экспериментальных работ на таком комплексе участков обеспечит ускоренное получение данных для предварительной оценки эффективности лесовыращивания (в т.ч. углерододепонирующей). Параллельно закладываются пробные площади и изучается результативность разных вариантов лесокультурного освоения участков нелесных земель с сопоставлением затрат и получаемого ресурсного и экологического эффекта, в т.ч. депонирования углерода.

## **10. Оценка эффективности лесоводственных мероприятий в достижении основных и дополняющих целей эксперимента**

### *10.1. Общие принципы оценки эффективности лесоводственных мероприятий и их систем*

В зависимости от территориального размещения объекта эксперимента ИДКК – участки нелесных неиспользуемых земель различных категорий, лесных покрытых и непокрытых лесной растительностью, относящихся к лесам эксплуатационным, но, не исключено, и защитным определенных категорий, соответствующим типам функционально-целевой карбоновой системы объектов лесоводства (ФЦКЛВО), осуществляется оценка эффективности проведенных мероприятий с достижением основных приоритетных целей, обычно соответствующих ЦНЛ, а также сопутствующих и дополняющих. При этом оценка эффективности достижения целей, определенных ЦНЛ, осуществляется согласно отработанным в лесоводстве методикам (в т.ч. выращивания продуктивных лесов для заготовки древесины, а также выполнения водоохраных, защитных и других функций).

Оценка прироста, депонирования и консервации углерода на участках всех типов ИДКК – рабочих секциях и на которых наряду с обычными («стандартными») мероприятиями лесного хозяйства и лесопользования соответствующего типа ЦНЛ (предусмотренными действующими НПД) проводятся специальные мероприятия эксперимента, осуществляется в сравнении с контрольными двух типов (без проведения мероприятий, а также, возможно, и без дополняющих целевых мер, направленных на повышение уровня депонирования и консервации углерода). Сравнение эффекта ДКК осуществляется также по участкам разных типов ЛВО, выбранных для изучения и эксперимента и, соответственно, применяемых на них систем лесоводственных мероприятий, в т.ч. СЛВ – выращивания хвойных, лиственных, лиственно-хвойных насаждений с переформированием и без переформирования и др.

При этом может решаться задача оценки эффективности: 1) конкретных мероприятий (прореживаний, проходных рубок и др.); 2) разных (простых и сложных – комплексных) систем лесоводственных мероприятий лесовоспроизводства (отдельных и в различных сочетаниях – основного, производного, переходного – переформирования, реконструкции, санитарно-восстановительных, первично-восстановительных, а также начально-лесообразовательного типов); 3) специальных комплексных мероприятий и систем (таких как рубок ухода и внесения удобрений, возможно и без рубок ухода, других мер интенсивного расширенного ЛВП – мелиорации, улучшения лесорастительных условий, использования при лесовыращивании селекционно улучшенных видов лесобразующих растений и др.).

Важным условием объективного сравнения полученных данных и результатов в целом является их сопоставимость по времени – продолжительности, календарным стадиям, периодам учета – выращивания насаждений, с учетом того, что

прирост древостоев разных пород закономерно меняется с возрастом, зависит от долговечности пород, продолжительности стадий их роста, а также имеет циклические колебания во времени, связанные с солнечной активностью. Методы учета этих факторов существуют, но поскольку их использование не обеспечивает высокую точность расчетов, то целесообразно их действие минимизировать, за исключением неизбежных, связанных с определением проявления долгосрочной прогнозной эффективности применяемых лесоводственных мероприятий, тем более их систем на многие будущие десятилетия лесовыращивания.

Существенное значение для получения объективных для сравнения данных эффективности разных вариантов лесовыращивания имеет одновременная календарная, возрастная – стадийная закладка экспериментальных участков и последующее на них синхронное осуществление учетно-измерительных работ, максимально согласованных со сроками проведения определенных мероприятий, что обеспечит более или менее надежное сравнение данных не только в текущий период проведения эксперимента – 10-15 лет, но и в последующие периоды и позволит к тому же корректировать методики прогнозных расчетов.

Эффективность *отдельных лесоводственных мероприятий*, в т.ч. разных их вариантов по интенсивности и др. характеристикам, в достижении основных целей лесовыращивания, а также увеличения прироста, депонирования и консервации углерода целесообразно осуществлять по завершенным стадиям цикла ЛВП на участках одного типа насаждений (породного состава, типичных условий, производительности), соответственно: возобновления – образования сомкнутых насаждений; формирования молодняков (осветлениями, прочистками), жердняков (прореживаниями), средневозрастных насаждений (проходными рубками); сохранения насаждений; смены поколений леса. Полученные на рабочих секциях данные периодических учетов по накоплению древесной массы (биомассы) с учетом объемов вырубленных деревьев, отпада и опада в сравнении с контролем отражают и объемы депонирования углерода за рассматриваемый период лесовыращивания.

Общая оценка эффективности применения разных систем и комплексов систем лесоводственных мероприятий осуществляется по данным постоянных пробных площадей, заложенных на разных стадиях простых циклов ЛВП основного, производного типов и составляющих сложных СЛВ как по данным многолетних исследований, так и (в связи с длительностью процессов лесовыращивания) на основе сочетания данных многих ППП, представляющих этапно-возрастающую цепочку типичных участков, на которых проведены все системные мероприятия определенного варианта эксперимента.

## ***10.2. Оценка эффективности лесоводственных мероприятий с использованием периодического и среднепериодического прироста запаса насаждений***

В качестве одного из объективных показателей оценки эффективности всех лесоводственных мероприятий, в т.ч. проведенных в целях повышения роли

лесов в смягчении изменений климата и его последствий, причем не только положительных, но, возможно, и отрицательных (для принятия мер по их предотвращению), особенно рубок ухода можно использовать изменение периодического прироста запаса насаждений<sup>4</sup> под их влиянием, в т.ч. их составляющих – древостоев, подраста, а при необходимости (по вариантам эксперимента) и подлеска, напочвенного покрова.

В частности, при решении задачи определения т.н. дополнительного прироста, особенно на стадии проходных рубок при естественном постепенном снижении прироста однопорodных древостоев средневозрастных – третьего класса возраста высоко- и среднепроизводительных хвойных пород, удовлетворительный результат можно получить путем *сравнения прироста древостоя до и после проведения ухода за конкретные периоды* с учетом не только недополученного прироста вырубленных деревьев, но и природных процессов его колебания, связанного с солнечной активностью, в т.ч. с закономерным проявлением примерно 11-летней цикличности и относительной 3-4(5)-летней, что можно наблюдать и учитывать на контрольных секциях для внесения соответствующих корректив в полученные данные в периоды 12, 8 и 4-х лет (рис. 7).

Оценка эффективности проводимого мероприятия, в частности лесоводственной рубки, за возрастной период (п) выращивания и оценки ( $N_{\Pi}^A$ ), в т.ч. до завершения влияния проведенной рубки на текущий прирост древостоя, может определяться в сравнении с потенциальным расчётным того же древостоя (при отсутствии рубки) или с подобным контрольным за установленный возрастной период лесовоспроизводства по сумме прироста – увеличения запаса (М) или среднего периодического прироста.

При этом периодический прирост (прирост за период учета) по запасу -  $Z_{\Pi}^{\Pi}$  или накопленный (точнее произведенный) запас ( $M_{\Pi}^A$ ) за этот возрастной период  $N_{\Pi}^A$  определяется по данным периодического учета (в начале – до рубки-после рубки и в конце периода):

на экспериментальном участке (секции ПП)

$$Z_{\Pi}^{\Pi \text{ эксп}}(M_{\Pi}^A \text{ эксп}) = M_{\Pi}^{\text{эксп}} - M_{\Pi}^{\text{исх}} + M_{\Pi}^{\text{рубк}} + M_{\Pi}^{\text{отп}}, \quad (5)$$

на контрольном участке (секции ПП)

$$Z_{\Pi}^{\Pi \text{ кнт}}(M_{\Pi}^A \text{ кнт}) = M_{\Pi}^{\text{кнт}} - M_{\Pi}^{\text{исх}} + M_{\Pi}^{\text{отп}}, \quad (6)$$

прогнозируемый (потенциальный – pt) на экспериментальном участке без рубки

$$Z_{\Pi}^{\Pi \text{ pt}}(M_{\Pi}^A \text{ pt}) = M_{\Pi}^{\text{pt}} - M_{\Pi}^{\text{исх}} + M_{\Pi}^{\text{отп}} \quad (7)$$

Соответственно, эффективность (результативность) лесоводственной рубки ( $Z_{\Pi}^{\Pi \text{ эф}} = M_{\Pi}^A \text{ эф}$ ) по разнице периодического прироста древостоя – увеличения (изменения) запаса с учетом изъятого при рубке и отпада деревьев за период учета (влияния рубки на рост древостоя) составит:

- в сравнении с контролем

<sup>4</sup> В последующем используется сокращенное выражение без повторения слова «запаса», но с отражением в единицах измерения м<sup>3</sup>/га, м<sup>3</sup>/га/год.



$$Z_M^{п \text{эф}/\text{кнт}} = Z_M^{п \text{эксп}} - Z_M^{п \text{кнт}} \text{ (м}^3/\text{га)} \quad (8)$$

$$\text{и в процентах } PZ_M^{п \text{эф}/\text{кнт}} = \frac{Z_M^{п \text{эф}/\text{кнт}}}{Z_M^{п \text{кнт}}} \times 100 \quad (9)$$

$$\text{или } M_{п}^{A \text{эф}/\text{кнт}} = M_{п}^{A \text{эксп}} - M_{п}^{A \text{кнт}} \text{ в м}^3/\text{га}, \quad (10)$$

$$\text{в процентах } PM_{п}^{A \text{эф}/\text{кнт}} = \frac{M_{п}^{A \text{эф}/\text{кнт}}}{M_{п}^{A \text{кнт}}} \times 100 \quad (11)$$

- в сравнении с потенциальным на экспериментальном участке без рубки

$$Z_M^{п \text{эф}/pt \text{экс}} = Z_M^{п \text{эксп}} - Z_M^{п pt} \text{ (м}^3/\text{га)} \quad (12)$$

$$\text{и в процентах } PZ_M^{п \text{эф}/pt \text{экс}} = \frac{Z_M^{п \text{эф}/pt \text{экс}}}{Z_M^{п pt}} \times 100 \quad (13)$$

$$\text{или } M_{п}^{A \text{эф}/pt \text{экс}} = M_{п}^{A \text{эксп}} - M_{п}^{A pt} \text{ в м}^3/\text{га}, \quad (14)$$

в процентах от потенциального экспериментального без рубки

$$PM_{п}^{A \text{эф}/pt \text{экс}} = \frac{M_{п}^{A \text{эф}/pt \text{экс}}}{M_{п}^{A pt}} \times 100, \quad (15)$$

где по формулам 5-15:

$Z_M^{п}$  – периодический прирост по запасу, в т.ч. прирост за период учета влияния мероприятия (лесоводственной рубки) на рост древостоя, м<sup>3</sup>/га;

$N_{п}^A$  – возрастной период учета количества (N) лет;

$Z_M^{п \text{эксп}}$  – периодический прирост, учтенный на экспериментальном участке за  $N_{п}^A$  лет, м<sup>3</sup>/га;

$M_{п}^{A \text{эксп}}$  – суммарный прирост запаса (или накопления запаса) за учетно-возрастной период на экспериментальном участке, м<sup>3</sup>/га;

$M_{н}^{\text{эксп}}$  – наличный запас древостоя на время завершения учетного периода на экспериментальном участке, м<sup>3</sup>/га;

$M_{исх}^{\text{эксп}}$  – исходный запас древостоя на начало учетного периода на экспериментальном участке (перед рубкой), м<sup>3</sup>/га;

$M_{рубк}^{\text{эксп}}$  – часть запаса древостоя, изъятого при рубке, м<sup>3</sup>/га;

$M_{отп}^{\text{эксп}}$  – запас (суммарный объем) отпада на экспериментальном участке, м<sup>3</sup>/га;

$Z_M^{п \text{кнт}}$  – периодический прирост по запасу – на контрольном участке (за тот же возрастной календарный период, что и на экспериментальном участке), м<sup>3</sup>/га;

$M_{п}^{A \text{кнт}}$  – запас (суммарный прирост) накопленный за учетно-возрастной календарный период, установленный для экспериментального участка, м<sup>3</sup>/га;

$M_{н}^{\text{кнт}}$  – наличный запас древостоя (биомассы) на время завершения учетного периода на экспериментальном и соответственно контрольном участках, м<sup>3</sup>/га;

$M_{исх}^{\text{кнт}}$  – исходный запас древостоя (биомассы) на начало учетного периода на контрольном участках (в начале эксперимента), м<sup>3</sup>/га;

$M_{отп}^{\text{кнт}}$  – запас (суммарный объем) отпада на контрольном участке за учетный период, м<sup>3</sup>/га;

$Z_M^{п pt}$  – периодический прирост, потенциально учтенный (рассчитанный) на экспериментальном участке (без рубки) за  $N_{п}^A$  лет, м<sup>3</sup>/га;

$M_{\Pi}^{Apt}$  – потенциальный суммарный прирост – накопления запаса за учетно-возрастной период на экспериментальном участке (без проведения рубки),  $m^3/га$ ;

$M_H^{pt}$  – потенциальный наличный запас древостоя на время завершения учетного периода на экспериментальном участке,  $m^3/га$ ;

$M_{отп}^{pt}$  – потенциальный (расчетный) запас (суммарный объем) отпада на экспериментальном участке (без рубки),  $m^3/га$ ;

$Z_M^{пэф}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице периодического прироста на экспериментальном участке и сравниваемым базовым (в т.ч. на контрольном или потенциальном на экспериментальном – без рубки),  $m^3/га$ ;

$Z_M^{пэф/кнт}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице периодического прироста на экспериментальном и контрольном участке,  $m^3/га$ ;

$Z_M^{пэф/pt экс}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице периодического прироста на экспериментальном и потенциального (расчетного) на экспериментальном участке без рубки,  $m^3/га$ ;

$PZ_M^{пэф}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице периодического прироста на экспериментальном и соответственно на контрольном участке  $PZ_M^{пэф/кнт}$  или потенциального (расчетного) на экспериментальном участке без рубки -  $PZ_M^{пэф/pt экс}$ , %;

$M_{\Pi}^{Aэф}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице запасов древостоя (биомассы) на экспериментальном и на контрольном участках, накопленных за период учета  $M_{\Pi}^{Aэф/кнт}$  или потенциального (расчетного) на экспериментальном – без рубки  $M_{\Pi}^{Aэф/pt экс}$ ,  $m^3/га$ ;

$PM_{\Pi}^{Aэф}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице запасов, накопленных за период учета на экспериментальном и на контрольном  $PM_{\Pi}^{Aэф/кнт}$  или потенциально (расчетного) на экспериментальном – без рубки участках  $PM_{\Pi}^{Aэф/pt экс}$ , %.

Показатели оценки эффективности (результативности) экспериментальных рубок как и других мероприятий по величине периодического прироста, в т.ч. в процентах в сравнении с принятым базовым, могут оказаться не только положительными, но и отрицательными, т.е. сумма прироста за учетный период может быть меньше контрольной (базовой) в связи с высокой интенсивностью рубки, отбором в рубку деревьев с потенциально большим приростом, что не всегда связано с неправильным распределением деревьев на вырубаемые и оставляемые – более молодые перспективные, но тонкомерные деревья, имеющие сравнительно небольшой прирост после рубки, значительно увеличат его в последующие периоды лесовыращивания.

Аналогично определяется эффективность лесоводственной рубки по разнице (показателей) *среднего периодического прироста – среднего прироста запаса за рассматриваемый период* ( $Z_M^{ср пэф}$ ).

При этом спеднепериодический прирост (среднегодовой прирост по запасу в учетный период – влияния рубки на рост насаждения (древостоя)  $Z_M^{cp \Pi}$  ( $m^3/га/год$ ) определяется по данным учетного за этот период периодического прироста  $Z_M^{\Pi}$  ( $m^3/га$ ):

на экспериментальном участке

$$Z_M^{cp \Pi \text{ эксп}} = \frac{Z_M^{\Pi \text{ эксп}}}{N_{\Pi}^A} (m^3/га/год) \quad (16)$$

на контрольном участке

$$Z_M^{cp \Pi \text{ кнт}} = \frac{Z_M^{\Pi \text{ кнт}}}{N_{\Pi}^A} (m^3/га/год) \quad (17)$$

потенциальный (расчетный) на экспериментальном участке без рубки

$$Z_M^{cp \Pi pt} = \frac{Z_M^{\Pi pt}}{N_{\Pi}^A} (m^3/га/год) \quad (18)$$

Следовательно, аналогично определяется при необходимости и эффективность (результативность) рубки, как и других мероприятий путем сравнения среднепериодического прироста на экспериментальном участке, где проведены рубки с величиной того же показателя на контрольном участке или расчетной на экспериментальном участке без рубки, в т.ч.:

- в сравнении с контролем

$$Z_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/кнт}} = Z_M^{cp \Pi \text{ эксп}} - Z_M^{cp \Pi \text{ кнт}} (m^3/га/год) \quad (19)$$

и в процентах по отношению к приросту среднепериодическому контрольному  $PZ_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/кнт}} = \frac{Z_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/кнт}}}{Z_M^{cp \Pi \text{ кнт}}} \times 100 \quad (20)$

- в сравнении с потенциальным на экспериментальном участке без рубки

$$Z_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/pt эксп}} = Z_M^{cp \Pi \text{ эксп}} - Z_M^{cp \Pi pt} (m^3/га/год) \quad (21)$$

и в процентах по отношению к приросту среднепериодическому потенциальному  $PZ_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/pt эксп}} = \frac{Z_M^{cp \Pi \text{ эф эксп/pt эксп}}}{Z_M^{cp \Pi pt}} \times 100, \quad (22)$

где по формулам 16-22:

$Z_M^{cp \Pi \text{ эксп}}$  – среднепериодический прирост за период  $N_{\Pi}^A$  на экспериментальном участке,  $m^3/га/год$ ;

$Z_M^{\Pi \text{ эксп}}$  – периодический прирост по запасу на экспериментальном участке,  $m^3/га$ ;

$N_{\Pi}^A$  – возрастной период учета количества (N) лет

$Z_M^{cp \Pi \text{ кнт}}$  – среднепериодический прирост за период  $N_{\Pi}^A$  на контрольном участке,  $m^3/га/год$ ;

$Z_M^{\Pi \text{ кнт}}$  – периодический прирост по запасу на контрольном участке,  $m^3/га$ .

$Z_M^{cp \Pi pt}$  – среднепериодический потенциальный прирост за период  $N_{\Pi}^A$  на экспериментальном участке без рубки,  $m^3/га/год$ ;

$Z_M^{\Pi pt}$  – периодический прирост, потенциально учтенный (рассчитанный) на экспериментальном участке (без рубки) за  $N_{\Pi}^A$  лет,  $m^3/га$ ;

$Z_M^{cp \text{ п эф экс/кнт}}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице среднепериодического прироста на экспериментальном и контрольном участках, м<sup>3</sup>/га/год;

$PZ_M^{cp \text{ п эф экс/кнт}}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице среднепериодического прироста на экспериментальном и контрольном участке, %;

$Z_M^{cp \text{ п эф экс/pt экс}}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице среднепериодического прироста на экспериментальном и расчетного на экспериментальном участке без рубки, м<sup>3</sup>/га/год;

$PZ_M^{cp \text{ п эф экс/pt экс}}$  – эффективность (результативность) лесоводственной рубки по разнице среднепериодического прироста на экспериментальном и расчетного на экспериментальном участке без рубки, %.

### 10.3. Использование среднего прироста запаса насаждений для оценки эффективности применения систем и комплексов систем лесоводственных мероприятий, в т.ч. проводимых в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода лесными экосистемами

В качестве более универсальных показателей учета и оценки углерододепонирующей эффективности применяемых мероприятий, их систем и в целом вариантов лесовыращивания по типам лесоводственных объектов ИДКК можно использовать показатели *среднего прироста насаждения, древостоя за более или менее продолжительные периоды лесовыращивания, охватывающие полные циклы ЛВП, в т.ч. сложные комплексные как при СЛВ, включающих подсистемы выращивания – переформирования насаждений*. Они определяются путем учета суммарного прироста запаса насаждения (в вариантах древостоя и подроста и/или всех составляющих, в т.ч. подлеска, напочвенного покрова) –  $\sum Z_M^{п,лвп,клвп}$  за весь типичный (для данного варианта) повторяющийся цикл ЛВП (включая наличный запас, запас отпада и, возможно, опада, вырубемой части древостоя), деления его на продолжительность соответственно возрастного периода простого и комплексного циклов лесовыращивания –  $N_{лвп}^A, N_{клвп}^A$  и в расчете на единицу площади –  $Z_M^{cp \text{ п,лвп,клвп}}$  (м<sup>3</sup>/га/год).

Для ЛВО ИДКК с простым циклом лесовоспроизводства (основного и производного лесоводственных типов) соответственно выращивания насаждений хвойных и лиственных пород (при  $M_{исх}=0$ ).

$$Z_M^{cp} = \frac{\sum M_n + \sum M_{отп} + \sum M_{врб}}{N_{лвп}^A}, \quad (23)$$

где:

$Z_M^{cp}$  – средний прирост за полный повторяющийся цикл ЛВП – м<sup>3</sup>/га/год;

$\sum M_n$  – наличный запас насаждения (древостоя) при смене поколений леса (или  $\sum M_{спл}$ ) с учетом возможного оставления порубочных остатков и др. элементов насаждения (в целом биомассы), в м<sup>3</sup>/га;

$\sum M_{отп}$  – суммарный отпад за весь цикл ЛВП в м<sup>3</sup>/га;  
 $\sum M_{врб}$  – суммарный запас вырубаемой части древостоя при рубках ухода, м<sup>3</sup>/га;  
 $N_{ЛВП}^A$  – продолжительность цикла ЛВП (периода учета), лет.

Для ЛВО ИДКК со сложным циклом лесовоспроизводства комплекса СЛВ:Прз-Осн с однократным переформированием лиственно-хвойных насаждений (ЛХН) или Прз-Прз-Осн или Прз-Прз-Прз-Осн – с 2-3-кратным переформированием – средний прирост ( $Z_M^{cp}$ ) необходимо рассчитывать по каждому полному комплексному циклу ЛВП в расчете на единицу времени (год), единицу площади (га).

В частности, в *КСЛВ с однократным переформированием*  $Z_M^{cp1}$  ЛХН определяется по формуле:

$$Z_M^{cp1} = \frac{\sum M_n + \sum M_{отп}^{ЛХН} + \sum M_{рфм}^{ЛХН} + \sum M_{рпрф}^{ЛХН} + \sum M_{рсхр}^{ХВ} + \sum M_{отп}^{ХВ}}{N_{КЛВП}^A}, \quad (24)$$

где:

$Z_M^{cp1}$  – средний прирост (м<sup>3</sup>/га/год) для КСЛВ объектов с однократным переформированием ЛХН;

$\sum M_n$  – наличный запас насаждения – м<sup>3</sup>/га перед завершающей рубкой смены поколений леса – учитываемый как  $\sum M_{спл}$  – запас м<sup>3</sup>/га насаждения, полученный при смене поколений леса с учетом возможного оставления порубочных остатков, подроста и др. элементов насаждения (в целом древесины, биомассы);

$\sum M_{отп}^{ЛХН}$  – суммарный отпад ЛХН за период до рубки ПРФ, м<sup>3</sup>/га;

$\sum M_{рфм}^{ЛХН}$  – запас м<sup>3</sup>/га изымаемый при рубках ухода (формирования) ЛХН до рубки переформирования;

$\sum M_{рпрф}^{ЛХН}$  – запас м<sup>3</sup>/га – полученный при рубке переформирования ЛХН;

$\sum M_{рсхр}^{ХВ}$  – суммарный запас м<sup>3</sup>/га полученный после переформирования при проведении рубок ухода до смены поколений леса в дорациваемом хвойном насаждении (формирования – сохранения), или  $\sum M_{дрщ}^{ХВ}$  – запас м<sup>3</sup>/га изымаемый при рубках ухода дорацивания хвойных – если они проводились;

$\sum M_{отп}^{ХВ}$  – отпад за период дорацивания хвойного насаждения (после рубки переформирования ЛХН);

$N_{КЛВП}^A$  – общая продолжительность комплексного цикла ЛВП по составляющим ( $N_{КЛВП}^A = N_{фм}^A + N_{прф}^A + N_{дрщ}^A + N_{спл}^{АХВ}$ ), в т.ч.  $N_{фм}^A$  – лет формирования до Прф;

$N_{прф}^A$  – лет переформирования при двух-трех приемной рубке Прф,  $N_{схр}^A$  – лет сохранения или  $N_{дрщ}^A$  после рубки переформирования при дорацивании хвойных и возможно  $N_{спл}^{АХВ}$  – лет смены поколений леса хвойных, если она не одноприемная.

При применении КСЛВ с *двукратным переформированием* средний прирост запаса насаждения за весь цикл (период) выращивания определяется по формуле.

$$Z_M^{cp2} = \frac{\sum M_n + \sum M_{отп}^{1ЛХН} + \sum M_{рфм}^{1ЛХН} + \sum M_{рпрф}^{1ЛХН} + \sum M_{отп}^{2ЛХН} + \sum M_{рфм}^{2ЛХН} + \sum M_{рпрф}^{2ЛХН} + \sum M_{рсхр}^{ХВ} + \sum M_{отп}^{ХВ}}{N_{КЛВП}^A}, \quad (25)$$

где:

$Z_m^{cp2}$  – полный средний прирост ( $m^3/га/год$ ) для КСЛВ объектов с двукратным переформированием ЛХН за весь комплексный цикл ЛВП;

$\sum M_H$  – наличный запас насаждения перед завершающей сменой поколений леса или  $\sum M_{спл}$  – запас насаждения при смене поколений леса с учетом оставляемых порубочных остатков, подроста и др. элементов насаждения (в целом древесины, биомассы),  $m^3/га$ ;

$\sum M_{отп}^{1лхн}$  – запас  $m^3/га$  отпада ЛХН за период до 1<sup>ой</sup> рубки Прф;

$\sum M_{рфм}^{1лхн}$  – запас  $m^3/га$  изымаемый при рубках ухода формирования ЛХН до 1<sup>ой</sup> рубки Прф;

$\sum M_{рпрф}^{1лхн}$  – запас  $m^3/га$  изымаемый при 1<sup>ой</sup> рубке Прф ЛХН;

$\sum M_{отп}^{2лхн}$  – отпад за период после 1<sup>ой</sup> РПрф до 2<sup>ой</sup> РПрф ЛХН;

$\sum M_{рфм}^{2лхн}$  – запас  $m^3/га$  изымаемый при рубках ухода формирования ЛХН после 1<sup>ой</sup> до 2<sup>ой</sup> рубки Прф;

$\sum M_{рпрф}^{2лхн}$  – запас  $m^3/га$  полученный при 2<sup>ой</sup> рубке Прф ЛХН;

$\sum M_{отп}^{хн}$  – запас  $m^3/га$  отпада хвойных за период доразрастания;

$\sum M_{рсхр}^{хв} (\sum M_{рдрщ}^{хв})$  – суммарный запас  $m^3/га$  полученный после второй рубки переформирования при проведении рубок ухода до смены поколений леса в доразрастаемом хвойном насаждении (формирования – сохранения), или  $\sum M_{рдрщ}^{хв}$  – запас  $m^3/га$  изымаемый при рубках ухода доразрастания хвойного, хвойно-лиственного насаждения – если они проводились;

$N_{клвп}^A$  – общая продолжительность комплексного цикла ЛВП по составляющим ( $N_{клвп}^A = N_{фм1}^A + N_{прф1}^A + N_{фм2}^A + N_{прф2}^A + N_{дрщ}^{Ахв} + N_{спл}^{Ахв}$ ), в т.ч.  $N_{фм1}^A$  – лет формирования до 1-ой РПрф,  $N_{прф1}^A$  – лет при двух приемной первой рубке переформирования,  $N_{фм2}^A$  – лет формирования до 2-ой РПрф,  $N_{прф2}^A$  – лет при двух приемной второй рубке Прф,  $N_{дрщ}^{Ахв}$  и возможно  $N_{спл}^{Ахв}$  – лет смены поколения хвойных, если она не одноприемная.

Аналогично составляются формулы определения среднего прироста запаса насаждения  $Z_m^{cp3}$  – для комплексов СЛВ с трехкратным переформированием насаждений, а также любых других КСЛВ (или КПЦСЛВ), в т.ч.: //Прз-Осн// или/и //Осн-Прз// (при периодическом сочетании основного цикла ЛВП хвойных с коротким циклом ЛВП мягколиственных); /Прз-Ркс-Осн/ (при сочетании короткого цикла ЛВП мягколиственных или иных малоценных насаждений с реконструкцией и последующим выращиванием коренных ценных насаждений) и других.

В СЛВ простых и сложных типов *при использовании специальных комплексных мероприятий расширенного ЛВП (внесения удобрений, мелиорации и др.)*, в т.ч. с рубками ухода, целесообразно оценивать их эффективность (влияние на прирост и депонирование углерода) на ЛВО в вариантах отдельного и совокупного применения, чтобы определить вклад каждой составляющей в достижение поставленной цели, а также возможный синергетический эффект, что позволит осуществлять выбор применяемых мероприятий с учетом затрат на их проведение (сопоставление затрат и полученного эффекта).

Сравнение эффективности вариантов лесовыращивания насаждений разного породного состава, структуры и применяемых простых и сложных, комплексных систем лесоводственных мероприятий может осуществляться путем сопоставления полученных при этом объемов среднего прироста запаса насаждения, древостоя, биомассы, в т.ч. относительно определенных базовых ЛВО и СЛВ в абсолютных и относительных показателях (м<sup>3</sup>/га/год и процентах).

$$\text{Соответственно: } Z_M^{\text{эф ср эксп}} = Z_M^{\text{ср эксп}} - Z_M^{\text{ср бзв}} \text{ м}^3/\text{га}/\text{год} \quad (26)$$

$$\text{или в процентах } PZ_M^{\text{эф ср эксп}} = \frac{Z_M^{\text{ср эксп}} - Z_M^{\text{ср бзв}}}{Z_M^{\text{ср бзв}}} \times 100 \quad (27)$$

$$\text{или } PZ_M^{\text{эф ср эксп}} = \frac{Z_M^{\text{эф ср эксп}}}{Z_M^{\text{ср бзв}}} \times 100, \quad (28)$$

где:

$Z_M^{\text{эф ср эксп}}$  – увеличение (уменьшение) среднего прироста запаса насаждения, древостоя, биомассы в экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ в сравнении с базовым (м<sup>3</sup>/га/год);

$Z_M^{\text{ср эксп}}$  – средний прирост запаса насаждения, древостоя, биомассы полученный в оцениваемом экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ;

$Z_M^{\text{ср бзв}}$  – средний прирост запаса насаждения, древостоя, биомассы полученный в базовом варианте ЛВО, СЛВ;

$PZ_M^{\text{эф ср эксп}}$  – превышение или снижение (уменьшение) среднего прироста запаса насаждения, древостоя, биомассы, получаемого в экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ относительно того же показателя в базовом варианте ЛВО, СЛВ в процентах.

На основе данных учета прироста и запасов древесины, соответственно, биомассы по комплексным циклам лесовоспроизводства, в т.ч. «выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений», и за любой период времени может определяться объем депонирования и консервации углерода<sup>5</sup> с использованием существующих методик расчёта содержания карбона в древесине, биомассе [16, 20, 21].

<sup>5</sup> При включении в состав объектов эксперимента участков мероприятий лесоводственных систем реконструктивного, санитарно-восстановительного, первично-восстановительного и начально-лесообразовательного типов для оценки сравнительной эффективности применяемых вариантов системных мероприятий и в целом рассматриваемых комплексов систем переходного и начально-лесообразовательного типов расчет совокупного прироста и, соответственно, депонирования (связывания и сохранения) углерода осуществляется с использованием приведенных методических положений с учетом динамики его накопления в почвенном пуле и стока в атмосферу при разложении отпада тем более значительных объемов в деградирующих малощенных лесных насаждениях, при распространении массовой патологии, а также послепожарных остатков поврежденных древостоев.

## Список источников

1. Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 534 «Об утверждении Правил ухода за лесами» (зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61555).
2. Приказ Минтруда России от 23.09.2020 № 644н «Об утверждении Правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при выполнении лесохозяйственных работ» (зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 № 61950).
3. Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах».
4. Постановление Правительства РФ от 07.10.2020 № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах».
5. Желдак, В.И. Функционально-целевая «карбоновая» система объектов лесоводства углерододепонирующего и углеродоконсервационного назначения: её формирование и использование / В.И. Желдак // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия : Лес. Экология. Природопользование. – 2022. – № 4(56). – С. 47–73. – DOI 10.25686/2306-2827.2022.4.47. – EDN MCZWSQ.
6. Технологическая реализация лесоводственных мероприятий, обеспечивающих эффективное выполнение лесами функций депонирования и консервации углерода / В.И. Желдак, Э.В. Дорощенко, А.Н. Сычева [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 3. – С. 5-25. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.01. – EDN ERIGWA.
7. Азаренок, В.А. Экологизированные технологии лесосечных работ / В.А. Азаренок, С.В. Залесов // Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.
8. Выбор технологии лесосечных работ в условиях устойчивого лесопользования / Ю.Н. Безгина, Э.Ф. Герц, В.В. Иванов, Т.А. Перепечина, Н.Н. Терин, А.Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. – 2015. – № 4(55). – С. 12–22.
9. Азаренок, В.А. Депонирование углерода при экологизированных рубках: совмещение ресурсной и биосферной функций лесов / В.А. Азаренок, А.И. Колтунова // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 4(83). – С. 53–54.
10. Pucher, C. Europe's Potential Wood Supply by Harvesting System. – Текст : электронный / Christoph Pucher, Gernot Erber, Hubert Hasenauer // Forests. – 2023. – № 14(2). – Р. 398. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/f14020398>.
11. Оценка воздействия проходных рубок ухода на древостои пробных площадей технопарка ПетрГУ / А.А. Селиверстов, В.М. Лукашевич, Ю.В. Суханов, А.Н. Пеккоев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Т. 3. – 2015. – № 2–1(13–1). – С. 108–112.
12. Алексеенко, А. Выбор природосберегающих видов рубок и технологии лесосечных работ для разновозрастных лесов и малонарушенных лесных территорий Дальнего Востока / А. Алексеенко, А. Ковалев // Устойчивое лесопользование. – 2018. – № 2(54). – С. 19–28.
13. К вопросу применения технологических схем разработки лесосеки на осушаемых землях Европейского Севера / Н.А. Дружинин, Ф.Н. Дружинин,



О.А. Васильева, Д.М. Корякина, С.В. Цыпилев // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 63. – С. 319–323.

14. О рубках обновления в Архангельской области / Е.А. Сурина, Н.С. Минин // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 63. – С. 83–87.

15. Желдак, В.И. Методика закладки и использования учетно-тренировочных пробных площадей при освоении лесоводственных мероприятий ухода за лесом / В.И. Желдак, Э.В. Дорощенко. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2024. – 34 с. – ISBN 978-5-94219-308-9. – EDN BQQEEE.

16. Первый пилотный карбоновый полигон в Калужской области: Методика и эксперимент по оценке запаса и поглощения углерода биомассой лесов / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, С.Л. Ипп [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 240. – С. 112-129. – DOI 10.21266/2079-4304.2022.240.112-129. – EDN QSQCSB.

17. Полигон «Урал-карбон» (Северка) / С.В. Залесов, В.В. Фомин, Е.П. Платонов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. – 2021. – № 3(78). – С. 4-14. – DOI 10.51318/FRET.2021.89.34.001. – EDN XJXPUR.

18. Приказ Минприроды России от 01.12.2020 № 993 «Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации» (зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 №61553).

19. Приказ Минприроды России от 27.06.2016 № 367 «Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их проведения, Формы технологической карты лесосечных работ, Формы акта осмотра лесосеки и Порядка осмотра лесосеки» (зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2016 № 45040).

20. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html>.

21. Методика учета поглощения CO<sub>2</sub> в лесах Российской Федерации / А.А. Мартынюк, А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев, Н.В. Малышева, В.В. Страхов [и др.]. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2017. – 82 с.

## Приложение

### Общая форма учетной карточки экспериментальных лесоводственных объектов (участков) – ЭЛВО, пробных площадей и данных проводимых на них работ

Участок № \_\_\_\_\_ Пробная пл. № \_\_\_\_\_

#### 1. Местонахождение, площадь, форма и назначение участка

Область, республика \_\_\_\_\_  
 Район \_\_\_\_\_ Населенный пункт \_\_\_\_\_  
 Лесничество или хозяйство (владелец участка) \_\_\_\_\_  
 Квартал и выдел \_\_\_\_\_ Урочище \_\_\_\_\_  
 Географические координаты: широта \_\_\_\_\_ долгота \_\_\_\_\_ румбы \_\_\_\_\_  
 Площадь участка \_\_\_\_\_ га Длина защитной полосы \_\_\_\_\_ м,  
 Ширина полосы \_\_\_\_\_ м Количество рядов в полосе \_\_\_\_\_  
 Вид (назначение) насаждений \_\_\_\_\_

Год закладки насаждений (естественного или лесокультурного, комбинированного происхождения) \_\_\_\_\_

#### 2. Категория земель, цель, организация создания насаждений

2.1 Категория земель и их использование до закладки лесных насаждений \_\_\_\_\_

#### 3. Характеристика ландшафтных, лесорастительных условий участка

3.1. Элемент рельефа на месте расположения участка, экспозиция и крутизна склонов \_\_\_\_\_

3.2. Тип лесорастительных условий \_\_\_\_\_

3.3. Тип или группа типов леса \_\_\_\_\_

3.4. Почва (механический состав, влажность и др. характеристики почвы) \_\_\_\_\_

#### 4. Общая характеристика участка

4.1. Таксационная характеристика участка по данным лесоустройства \_\_\_\_\_ г. и фондовым материалам

Выдел Площадь	Состав древостоя (по ярусам), подрост, подлесок	Порода	Возраст	Д	Н	Н, кол-во деревьев	Бонитет	ТЛ ТЛУ	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Мероприятия: проведенные / проектируемые м-я <sup>6</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

4.2. Происхождение (семенное – предварительного, последующего возобновления; вегетативное – \_\_\_\_\_ генерации; лесокультурное) \_\_\_\_\_

<sup>6</sup> Подробная информация приводится в п. 4.6, 4.8.

4.3. Характер смешения и размещения деревьев (равномерное, куртинное и т.п.) \_\_\_\_\_

4.4. Меры содействия естественному возобновлению лесообразующих растений \_\_\_\_\_

4.5. Схема смешения и размещения деревьев по породам в лесных культурах: исходная \_\_\_\_\_

сохранившаяся \_\_\_\_\_

4.6. Применявшиеся в насаждениях лесоводственные, лесозащитные и другие мероприятия и годы их проведения \_\_\_\_\_

4.7. Прочие особенности выращивания насаждений \_\_\_\_\_

4.8. Проектируемые мероприятия, в т.ч. очередные приемы лесоводственных рубок и др. \_\_\_\_\_

### **5. Данные натурного обследования участка**

Технологическая организация участка (наличие технологических коридоров), согласованная со схемой смешения (размещения) деревьев на участке и относительно коридоров \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_ лет. Породный состав \_\_\_\_\_

В том числе породы естественного происхождения и доля их участия в составе \_\_\_\_\_

Средняя полнота (сомкнутость полога) насаждения (при высоте до 3 м по сомкнутости крон и количеству деревьев в процентах) \_\_\_\_\_

Кл. бонитета насаждения \_\_\_\_\_

Густота и состояние имеющихся в насаждении и на соседней территории:

А) возобновление (подрост) лесообразующих пород:

под пологом на площади насаждения \_\_\_\_\_

на примыкающем к насаждению участке (шириной ... м) \_\_\_\_\_

Б) подлесок \_\_\_\_\_

В) напочвенный покров \_\_\_\_\_

Санитарное состояние насаждения и возможные причины отпада деревьев \_\_\_\_\_

Общая лесоводственная оценка состояния насаждения \_\_\_\_\_

Необходимые мероприятия по дальнейшему выращиванию насаждения \_\_\_\_\_

Схема пробной площади обследования (как и постоянной по п. 7) с необходимой и возможной детализацией

При необходимости уточнения имеющихся данных (лесоустройства или учета при проведении предшествующих мероприятий) закладываются пробные площади с учетом деревьев по форме, приведенной в разделе 10.

## **6. Технологическая организация (технологическая сеть) участка и технология очередных экспериментальных мероприятий**

6.1. Технология \_\_\_\_\_

6.2. Технологическая сеть (существующая или создаваемая, общая характеристика), год и сезон создания

Технологические коридоры насаждения (параллельные прямолинейные или непрямолинейные и т. п.) \_\_\_\_\_

Расстояние между технологическими коридорами: среднее \_\_\_\_\_ м  
(от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ м)

Ширина пасечных технологических коридоров (волоков): средняя \_\_\_\_\_ минимальная и максимальная (от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_)

(Расстояние между коридорами и их ширина измеряется не менее чем в 5-6 местах, в т.ч. самых узких и самых широких). Границы технологических коридоров с технологическими полосами устанавливаются на каждом конкретном участке протяженностью от 10-15 до 30-40<sup>7</sup> м по линиям, соединяющим со стороны коридора граничные деревья, подрост, другие элементы насаждения или даже точки на поверхности почвы, технологические воздействия, на которые не допускаются.

Магистральные технологические коридоры (волоки) \_\_\_\_\_

Погрузочные пункты. К-во \_\_\_\_\_, площадь \_\_\_\_\_ га, размеры \_\_\_\_\_ м, расположены (на поляне, с вырубкой деревьев на участке и т.п.)

## **7. Схема участка и размещения на нем пробных площадей (ПП обследования, временных, постоянных) с привязкой к закрепленным на месте и в картографических материалах объектам (квартальной сети и др.) – с географическими координатами**

<sup>7</sup> С учетом длины трелюемых (транспортируемых) технологических предметов (хлысты, сортименты и т.п.)

*Схема пробной площади (с указанием технологической территориальной структуры – коридоров, размещения растений в лесных культурах и других элементов)*

*Примечание.* Технологическая сеть, а также площадки и дороги разного назначения и происхождения, ручьи, овраги и др. элементы, имеющие лесоводственное и технологическое значение, подлежащие сохранению, возможному использованию и др., наносятся на общую схему.

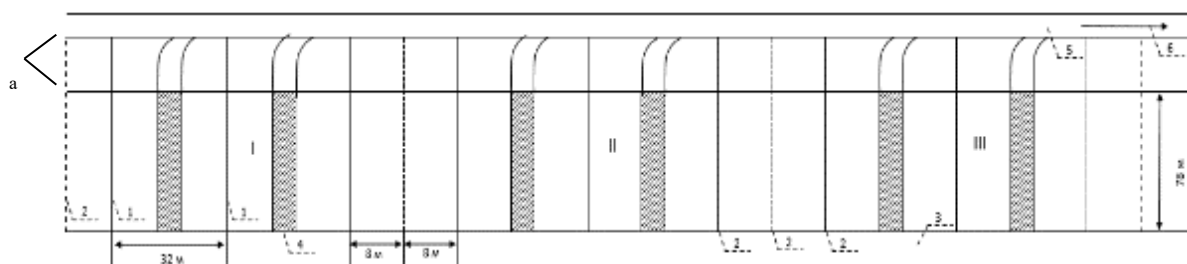
**8. Пробные площади (ПП) – постоянные и временные, в т.ч. обследования**

- Количество
- Размеры
- Схема размещения и привязка
- Фото, в т.ч. целевых фрагментов \_\_\_\_\_

ПП закладываются обычно прямоугольной формы<sup>8</sup> в типичных местах участка от границы участка в лесу не менее чем на 15-20 м (опушки с безлесным пространством 25-30 м). На участках после проведения рубок ухода и других мероприятий ПП включают отрезки 2-3-х полных пасек с технологическими коридорами. Отграничиваются двумя визирами, проложенными поперек пасек, и двумя по центрам технологических коридоров, а при необходимости и по центрам технологических полос. Составляются схемы ПП с нанесением на них размеров граничных линий, ширины пересекаемых коридоров, технологических полос, а также привязок ПП к квартальной сети (рис. 1). При прокладке граничных визиров затеска оставляемых деревьев не допускается. Площадь постоянных пробных площадей: рабочих секций не менее 0,5-0,6 га, контрольных – 0,25-0,30 га. Вокруг секций оставляется защитная полоса шириной обычно не менее 15-20 м. Для учета возобновления, подроста (а также в сочетании – подлеска и др. компонентов напочвенного покрова) на ППП намечаются специальные учетные площадки (круговые, прямоугольные в количестве не менее 25-30 шт.) или ленты, разделяющиеся на отрезки – учетные площадки (рис. 2).

---

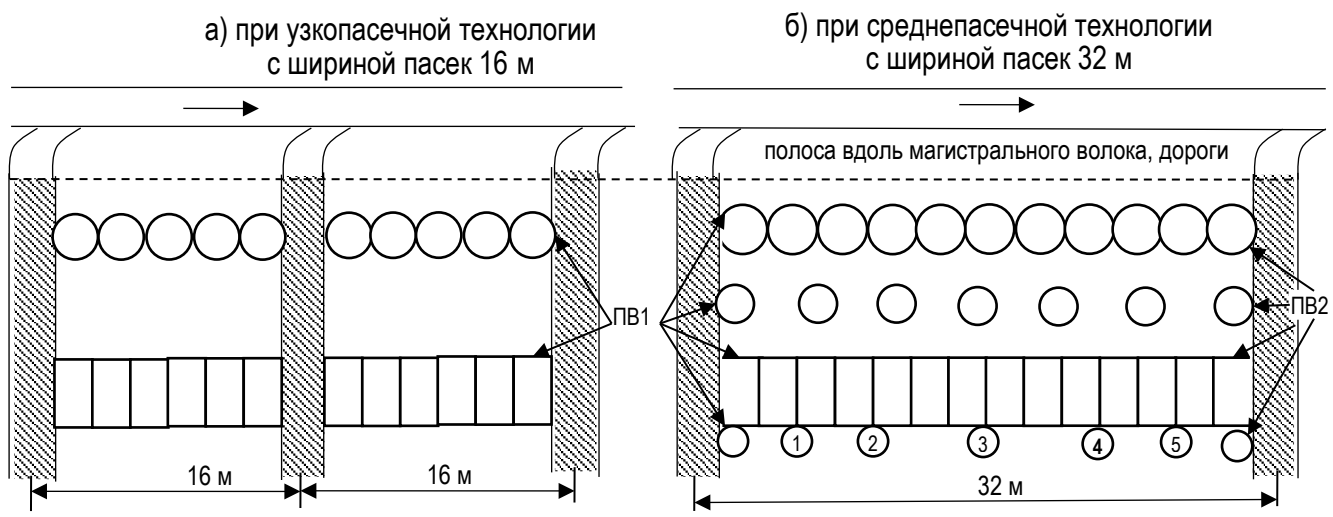
<sup>8</sup> За исключением ПП на полосных, опушечных, островных и иных специфических природных участках насаждений.



**Обозначения:**

- 1 – границы пасек;
- 2 – границы защитных полос между экспериментальными участками и по их периметру (по ширине);
- 3 – защитная полоса по периметру всего участка, 3а – полоса вдоль дороги;
- 4 – пасечный технологический коридор;
- 5 – лесовозная дорога;
- 6 – направление вывозки.
- I, II, III – экспериментальные участки по вариантам интенсивности рубки ухода одного типа насаждений по породному составу.

**Рисунок 1. Схема компактного размещения экспериментальных участков (пробных площадей) одного типа насаждений по породному составу**



**Обозначения:**

- ПВ1 и ПВ2 – приволоковые площадки;
- 1-5 – площадки, представляющие разные части технологической полосы.

**Рисунок 2. Схемы пробных площадей с размещением учетных площадок в технологических полосах (при прямолинейных коридорах)**

Рабочие ПП на участках без технологической сети (как и контрольные) площадью 0,25-0,30 га закладываются прямоугольной формы или круговые постоянного радиуса.

В молодняках (при установленной постоянной величине пробной площади) учет деревьев, всех элементов насаждения, осуществляется на части ПП – учетных площадках так же, как и подроста на рис. 2. С увеличением высоты молодняка и уменьшением количества деревьев величина учетных площадок молодняка (УчПМ) увеличивается до 15, 20, 25 м<sup>2</sup> (с размерами 3×5 м, 4×5 м, 5×5 м и иными параметрами сторон, или круговые R- 2,2; 2,5; 2,8 м) соответственно.

Во всех вариантах УчПМ общем количестве деревьев на них должно быть не меньше 250 шт.

**9. Выделяемые оставляемые (ценные) деревья и другие элементы насаждения, подлежащие сохранению (при рубках ухода и рубках лесовозобновления (главного пользования), санитарных рубках и рубках реконструкции)**

Оставляемые деревья I, II и III ярусов диаметром 8 см и выше отмечаются на постоянных пробных площадях номерами, нанесенными масляной краской на стволы деревьев на высоте 1,3 м (после зачистки корки без повреждения камбия) с одной стороны.

Тонкомерные оставляемые деревья (диаметром 4-6 см) отмечаются без нанесения их учетных номеров.

Вырубаемые деревья отмечаются в установленном порядке.

С учетом формы участков и пробных площадей существенного влияния прорубаемых технологических коридоров на освещенность насаждений в технологических полосах между коридорами, а также и для рациональной организации проведения всех учетных работ, нумерацию, отметки деревьев для установления направления измерений их диаметров целесообразно наносить от волока (коридора) к границам пасек. Экспериментальные площадки учета подроста, подлеска, других учитываемых элементов под пологом насаждений необходимо располагать (закладывать) последовательно, также перпендикулярно направлениям технологических коридоров.

При этом все повторные измерения диаметров деревьев осуществляются в двух фиксированных направлениях: на высоте 1,3 м от указанной отметки перпендикулярно направлению коридоров и параллельно им с точностью 0,1 см обычно мерной вилкой или с большей точностью электронным прибором (можно использовать и измерение окружности стволов с предварительным очищением корки по всей окружности ствола, а не только в точках измерений диаметров).

**10. Описание деревьев**

(Происхождение древостоя \_\_\_\_\_)

№ дерева	Порода (Прс)	Д	Ярус <sup>9</sup>	Кт жизнеспособности	Класс роста	Кл. по л/б кл.	Условия роста	Повреждения	Высота общая	Высота до кроны	Другие особенности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- **Гр.1** – последовательно указываются номера отмеченных оставленных деревьев, другие деревья рядом с ними указываются под номерами с индексом. К намечаемым в рубку добавляется буква р (З<sup>1</sup>р и т.д.).

- **Гр.2** – (Прс) – заполняется при наличии деревьев различного происхождения (семенного искусственного: СмПв – посев; СмПд – посадка; семенного

<sup>9</sup> Разделение деревьев по ярусам осуществляется исключительно по высоте (разница средних высот не менее 20%) независимо от их количества и совокупного запаса.

естественного – СмЕс; вегетативного – Вг, в т.ч. \_\_\_\_ генераций). Общее происхождение указывается перед таблицей.

- **Гр.3** – Дд/Дп-Дд – диаметр дерева на высоте 1,3 м, Дп – диаметр пня на высоте 0,15 м может измеряться у трех типичных деревьев каждой двухсантиметровой ступени толщины (тех же, у которых измеряются высоты) для установления коэффициента связи с диаметром ствола на 1,3 м при учете вырубленных деревьев по пням.

- **Гр.5** – Кт – категория жизнеспособности деревьев, которая устанавливается на основе используемых в лесоводстве и лесозащите признаков (в т.ч. в нормативных правовых документах по уходу за лесом, санитарной безопасности и другим) с небольшими изменениями, связанными с расширением количества категорий деревьев по состоянию и жизнеспособности до шести или семи (при включении сухостоя в общую шкалу учета и обработки) с выделением двух промежуточных категорий жизнеспособности<sup>10</sup> и введением для удобства расчетов принципа «чем выше жизнеспособность, тем больше цифровой показатель»:

*7 категория* – деревья практически абсолютно здоровые, отличного состояния и жизнеспособности, без признаков ослабления – наиболее здоровые, жизнеспособные, перспективные;

*6 категория* – деревья здоровые, хорошего состояния, малоослабленные, жизнеспособные, относительно перспективные, медленно теряющие жизнеспособность и функциональную ценность;

*5 категория* – деревья удовлетворительного состояния и жизнеспособности – средне- (существенно) ослабленные, относительно жизнеспособные, явно теряющие функциональную ценность, малоперспективные в данных условиях, с сохраняющимся потенциалом значительного улучшения состояния при создании благоприятных условий;

*4 категория* – деревья относительно неудовлетворительного состояния и жизнеспособности – сильноослабленные (с сомнительной жизнеспособностью), неперспективные, быстро теряющие функциональную ценность, слабо реагирующие на улучшение условий, но частично сохраняющиеся при этом продолжительный период времени;

*3 категория* – деревья неудовлетворительного состояния и жизнеспособности – очень сильно ослабленные, нежизнеспособные в данных условиях, но при создании благоприятных условий отдельные деревья могут сохраняться продолжительное время;

*2 категория* – деревья крайне (исключительно) неудовлетворительного состояния, отмирающие, нежизнеспособные;

*1 категория* – сухостой, в т.ч.;

*1.1* – свежий сухостой;

*1.2* – старый сухостой.

---

<sup>10</sup> При этом приведенные качественные характеристики и относительные отличия деревьев, относящихся к определенным категориям, наполняются конкретными критериями, устанавливаемыми в процессе подготовительных (учебно-тренировочных работ) для каждого типа насаждений в районе исследований (и с учетом местного опыта)



(Конкретные индикаторы критериев по категориям устанавливаются с учетом комплекса местных условий в пределах лесоводственных округов, районов, а также и выделенных в локальном районе исследований определенных типов лесных насаждений разного породного состава и состояния).

Основные установленные причины ослабления и отмирания деревьев указываются в Примечании к табл. учета 2, в т.ч. для краткости с закреплением за ними определенного шифра (корневая губка – Кг, рак серянка – Рс, опенок – Оп, определенные механические повреждения и т.п.). Примерное соотношение категорий приведенной шкалы с традиционной: деревья 7-й категории  $\approx$  те же, что I по традиционной шкале; 6  $\approx$  II (большая часть или все); 5 – часть II-й и лучшая часть III-ей, для ориентировочных расчетов – только более жизнеспособная половина деревьев III-ей категории; 4 – менее жизнеспособная половина деревьев, относящихся традиционно к III категории; 3 – более жизнеспособная часть деревьев IV категории; 2 – оставшаяся половина деревьев IV категории); 1 – объединяющая категория свежего 1.1 и старого 1.2 сухостоя (с подразделением для последующей обработки и детального анализа).

- **Гр.7** – Кл.л.б. – в прошлом сходные с категориями традиционной классификации (Л – лучшие, В – вспомогательные, Н – нежелательные, подлежащие рубке).

При этом для детального учета *среди лучших выделяются*:

- наиболее (или самые, исключительно) лучшие (ИЛ), отличающиеся от других ярко выраженными признаками и, в первую очередь, относимые к оставляемым в насаждении;
- среднелучшие (СЛ) – со средневыраженными признаками лучших, относимых к оставляемым в насаждении во вторую очередь;
- относительно лучшие (МЛ) – со слабо- или маловыраженными признаками лучших деревьев, которыми в необходимом количестве дополняются оставленные деревья первых двух категорий лучших.

Аналогично *подразделяются вспомогательные деревья* на:

- оптимально вспомогательные (ИВ);
- средне- или умеренно вспомогательные (СВ);
- слабо выполняющие вспомогательную функцию – мелкие, сильно ослабленные и т.п. (МВ), т.е. вспомогательная роль которых явно невелика;
- относительно вспомогательные (ОВ), т.е. оказывающие как положительное, так и частично отрицательное влияние на лучшие – промежуточная категория между вспомогательными и нежелательными.

*Среди нежелательных выделяются*:

- относительно нежелательные (МН), которые при определенных условиях можно и оставить в насаждении;
- средненежелательные (СН), которые при оставлении их в насаждении будут оказывать существенное отрицательное влияние на лучшие;
- исключительно (или наиболее) нежелательные (ИН), оставление которых в насаждении приведет к значительным отрицательным последствиям.

В зависимости от конкретных условий, характеристик насаждений и целей

рубков ухода для выделения приведенных категорий деревьев используются соответствующие известные лесоводственные признаки, в т.ч. те, что применяются в любых других классификациях деревьев.

- **Гр.8** – Условия роста (б – благоприятные, иб – исключительно благоприятные, сб – среднеблагоприятные, об – относительно благоприятные, н – неблагоприятные – для угнетенных деревьев, также с подразделением на относительно неблагоприятные – ОНБ, средннеблагоприятные – СНБ, исключительно неблагоприятные – ИНБ).

Сочетание лесоводственно-биологических характеристик деревьев и характеристик их фитоценологических экологических условий в насаждении обеспечивает возможное разделение при рубках ухода деревьев на единицы своеобразной *лесоводственно-биоэкофитоценологической классификации*, которыми непосредственно определяется не только роль объединенных ими деревьев в насаждении, но и уровень потребности в уходе за лучшими (табл. 2).

На основе учета деревьев по лесоводственно-биоэкологической классификации может проектироваться изменение рубкой ухода количества лучших деревьев (в т.ч. в %) по условиям роста в насаждении, для которых необходимо и возможно – доступно (с учетом ограничения разреживания, сохранения устойчивости насаждения и др. факторов) улучшить исходные (сложившиеся) условия роста в насаждении: «неблагоприятные – в благоприятные» или с учетом выделения подкатегорий – до категории более высокого уровня, т.е. от исключительно неблагоприятных до исключительно благоприятных<sup>11</sup>.

*Проектируемые изменения рубкой ухода количества лучших деревьев лесоводственно-биологической классификации по условиям роста в насаждении (устанавливаемые на пробных площадях)*

Категории лесоводственно-биологической классификации	Количество лучших деревьев – до ухода / проектируемое после ухода по условиям роста в насаждении						
	всего	благоприятные – бл			неблагоприятные – нбл		
		ибл	сбл	обл	онбл	снбл	инбл
1	2	3	4	5	6	7	8
Исключительно лучшие – ИЛ							
Среднелучшие – СЛ							
Относительно лучшие – ОЛ							

<sup>11</sup>На особо ценных участках, а также при проведении исследований и при реализации целевых проектов подобным образом может учитываться и перспектива улучшения условий роста вспомогательных деревьев для улучшения выполнения ими целевых функций, а также ограничения возможности удаления конкретных нежелательных, исключительно нежелательных деревьев (для сохранения устойчивости древостоев), оставление которых не будет влиять на оценку качества ухода.

Таблица 2

**Схема выделения комплексных классификационных единиц деревьев  
лесоводственно-биоэкологической классификации деревьев –  
«лучших» при рубках ухода**

№№ пп	Категории (и под- категории) дере- вьев по ком- плексу лесовод- ственно-биоло- гич. признаков	Категории фитоценологических условий произрастания деревьев в насаждении					
		ИБ исклю- чительно или наибо- лее благо- приятные	СБ средне благопри- ятные	ОБ отно- сительно благопри- ятные	ОНБ отно- сительно неблагопри- ятные	СНБ средне неблаго- приятные	ИНБ ис- ключи- тельно неблагопри- ятные
1	«Л» лучшие						
1.1	ИЛ исклю- чительно лучшие	<b>ИЛ.ИБ</b>	<b>ИЛ.СБ</b>	<b>ИЛ.ОБ</b>	<b>ИЛ.ОНБ</b>	<b>ИЛ.СНБ</b>	<b>ИЛ.ИНБ</b>
1.2	СЛ среднелуч- шие	<b>СЛ.ИБ (СЛБ)</b>	<b>СЛ.СБ</b>	<b>СЛ.ОБ</b>	<b>СЛ.ОНБ</b>	<b>СЛ.СНБ</b>	<b>СЛ.ИНБ</b>
1.3	ОЛ относи- тельно лучшие	<b>ОЛ.ИБ</b>	<b>ОЛ.СБ</b>	<b>ОЛ.ОБ</b>	<b>ОЛ.ОНБ</b>	<b>ОЛ.СНБ</b>	<b>ОЛ.ИНБ</b>

**Примечания:**

*I очередь рубки ухода: ИЛ.ИНБ; ИЛ.СНБ; СЛ.ИНБ*

*II очередь рубки ухода: ИЛ.ОНБ; СЛ.СНБ; ОЛ.ИНБ*

*III очередь рубки ухода: ИЛ.ОБ; СЛ.ОНБ; ОЛ.СНБ*

*IV очередь рубки ухода: ИЛ.СБ; СЛ.ОБ; ОЛ.ОНБ*

*Рубки ухода не нужны или потребность в них незначительная: ИЛ.ИБ; СЛ.ИБ; ОЛ.ИБ;  
СЛ.СБ; ОЛ.СБ; ОЛ.ОБ*

**- Гр.9 – Повреждения указываются по видам и категориям (табл. 3).**

Таблица 3

**Классификация повреждений деревьев по видам и категориям**

Виды повреждений	Категории повреждений				
	1. Очень сильные	2. Сильные	3. Средние	4. Слабые	5. Очень слабые
1	2	3	4	5	6
1. Слом ствола, в т.ч. вершины, от общей вы- соты дерева	1.1. На 1/4 и более	2.1. Менее 1/4 до 4-го- дич. приро- стов	3.1. 2-3-го- дичн. приро- ста	4.1. 1-годичн. прироста	5.1. -
2. Наклон дерева – угол отклонения от исходного (вертикального) положе- ния	1.2. Более 30°	2.2 30-20°	3.2. Менее 20° до 10°	4.2. Менее 10° до 5°	5.2. Менее 5°
3. Ошмыг кроны – от ее общей протяженности или окружности	1.3. Более 1/2	2.3. 1/2 – 1/3	3.3. Менее 1/3 до 1/4	4.3. Менее 1/4 до 1/8	5.3. Менее 1/8 или по верх- ностный
4. Обдир коры с повре- ждением луба, % от окружности ствола	1.4. Более 30%	2.4. 30-20%	3.4. Менее 20% до 10%	4.4. Менее 10% до 2 см	5.4. Менее 2 см
5. Облом и обрыв ске- летных корней по окруж- ности ствола	1.5. Более 1/2	2.5. 1/2 – 1/3	3.5. Менее 1/3 до 1/4	4.5. Менее 1/4 до 1/8	5.5. Менее 1/8

– **Гр.10** – Высоты указываются для части типичных деревьев, в расчете, чтобы охватить все типы деревьев по толщине и по категориям жизнеспособности (для построения графиков высот по каждой категории).

– **Гр.11** – Высоты на тех же деревьях до начала кроны.

## **11. Подрост и подлесок**

11.1. Учет количества и оценка состояния подроста.

Осуществляется на 30-40 обычно круговых (но возможно и прямоугольных) площадках (подроста и подлеска) с указанием породы, высоты (или высотной группы: до 0,5; 0,6-1,0; 1,1-1,5; 1,6-2,0; 2,1-2,5; 2,6-3,0<sup>12</sup> м и т.д.), а для подроста – и категорий жизнеспособности, связанной со степенью его угнетения (и условиями роста), возрастом (и периодом угнетения), при этом конкретные индикаторы критериев выделяемых категорий устанавливаются по лесоводственным округам или районам, в т.ч. в локальном территориальном образовании с учетом комплекса местных условий:

**6 категория** – здоровый, наиболее жизнеспособный и перспективный, обычно неугнетенный, растущий в благоприятных условиях («окнах» по опушкам, вдоль коридоров и др.) достаточно молодой. Прирост верхушечного побега значительно превышает прирост боковых.

**5 категория** – малоослабленный, достаточно (средне) жизнеспособный, слабоугнетенный, в относительно благоприятных условиях (под разреженным пологом, в «окнах» и др.), обычно в возрасте до 25-30 лет в зоне хвойно-широколиственных лесов ЕЧР<sup>13</sup> и 30-35 в подзоне южной тайги. Прирост верхушечного побега обычно несколько превышает прирост боковых.

**4 категория** – среднеослабленный, относительно жизнеспособный, угнетенный, нередко в возрасте 25-35 (до 40) лет в зоне хвойно-широколиственных лесов ЕЧР и 40-50 лет в подзоне южной тайги, при наличии ухода вполне перспективный. Прирост верхушечного побега примерно равен приросту боковых.

**3 категория** – сильно ослабленный с сомнительной жизнеспособностью и неперспективный при отсутствии ухода, способный к выживанию при соответствующем уходе, но, как правило, не достигающий при этом уже полной потенциальной продуктивности, обычно сильно угнетенный, часто сравнительно высокого возраста (40 лет и больше в условиях ХШЛ ЕЧР и 50 лет – ЮЖТ), прирост верхушечного побега меньше прироста боковых.

**2 категория** – очень сильно ослабленный, нежизнеспособный в данных условиях, но при создании благоприятных условий уходом отдельные деревья могут выживать при этом (адаптируются продолжительный период, значительно не достигая уже полной потенциальной продуктивности).

**1 категория** – отмирающий, нежизнеспособный при любом уходе.

**01 категория** – сухой.

---

<sup>12</sup> Для данной работы деревья высотой более 3 м (диаметром 4 см и больше целесообразно включать в нижний ярус древостоя, независимо от их количества).

<sup>13</sup> Указанный критерий сильно меняется в зависимости от природной зоны и других региональных и локальных условий.

Величина учетной площадки устанавливается в зависимости от общего количества учитываемых растений и равномерности размещения их по площади. При количестве подроста до 4-5 тыс. шт. на 1 га величина площадок принимается в пределах 10 м<sup>2</sup> (круговым радиусом 1,78 м), с увеличением количества величины УчП уменьшаются до 5-3 м<sup>2</sup> (с соответствующим радиусом). Аналогично устанавливается и площадь прямоугольных площадок.

Круговые площадки располагаются равномерно по площади (по визирам) и закрепляются пикетами (колышками в центре). Шестом, равным радиусу круга, постепенно делая круг, учитывают попадающие в него – подрост (все не вошедшие в пересчет мелкие деревья) и подлесок, кустарники. Для подроста, помимо количества, высоты указывается категория жизнеспособности.

#### *Ведомость учета подроста и подлеска*

№ учетных площадок (УчП)	Количество жизнеспособного подроста по категориям крупности по породам (h, м – КтЖ)						Характеристика подлеска		
	мелкий (до 0,5 м)	средний (0,6-1,5 м)	крупный			всего	Пд	К-во	Н
			1,6-2,0 м	2,1-2,5 м	2,6-3,0 м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									
...									
30									
Всего на УчП							х	х	х
Всего в пересчете на крупный							х	х	х
Всего на 1 га							х	х	х

#### Пример.

1. Е – 1-2 м, 3 Кт, Лщ – 2-1,8 м (Первая площадка: ель – 1 экз. высотой 2 м, 3-ей категории и лещина – 2 экз. высотой 1,8 м)
2. Лп – 1-2,5 м, 2 Кт, Лщ – 3-2,0 м (Вторая площадка: липа – 1 экз. высотой 2,5 м, 2 категории и Лщ в подлеске – 3 экз. высотой 2,0 м)

#### 11.2. Возраст и др. характеристики подроста:

- средний \_\_\_\_\_
- возрастная структура подроста (по породам), количество по возрастным группам с указанием среднего возраста группы (от \_\_\_\_ до \_\_\_\_ )
- другие характеристики подроста \_\_\_\_\_

#### 11.3. Характеристика подлеска по породам, высоте, густоте, сомкнутости полога

---



---

#### Пример.

Лщ: h – до 3 м – 5 т.шт/га – 0,8  
 Крш: h – до 2 м – 7 т.шт/га – 0,7  
 Формула: Пдл:Лщ (до 3-5 т./га) Крш (до 2-7 т./га) 0,7

### **12. Напочвенный покров**

(видовой состав, проективное покрытие в %)

Напочвенный покров оценивается глазомерно (указывается видовой состав и проективное покрытие).

### 13. Динамика прироста, хода роста древостоев и подроста в связи с рубками ухода

Устанавливается в зависимости от решаемых задач для всего насаждения или отдельных его частей, включая деревья всех ярусов древостоя и подроста.

В целях сокращения объемов работ для изучения динамики прироста и хода роста древостоев и подроста выбираются из общего количества обследованных участков (пробных площадей) несколько типичных, представляющих определенные группы насаждений, выделенные исполнителем по группам типов леса, составу, в т.ч. лиственной части насаждения, и другим признакам (указываются в характеристике групп).

Основные данные для изучения динамики прироста древостоев в связи с рубками ухода (в т.ч. переформирования насаждений) получают на растущих модельных деревьях, отбираемых из каждой ступени толщины типичных участков. При этом керны для изучения прироста берутся на высоте 1,3 м с 2-х или 4-х сторон. Одно направление – перпендикулярно направлению технологических коридоров с фиксацией (измерением) расстояния дерева от волока. Соответственно, второе направление параллельно направлению волока.

Керны целесообразно брать длиной, равной полному радиусу дерева (возрастным буровом). В целях синхронного учета и обработки данных прироста разных пробных площадей по годам, керны отбираются в один год после завершения вегетативного периода. Получение сравнительных результатов обеспечивается путем сопоставления текущего прироста по периодам, включающим одинаковые календарные годы (рис. 3).

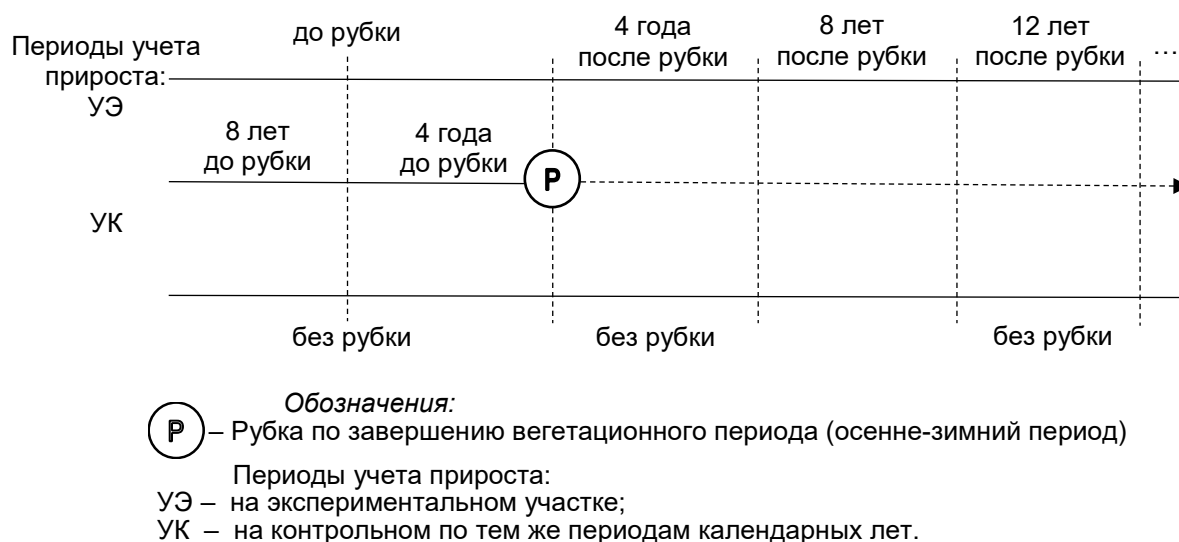


Рисунок 3. Схема выделения периодов учета прироста в связи с рубкой

Для сохранности кернов целесообразно заранее заготовить (склеить) для них отдельные парные пакетики (пеналы) из бумаги. На пакетике перед закладкой в него керна указывается №ПП, №Д описанного в журнале. Хранить керны до их обработки (измерений) целесообразно в холодильнике.

Ход роста *подроста* (изменение прироста в связи с рубками) в возрастных

группах по высоте определяется не менее чем по 12-15 растущим модельным деревьям, преимущественно по сохранившимся мутовкам на стволах хвойных с необходимой проверкой на срезах (или кернах) по годичным кольцам (на трех модельных деревьях).

Текущий прирост подроста ( $Z_h$ ), в т.ч. в связи с поведением мероприятий с рубкой и без рубки модельных деревьев, представляющих разные высотно-возрастные группы и категории.

- текущий  $Z_h$  до проведения мероприятия (за \_\_\_\_\_ лет) \_\_\_\_\_
- текущий  $Z_h$  после проведения мероприятия (за \_\_\_\_\_ лет) \_\_\_\_\_

Для изучения хода роста деревьев хвойных пород в связи с рубками ухода отбираются на одном или нескольких типичных модельных участках наиболее типичные (по экспертной оценке исполнителя) деревья, на которых берутся спилы в соответствии с принятой методикой изучения хода роста деревьев по модельным деревьям в лесной таксации (до завершения эксперимента модели берутся за пределами пробных площадей).

При этом для учета специфики хода роста в связи с меняющимися фитоценотическими условиями, в т.ч. в связи с рубками ухода, под пологом и после освобождения (рубками переформирования, обновления, смены поколений леса) целесообразно взятие спила у шейки корня на высоте 0,5 м, 1,0 м (1,3 м), 1,5 м, 2 м, 2,5 м, 3,0 м и т.д. через 0,5 м. Для деревьев второго яруса, достигших по высоте кроны деревьев верхнего яруса в вершинной части (0,5-1,0 м), по спилам через 0,1-0,3 м устанавливается фактическое снижение прироста в высоту по годам (возрасту деревьев).

На участках хвойных древостоев, достигших возраста спелости после переформирования и поступивших в рубку, целесообразно отобрать типичные молодые деревья из разных частей полога (верхней, средней, нижней) для изучения полного хода роста деревьев и древостоев за весь период лесовыращивания.

**Желдак Владимир Иванович**  
заведующий лабораторией лесоводства и использования лесов ФБУ ВНИИЛМ,  
доктор биологических наук

**МЕТОДИКА  
ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ  
НА ДЕПОНИРОВАНИЕ И КОНСЕРВАЦИЮ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ  
(при «выращивании – переформировании лиственно-хвойных  
насаждений»)**

Научно-методическое издание

(в авторской редакции)

**Текстовое электронное издание**

Корректор *Е.Б. Кузнецова*  
Компьютерная верстка *С.А. Трушенкова*

Подписано к использованию 15.12.2025

Объем 1.2 МБ

Тираж 10 CD-ROM

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства  
и механизации лесного хозяйства.  
Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15  
[www.vniilm.ru](http://www.vniilm.ru), e-mail: [info@vniilm.ru](mailto:info@vniilm.ru)  
Тел.: +7 (495) 993-30-54