

МИНИСТЕРСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОЕКТ «РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»

TF0A1173  
ГЭФ/ВСЕМИРНЫЙ БАНК

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель  
Министра лесного хозяйства

\_\_\_\_\_ В. Шатравко

ОТЧЕТ №4  
по **Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18**  
от 24 августа 2018 года

**Отчет, содержащий Методику оценки депонирования углерода порубочными остатками при проведении рубок главного пользования (сплошных, несплошных), а также Рекомендации и комплекс мероприятий по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных сплошными и несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочных остатков по результатам мониторинга, с учетом баланса социально-экологических и потребительских интересов лесопользования**

Мероприятие 3.1.3.3: Проведение оценки и мониторинга содержания питательных веществ и углерода в почве, а также состояния биоразнообразия на участках проведения рубок главного пользования, на которых осуществляется заготовка древесины, а также порубочных остатков в соответствии с Критериями, разработанными по инициативе Круглого стола по обеспечению устойчивого производства и использования биомассы. Оценка и ежегодный мониторинг и регистрация результатов будут осуществляться на ряде пилотных участков на протяжении всего периода реализации проекта

Консультант:

Белорусский государственный  
технологический университет,  
Ректор

\_\_\_\_\_ И. Войтов

Минск 2019



Funded by Global Environment Facility (GEF)

Ministry of Forestry of the  
Republic of Belarus

## КОНТРАКТ № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18

от 24 августа 2018 года

### МЕРОПРИЯТИЕ 3.1.3.3.

### ЭТАПЫ 5 И 6

#### Этап 5

*Разработка Методики оценки депонирования углерода порубочными остатками при проведении рубок главного пользования (сплошных, несплошных) в разрезе двух основных лесобразующих пород (ель, сосна). На основе разработанной Методики и данных по депонированию углерода биомассой порубочных остатков на рубках главного пользования, полученных в том числе на пробных площадях, рассчитать общее депонирование углерода биомассой порубочных остатков на участках рубок главного пользования в лесном фонде Беларуси. Для расчета условно принять среднюю ежегодную площадь рубок главного пользования, в том числе несплошных за последние пять лет*

#### Этап 6

*Разработка рекомендаций и комплекса мероприятий по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных сплошными и несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками по результатам мониторинга, с учетом баланса социально-экологических и потребительских интересов лесопользования*

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Интеграция экспертных решений механизма реализации цели Мероприятия 3.1.3.3. Общая редакция по материалам выполнения

И.В. Войтов, доктор  
технических наук,  
БГТУ

Руководитель проекта, руководитель этапов, доктор сельскохозяйственных наук, БГТУ

Л.Н. Рожков,  
все разделы, введение,  
краткое содержание,  
раздел 6.1.4, заключение,  
приложение

Ответственный исполнитель, ведущий специалист РУП «Белгослес»

Р.С. Бузуновский,  
разделы 5.2, 6.1.4,  
выводы

Ответственный исполнитель, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, БГТУ

Г.Я. Климчик,  
разделы 6.1.1, 6.1.2,  
6.1.3

Ответственный исполнитель, ведущий инженер РУП «Белгослес»

В.Л. Красовский,  
раздел 5.1, выводы

Ответственный исполнитель, старший преподаватель кафедры менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития, БГТУ

Д.Г. Малашевич,  
разделы 6.1.4, 6.2,  
выводы

Исполнитель, кандидат сельскохозяйственных наук

Л.Л. Навойчик,  
Раздел 6.1.4

---

*Настоящий отчет подготовлен в рамках проекта «Развитие лесного сектора Республики Беларусь» при финансовой поддержке Глобального экологического фонда (ГЭФ). Содержащиеся в нем выводы, толкования и заключения могут не отражать мнения Всемирного банка, Совета исполнительных директоров Всемирного Банка или правительств представляемых ими стран, а также агентств и доноров ГЭФ. Всемирный банк и ГЭФ не гарантируют точности данных, представленных в настоящей публикации. Границы, цвета, наименования и другая информация, указанная на картах, содержащихся в настоящей публикации, не являются выражением мнения Всемирного банка относительно правового статуса какой-либо территории либо поддержки или признания границ.*

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ТАБЛИЦ .....	6
СПИСОК РИСУНКОВ .....	7
ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ, ТЕРМИНОВ С ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ .....	8
КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ .....	12
ВВЕДЕНИЕ .....	16
<b>5. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ. ПРОГНОЗ ОБЩЕГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕ- РОДА БИОМАССОЙ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ НА УЧАСТКАХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БЕЛАРУСИ НА ПЕРСПЕК- ТИВУ 2030 И 2050 ГОДОВ НА ОСНОВЕ СРЕДНЕЙ ЕЖЕГОДНОЙ ПЛОЩАДИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПЯТЬ ЛЕТ .....</b>	<b>17</b>
5.1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ .....	18
5.1.1. Общеметодологические подходы в содержании Методики .....	18
5.1.2. Расчет углерода, депонированного порубочными остатками .....	20
5.1.3. Расчет эмиссии (выбросов в атмосферу) углерода от разложения порубоч- ных остатков .....	23
5.1.4. Расчет депонирования углерода на возобновляющейся лесосеке .....	25
5.2. ПРОГНОЗ ОБЩЕГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА БИОМАССОЙ ПОРУ- БОЧНЫХ ОСТАТКОВ НА УЧАСТКАХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БЕЛАРУСИ НА ПЕРСПЕКТИВУ 2030 И 2050 ГОДОВ НА ОСНОВЕ СРЕДНЕЙ ЕЖЕГОДНОЙ ПЛОЩАДИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПЯТЬ ЛЕТ .....	26
5.2.1. Главное пользование лесом и его перспективы в Республике Беларусь .....	26
5.2.2. Объемы биомассы порубочных остатков при проведении рубок главного пользования .....	32
5.2.3. Прогноз общего депонирования углерода биомассой порубочных остатков на участках рубок главного пользования .....	35
5.2.4. Использование порубочных остатков .....	36
<b>6. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СО- ХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СО- ДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И МИНИМИЗАЦИИ ЭМИССИИ УГ- ЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УЧАСТКАХ, ПРОЙДЕННЫХ СПЛОШНЫМИ И НЕ- СПЛОШНЫМИ РУБКАМИ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЮ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА, С УЧЕТОМ БАЛАНСА СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПОТРЕБИТЕЛЬ- СКИХ ИНТЕРЕСОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ .....</b>	<b>40</b>
6.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕ- НИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И МИ- НИМИЗАЦИИ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УЧАСТКАХ, ПРОЙДЕН- НЫХ СПЛОШНЫМИ/НЕСПЛОШНЫМИ РУБКАМИ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВА- НИЯ И ОБРАЩЕНИЮ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА, С УЧЕТОМ БАЛАНСА СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ИНТЕРЕСОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	40
6.1.1. Рекомендации по сохранению биоразнообразия на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с пору- бочными остатками .....	40

6.1.2 Рекомендации по обеспечению оптимального содержания питательных веществ на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками .....	44
6.1.3 Рекомендации по минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками .....	47
6.1.4 Анализ экологических, социальных и экономических результатов обращения с порубочными остатками .....	53
6.2. ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОВЫШЕНИЮ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В ЛЕСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПЕРСПЕКТИВУ 2020, 2030 И 2050 ГОДОВ .....	60
6.2.1. Ключевые мероприятия национальных планов и стратегий, затрагивающие биоразнообразие лесных экосистем Беларуси .....	61
6.2.2. План по сохранению биоразнообразия, обеспечения оптимального содержания питательных веществ и повышения углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь на перспективу 2020, 2030 и 2050 годов .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ. Итоговое заключение по результатам выполнения	
Контракта № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18.....	82
ЛИТЕРАТУРА.....	87

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 5.1 – Долевое содержание углерода в сухой фитомассе различных фракций древостоя и компонентов лесного насаждения .....	21
Таблица 5.2 – Доля углерода в компонентах насаждения, приходящаяся на единицу запаса (тС/м <sup>3</sup> ) в сухом состоянии .....	22
Таблица 5.3 – Рекомендуемые нормативы для определения долевого содержания древесных отходов лесозаготовок при рубках главного пользования .....	23
Таблица 5.4 – Размер расчетной лесосеки по рубкам главного пользования по Республике Беларусь на 2014-2018 гг. (тыс.м <sup>3</sup> ликвидной древесины) .....	28
Таблица 5.5 – Фактическая заготовка древесины по рубкам главного пользования по Республике Беларусь с предоставленной отсрочкой прошлых лет за 2014-2018 гг. (тыс.м <sup>3</sup> ликвидной древесины) .....	29
Таблица 5.6 – Площади рубок главного пользования за 2014-2018 гг., га .....	30
Таблица 5.7 – Прогноз размера рубок главного пользования, $\frac{\text{тыс.м}^3}{\text{тыс.га}}$ .....	30
Таблица 5.8 – Доля групп и пород в расчетной лесосеке по способам рубок, % .....	31
Таблица 5.9 – Объемы сплошнолесосечных рубок по видам лесовосстановления (тыс.м <sup>3</sup> ликвидной древесины) .....	31
Таблица 5.10 – Рекомендуемые нормативы для определения объемов порубочных остатков при рубках главного пользования .....	33
Таблица 5.11 – Объемы сучьев, ветвей, тонких вершин при рубках главного пользования, тыс.м <sup>3</sup> .....	33
Таблица 5.12 – Объемы древесной зелени, пней, корней при рубках главного пользования, тыс.м <sup>3</sup> .....	33
Таблица 5.13 – Общие объемы порубочных остатков при рубках главного пользования, тыс.м <sup>3</sup> .....	34
Таблица 5.14 – Содержание углерода в древостое, т/га .....	35
Таблица 5.15 – Содержание углерода в сучьях, ветвях, тонких вершинках при рубках главного пользования, тыс.тС .....	35
Таблица 5.16 – Общие объемы содержания углерода в фитомассе порубочных остатков, тыс.тС .....	36
Таблица 5.17 – Критерии для определения объемов оставления порубочных остатков при сплошных рубках, % .....	38
Таблица 5.18 – Прогнозные объемы возможного использования биомассы порубочных остатков от рубок главного пользования, тыс.м <sup>3</sup> .....	39
Таблица 6.1 – Содержание элементов питания в порубочных остатках (сучья, ветки и хвоя) в исследуемых насаждениях, кг/га .....	45
Таблица 6.2 – Сравнительная экологическая оценка влияния способов обращения с ПО, образуемыми на участках рубок главного пользования, на лесообразовательный процесс .....	55
Таблица 6.3 – Оценка способов очистки лесосек от ПО по мнению широких слоев населения .....	57
Таблица 6.4 – Сравнительный анализ эффективности производства и реализации щепы из дров и порубочных остатков на условиях франко – склад производителя (наиболее используемые условия поставки) по фактическим данным лесхозов Беларуси .....	58
Таблица 6.5 – Эколого-экономические оценки способов РГП .....	65
Таблица 6.6 – План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь .....	69



## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 5.1 – Эмиссия углерода разными группами фракций и компонентов порубочных остатков .....	24
Рисунок 5.2 – Объемы фракций порубочных остатков, тыс.м <sup>3</sup> /% .....	34
Рисунок 5.3 – Объемы рубок главного пользования и порубочных остатков, млн.м <sup>3</sup> ...	35
Рисунок 6.1 – Динамика проективного покрытия в <i>Piceetum</i> после сплошнолесосечной рубки .....	42
Рисунок 6.2 – Вынос элементов питания при удалении порубочных остатков в исследуемых насаждениях, кг/га .....	45
Рисунок 6.3 – Содержание элементов питания в живом напочвенном покрове и хвое порубочных остатков, кг/га .....	46
Рисунок 6.4 – Компонентный состав и объемы порубочных остатков на опытных объектах (1–16 WB/GEF), м <sup>3</sup> /га .....	48
Рисунок 6.5 – Удельные показатели выбросов парниковых газов при сжигании различного вида топлива, т/т .....	50

## ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ, ТЕРМИНОВ С ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ

**БГТУ:** Белорусский государственный технологический университет;

**Беллесбумпром** – производственно-торговый концерн лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности;

**ЖНП:** Живой напочвенный покров;

**ЕВ:** Естественное возобновление;

**ЗКС:** Посадочный материал – сеянцы с закрытой корневой системой;

**ЛК:** Лесные культуры;

**МГЭИК:** Межправительственная группа экспертов по изменению климата.

**Минлесхоз:** Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь;

**НРГП:** Несплошная рубка главного пользования, сплошная рубка;

**ПП:** Пробная площадь, пилотный участок, стационар;

**ПО:** Порубочные остатки;

**РГП:** Рубка главного пользования;

**РУП «Белгослес»:** Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие (РУП) «Белгослес» Министерства лесного хозяйства;

**СР:** Сплошная рубка;

**ТКП:** Технический кодекс установившейся практики;

**С:** Углерод;

**СО<sub>2</sub>:** Диоксид углерода, углекислый газ;

**D<sub>1,3</sub>:** Диаметр средний всех деревьев древесной породы на высоте 1,3 метра, см;

**G:** Сумма площадей поперечных сечений всех деревьев в насаждении в м<sup>2</sup> в расчете на 1 гектар, м<sup>2</sup>/га;

**FSC:** Forest Stewardship council (Лесной попечительский совет);

**PEFC:** Programme for the Endorsement of Forest Certification (Программа по одобрению схем лесной сертификации);

**P:** Средняя полнота насаждений лесного фонда;

**г:** Грамм;

**га:** Гектар, 10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>;

**Кг:** 10<sup>3</sup> г, килограмм;

**Мг:** 10<sup>6</sup> г, мегаграмм, тонна;

**т:** Тонна, 10<sup>6</sup> г, мегаграмм;

**т.у.т.:** Тонна условного топлива;

**млн. т:** 10<sup>6</sup> т, 10<sup>12</sup> г;

**м<sup>2</sup>:** Метр квадратный;

**м<sup>3</sup>:** Метр кубический;

**м<sup>3</sup>/га:** Метр кубический на гектар;

**%:** Процент;

*Bet:* *Betula pendula*;

*Que:* *Quercus robur*;

*Pic:* *Picea abies*;

*Al:* *Alnus glutinosa*;

*Pop.tr:* *Populus tremula*;

*Pin:* *Pinus sylvestris*;

*pter:* *Pteridiosum*;

*myrt:* *Myrtillosum*;

*pleur:* *Pleuroziosum*;

*oxal:* *Oxalidosum*;

**Береза:** *Bétula péndula*;

**Дуб:** *Quércus róbur*;

**Лиственница:** *Larix palonica*;

**Ель:** *Pícea ábies*;

**Ельник кисличный:** *Piceetum oxalidosum*;

**Ельник мшистый:** *Piceetum pleuroziosum*;

**Ельник орляковый:** *Piceetum pteridiosum*;

**Ельник черничный:** *Piceetum myrtillosum*;

**Осина:** *Populus tremula*;

**Сосна:** *Pínus sylvéstris*;

**Сосняк вересковый:** *Pinetum callunosum*;

**Сосняк кисличный:** *Pinetum oxalidosum*;

**Сосняк мшистый:** *Pinetum pleuroziosum*;

**Сосняк орляковый:** *Pinetum pteridiosum*;

**Соснякчерничный:** *Pinetum myrtillosum*;

**Кисличный:** *Oxalidosum*;

**Мшистый:** *Pleuroziosum*;

**Орляковый:** *Pteridiosum*;

**Черничный:** *Myrtillosum*;

**абсорбция CO<sub>2</sub>:** Поглощение углекислого газа из атмосферного воздуха, тCO<sub>2</sub>;

**валежник (валеж, валежный лес):** Упавшие на землю в лесу стволы деревьев или их части: сучья, ветви, сухие и гниющие. Сломленный ветром (бурелом), навалом снега и т. п. лес, а также лес срубленный и полуобработанный, но не вывезенный и брошенный (часто как забракованный);

**группа возраста:** Классификационная единица, определяемая возрастом рубки главного пользования и продолжительностью класса возраста. Выделяются молодняки, средневозрастные, припевающие, спелые и перестойные древостои;

**древостой:** Совокупность деревьев, являющихся основным компонентом лесных насаждений;

**Зеленая экономика:** модель экономики, нацеленная на экономический рост и социальное развитие за счет использования преимущественно интенсивных факторов, однако без чрезмерного давления на природные ресурсы, без роста уровня загрязнения окружающей среды;

**класс бонитета:** Показатель потенциальной продуктивности древостоев;

**"карбоновые леса":** Произрастающие или создаваемые леса, выведенные из хозяйственного использования на длительный период в целях депонирования углерода в их фитомассе;

**лесная подстилка:** Напочвенный слой, который образуется в лесу из растительного опада разной степени разложения;

**лесной фонд:** Земли, предназначенные для организации и ведения лесного хозяйства;

**лиственные породы:** Цветковые деревья, покрытые пластинчатой черешковой листвой (*Betula pendula*, *Quercus robur*, *Alnus glutinosa* и другие);

**лиственный лес:** Лес, состоящий из лиственных пород деревьев;

**лесное насаждение:** Произрастающая на участке лесного фонда древесно-кустарниковая растительность определенного породного состава и живой напочвенный покров;

**молодняки:** Древостои 1 и 2 классов возраста;

**мягколиственные породы:** Лиственные древесные растения, в основном с мелкими листьями, с древесиной невысокой плотности (*Populus tremula*, *Alnus incana*, и другие);

**мягколиственный лес:** Лес, образованный деревьями с мелкими листьями и мягкой древесиной (*Populus tremula*, *Alnus glutinosa* и другие);

**мягколиственное хозяйство:** Хозяйственная единица лесного фонда, объединяющая насаждения с преобладанием мягколиственных пород;

**нормальное насаждение:** Насаждение, которое при данных форме, породе, возрасте и условиях местопроизрастания является наиболее совершенным (М.М. Орлов). Насаждение с относительной полнотой 1,0;

**осиновый лес:** Совокупность растущих вместе осин (*Populus tremula*);

**подлесок :** Кустарники, реже древесные породы, произрастающие под пологом леса и не способные формировать древостой в данных условиях;

**подрост:** Древесные растения естественного происхождения, растущие под пологом леса и способные образовать древостой, высота которых не превышает 25 процентов высоты деревьев основного полога,

**перестойные древостои:** Древостои старше класса возраста, где установлен возраст рубки;

**приспевающие:** Класс возраста, предшествующий возрасту спелых древостоев;

**преобладающая порода:** Древесная порода, на долю которой приходится большая часть запаса стволовой древесины древостоя;

**средневозрастные древостои:** Древостои в возрасте после молодняков и до приспевающих насаждений;

**средневозрастные древостои:** Древостои в возрасте после молодняков и до приспевающих насаждениях (в эксплуатационных лесах 3 класс возраста, в лесах других категорий – 3 и 4 классы возраста);

**расчетная лесосека:** Объем ежегодного отпуска древесины на корню, устанавливаемый для рубок главного пользования;

**спелые древостои:** Класс возраста древостоев, который определен как возраст рубки;

**твердолиственные породы:** Лиственные древесные растения с твердой древесиной и, в основном, с широкими листьями (*Quercus robur*, *Fagus silvatica* и другие);

**твердолиственный лес:** Лес, образованный твердолиственными породами (*Acer platanoides*, *Ulmus laevis*, *Quercus robur* и другие);

**твердолиственное хозяйство:** Хозяйственная единица лесного фонда, объединяющая насаждения с преобладанием твердолиственных пород;

**хвойный лес:** Лес, состоящий из деревьев одной или нескольких хвойных пород (*Pinus silvestris*, *Picea abies* и других);

**хвойные породы:** Древесные породы из отдела хвойных, обычно вечнозеленые, покрытые игловидными листьями – хвоей (*Picea abies*, *Pinus ponderosa* и другие);

**хвойное хозяйство:** Хозяйственная единица лесного фонда, объединяющая насаждения с преобладанием хвойных пород;

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Сущность проблемы в рамках отчетных 5 и 6 этапов Мероприятия 3.1.3.3 заключается в следующем.

На фоне глобальных изменений климата по причине возрастающих объемов выбросов парниковых газов от сжигания ископаемых углеводородных видов топлива со стороны широкой общественности возрастают требования к переходу на иные источники энергии. Определенное внимание при этом обращается на использование в энергетических целях возобновляемых ресурсов древесного сырья. Для производства биотоплива используются как дрова так и порубочные остатки, образуемые при заготовке древесины в процессе рубок главного и промежуточного пользования и других.

*Отчет содержит* запрашиваемые Техническим заданием результаты. В частности, изложены Методика оценки депонирования углерода порубочными остатками при проведении рубок главного пользования (сплошных, несплошных) и Рекомендации и комплекс мероприятий по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных сплошными и несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками по результатам мониторинга, с учетом баланса социально-экологических и потребительских интересов лесопользования.

По результатам пятого и шестого этапов, включая предыдущие, подготовлены рекомендации для юридических лиц, вовлеченных в лесозаготовки и переработку порубочных остатков. Правильное применение рекомендаций позволит организовать производство и утилизацию порубочных остатков в энергетических целях с соблюдением эколого-социально-экономических интересов потребителей, устойчивого лесопользования и повышение роли лесов в поглощении парниковых газов.

Разработка этапов 5 и 6 Мероприятия 3.1.3.3 осуществлялась с учетом следующего. Республика Беларусь приняла на себя обязательство обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов (ПГ) не менее чем на 28% от уровня 1990 года без учета выбросов и стоков парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ).

На саммите по мерам в области изменения климата 74-й сессии Генеральной ассамблеи ООН 23 сентября 2019 года Беларусь заявила о намерении взять на себя безусловное обязательство к 2030 году сократить выбросы парниковых газов не менее чем на 35% по сравнению с 1990 годом исключительно за счет собственных ресурсов.

При наблюдаемом экономическом росте республики достижение предполагаемого сокращения выбросов ПГ потребует реализации серьезных эффективных мероприятий. Среди них встанет задача включения вклада сектора лесного хозяйства в поглощение ПГ через стоки углекислого газа при первичном синтезе органических веществ (фотосинтезе лесов).

Согласно статьи 13 Парижского соглашения все государства должны предоставлять информацию о своих вкладах в сокращение выбросов ПГ. Для достоверной оценки этой информации в настоящее время разрабатывается соответствующее положение о создании системы мониторинга и оценки выбросов.

Применительно к лесам следует признать, что их вклад в достижение Парижского соглашения невелик и возможен прежде всего на путях повышения продуктивности лесов, предотвращения их деградации и чрезмерной вырубке, расширения объемов лесовозобновления и лесоразведения. Эти действия потребуют инвестиций для повышения поглощения углекислого газа лесами по каждому мероприятию.

Обеспечить сохранение лесного биоразнообразия возможно на путях интеграции соответствующих мероприятий на всех этапах лесопользования, включая возобновление, выра-

щивание, защиту, охрану и использование леса. Ограничить решение этой проблемы этапами рубки спелого леса и обращения с порубочными остатками недостаточно.

Поэтому исполнители посчитали целесообразным расширить обозначенный этапом 6 Мероприятия 3.1.3.3 круг вопросов в целях комплексного охвата мер и действий, необходимых для сохранения лесного биоразнообразия. Итоговым документом явился План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углероддепонирующей функции в лесах Республики Беларусь. План предусматривает систему мероприятий, сроки их выполнения, исполнителей, а также прогнозные индикаторы их выполнения, которые могут уточняться с учетом реально складывающейся ситуации в лесном хозяйстве.

**В первой части (5.1) отчета** по пятому этапу задания изложена методика оценки депонирования углерода порубочными остатками на участках рубок главного пользования. Методика включает определение содержания углерода в порубочных остатках, расчет эмиссии углерода в процессе разложения порубочных остатков и расчет поглощения углекислого газа возобновлением, которое протекает одновременно с разложением неудаленных из лесосеки остатков.

Изложению указанных методик предворяется общеметодологическая информация о возможных путях измерения углеродных потоков (сток-эмиссия) при образовании порубочных остатков на участках рубок леса. Отмечается преимущество балансовых расчетов, в основе которых лежат запасы (биомасса) различных фракций порубочных остатков. В итоге обоснована целесообразность оценки указанных выше трех потоков углерода: углерод порубочных остатков, эмиссия углерода в процессе разложения порубочных остатков, поглощение углерода возобновлением молодого поколения после вырубki материнского спелого древостоя.

Методика определения углерода в порубочных остатках основана на выборке до рубки модельных деревьев и определении на них массы порубочных остатков по фракциям. В последующем используются конверсионные коэффициенты плотности биомассы и содержания углерода в единице массы порубочных остатков.

При расчете эмиссии углерода от разложения порубочных остатков рекомендовано разделить порубочные остатки на группы фракций по периоду их разложения. Предлагаются три группы с периодами разложения 1-2 года, от 3 до 10 лет и свыше 10 лет. С учетом интегрированного периода времени для участка рубки устанавливаются объемы эмиссии на весь период разложения массы порубочных остатков. Отмечается при этом недостаток информации о доли депонируемого углерода почвой и лесной подстилкой.

Методика поглощения углекислого газа при фотосинтезе молодым поколением (возобновлением) определяется на основе прироста фитомассы и конверсионных коэффициентов содержания углерода в единице древесного запаса.

**Во второй части (5.2) отчета** по пятому этапу задания изложен прогноз заготовки древесины и объемов порубочных остатков на участках рубок главного пользования на перспективу 2030 и 2050 годов.

Обозначены роль и место рубок главного пользования в системе рубок леса и лесопользования. Раскрывается понятие расчетной лесосеки и методология ее определения. Приведен размер расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в Республики Беларусь за 2014-2018 гг. Анализируется ее освоение и фактическая заготовка ликвидной древесины в разрезе групп пород и отдельных пород. Приведены площади рубок главного пользования в разрезе способов рубок (постепенные и выборочные) и по хозяйствам (хвойное, твердолиственное и мягколиственное). Составлен прогноз размера рубок главного пользования на 2030 и 2050 гг. по породам, группам пород и способам рубок. Прогнозируются объемы лесовосстановления на 2030 и 2050 гг. по способам: создание лесных культур, содействие естественному возобновлению и естественное возобновление.

Рассмотрена база заготовок древесины для установления объемов биомассы порубочных остатков от рубок главного пользования. Указаны нормативы отнесения древесной биомассы к порубочным остаткам в разрезе фракций. Приведены рекомендуемые нормативы для определения объемов ствольной древесины. Прогнозируются объемы сучьев ветвей, тонких вершин, древесной зелени, пней, корней от рубок главного пользования на 2030 и 2050 гг. в разрезе пород, групп пород и способов рубок.

На основании критериев (конверсионных коэффициентов) выполнен расчет содержания углерода в порубочных остатках, прогнозируемых на перспективу 2030 и 2050 гг.. Анализируется вопрос использования возрастающих (до 5,8 млн.м<sup>3</sup> ежегодно) объемов порубочных остатков в республике. Рассмотрены существующие нормативы очистки лесосек от порубочных остатков в зависимости от лесорастительных условий, при различных способах рубок, перспективы использования в связи с запросами потребителей.

***В первой части (6.1) отчета*** по шестому этапу задания сформулированы рекомендации по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и минимизации эмиссии углекислого газа на участках рубок главного пользования.

При сплошных рубках создаются менее благоприятные условия для сохранения флористического разнообразия, чем при постепенных и выборочных. Сохранение порубочных остатков на вырубках предпочтительно в целях биоразнообразия, особенно для живого напочвенного покрова. Неудаление порубочных остатков отрицательно сказывается на лесопожарной и лесопатологической обстановке.

Рекомендован ряд мероприятий, использование которых при производстве рубок главного пользования, лесовосстановлении, использовании/неиспользовании порубочных остатков способствуют биоразнообразию на участках рубок.

Анализируются способы рубок главного пользования и удаление/неудаление порубочных остатков в связи с их влиянием на почвенное плодородие, азотное и минеральное питание молодого поколения леса. Содержание и вынос элементов питания из лесной экосистемы рассматривается на примере опытных стационаров, созданных по заданию Мероприятия 3.1.3.3 и привлеченных объектов кафедры лесоводства БГТУ и РУП «Белгослес». Удаление порубочных остатков не снижает продуктивность последующей генерации древостоя. Сохранение порубочных остатков положительно влияет на питание нижних ярусов древостоя (живого напочвенного покрова, подлеска).

Рассматриваются возможности повышения абсорбции углекислого газа на путях правильного выбора способов рубок, сохранения и содействия естественному возобновлению. Отмечается эффективность использования порубочных остатков в топливных целях с минимизацией выбросов углекислого газа. Анализируется влияние работы с населением на обращение с порубочными остатками и повышение роли лесов в поглощение углекислого газа. Приведены экономически эффективные приемы обращения с порубочными остатками в целях замены углеводородного топлива на древесное сырье.

С учетом обсуждения на Круглых столах, последовательного обобщения разносторонних исследований на всех этапах Мероприятия 3.1.3.3, материалов социологического опроса, предложений и замечаний заказчиков Контракта на основе синергетического подхода были уточнены оценки способов обращения с порубочными остатками.

Влияние порубочных остатков на лесообразовательный процесс и биоразнообразии рассматривается с учетом факторов: создание лесных культур, естественное возобновление, содержание элементов питания в почве, сохранение биоразнообразия, поглощение углекислого газа. Установлены положительные и негативные последствия всех нормативно рекомендованных способов обращения с ПО.

Сформулированы положительные и отрицательные мнения различных слоев населения о проведении рубок леса, очистки лесов от мертвой фитомассы. Материалы представля-

ют интерес для практики лесоправления. Установлена низкая осведомленность людей о целях и задачах лесопользования, лесовыращивания, защиты и охраны лесов.

Выполнен анализ эффективности производства и реализации щепы топливной из порубочных остатков. Сделан вывод о недоучете лесхозами возможностей получения дополнительной выручки от реализации порубочных остатков. При расчете себестоимости щепы из ПО неучтены обстоятельства: бесплатная стоимость ПО, в отличие от дровяной древесины; также затраты на сбор ПО, ранее включенные в очистку лесосек при рубке леса. Причиной пониженного спроса на щепу из ПО также является избыток сегодня в республике дровяной древесины. Щепка из дров более конкурентна как на внутреннем, так и на внешнем рынках. В ближайшей перспективе ситуация изменится.

Для минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду и рационализации использования древесной биомассы предложено внести изменения и дополнения в стандарт СТБ 1360-2002 «Устойчивое лесоправление и лесопользование. Рубки главного пользования. Требования к технологиям».

**Во второй части (6.2) отчета** по шестому этапу анализируются ключевые мероприятия национальных планов и стратегий, затрагивающих биоразнообразие лесных экосистем Беларуси. Рассматривается План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углеродопродуцирующей функции лесов.

Обращено внимание на важность интеграции действующих в республике программных документов при разработке лесохозяйственных мероприятий в целях сохранения лесного биоразнообразия.

Анализируются, направленные на лесное биоразнообразие и повышение роли лесов в поглощении парниковых газов мероприятия, такие программные документы, как:

- Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы;
- Национальный план действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года;
- Национальный план действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями (леса, болота) на период до 2030 года и другие.

Анализируются эколого-экономические последствия сплошных и несплошных рубок главного пользования. На основании ранее полученных результатов по Мероприятию 3.1.3.3 предложены мероприятия по сохранению лесного биоразнообразия.

В разработанном Плате по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции лесов предусматриваются рекомендации по группам мероприятий, как:

- Лесохозяйственные мероприятия;
- Лесопользование, направленное на сохранение биоразнообразия;
- Организационные меры.

Конкретные виды мероприятий и действий привязаны к срокам их реализации, адресованы конкретным исполнителям (ГПЛХО и лесфондодержатели) с указанием объемов их проведения.

**Настоящий отчет завершает** аналитическую, исследовательски-опытную и рекомендационную составляющие Контракта. В соответствии с Техническим заданием по Мероприятию 3.1.3.3 **предусмотрен Отчет №5** по материалам **Круглых столов**. Круглые столы проведены, подводятся итоги и внесения дополнений по решениям Круглых столов в Итоговое заключение по результатам выполнения Контракта. Проект Итогового заключения представлен в Приложении к настоящему отчету. Ожидаемые замечания и предложения будут учтены по результатам рассмотрения Проекта заказчиками.

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение предыдущих этапов Мероприятия 3.1.3.3, базирующихся на созданных пилотных стационарах и опытных объектах кафедры лесоводства БГТУ и РУП «Белгослес», также с учетом международного опыта, позволило установить на всех этапах создания и развития лесных насаждений влияние способов рубок главного пользования, лесовозобновления и обращения с порубочными остатками на:

- углеродные потоки в системе «сток–эмиссия»;
- азотное и минеральное питание лесных насаждений;
- продуктивность последующей генерации лесных насаждений различных методов возобновления;
- флористическое разнообразие лесных насаждений;
- эколого-социо-экономические последствия различных способов использования порубочных остатков.

Исследованы методические подходы в части мониторинга таксационных показателей, элементов питания, включая углеродное, и показателей лесного биоразнообразия на участках рубок главного пользования с использованием/без использования порубочных остатков.

Полученные результаты позволяют предложить комплекс мероприятий по сохранению биоразнообразия и минимизации «эмиссии» углекислого газа на участках различных видов рубок главного пользования лесов с учетом баланса социально-экологических и потребительских интересов лесопользования в рамках перехода лесного хозяйства Республики Беларусь к «зеленой экономике».

Решение задач, установленных Техническим заданием Мероприятия 3.1.3.3 по этапам 5 и 6, что составляет содержание настоящего Отчета, осуществлено в следующей последовательности.

Составлена Методика оценки депонирования углерода порубочными остатками для пулов углерода: углерод порубочных остатков на начало главной рубки, углерод в период разложения порубочных остатков, углерод возобновляемой лесосеки за период разложения порубочных остатков.

Определена расчетная лесосека по главному пользованию в лесах Республики Беларусь на перспективу 2030 и 2050 годов. Прогнозируемый объем заготовки древесины представлен в разрезе преобладающих пород, по группам пород и хозяйствам, способам рубок и возобновления.

Установлены ожидаемые объемы порубочных остатков по фракциям: ветки, сучья, тонкие вершинки, древесная зелень, пни и корни. Также определены объемы депонированного порубочными остатками углерода на перспективу 2030 и 2050 годов. Рассматриваются предложения по использованию порубочных остатков.

Разработаны рекомендации по сохранению биоразнообразия на участках различных способов рубок и обращения с порубочными остатками. В рамках этих условий приводятся рекомендации по обеспечению лесных растений элементами питания, минимизации эмиссии углекислого газа.

Выполнен анализ ключевых мероприятий, затрагивающих биоразнообразие на всех этапах лесопользования, в действующих программных документах, как Стратегии, Национальные планы действий и Программы, Стандарты систем леса управления и лесной сертификации.

Итоговым документом настоящего Отчета явился План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышения углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь. План предусматривает систему мероприятий, сроки их выполнения, исполнителей, а также прогнозных индикаторов их выполнения, которые могут уточняться с учетом реально складывающейся ситуации в лесном хозяйстве.

В целом установленные задачи по этапам 5 и 7 выполнены в полном объеме.

## **5. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ. ПРОГНОЗ ОБЩЕГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА БИОМАССОЙ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ НА УЧАСТКАХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БЕЛАРУСИ НА ПЕРСПЕКТИВУ 2030 И 2050 ГОДОВ НА ОСНОВЕ СРЕДНЕЙ ЕЖЕГОДНОЙ ПЛОЩАДИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПЯТЬ ЛЕТ**

В лесных экосистемах одновременно функционируют как положительные углеродные потоки, поглощающие углекислый газ из воздушного пространства в процессе жизнедеятельности растений, так и отрицательные потоки, выделяющие углекислый газ при распаде биомассы.

Что касается положительного цикла в республике достаточно хорошо изучены процессы накопления углерода в биомассе лесных экосистем. Разработаны методики оценки общего депонирования углерода растущим древостоем и другими компонентами лесного фитоценоза: органического углерода почвы, лесной подстилки, валежной древесины. Для перевода древесных запасов в объем биомассы разработаны национальные конверсионные переводные коэффициенты для всех возрастных групп основных лесообразующих пород.

Вместе с тем, в республике недостаточно изучены углеродные процессы, происходящие в неживой фитомассе лесных биоценозов: при пожарах от выгорания фитомассы, лесной подстилки, валежа, гумуса и торфа; нарушение лесного биоценоза при рубках главного и промежуточного пользования, сплошных и выборочных санитарных рубках в результате различных стихийных бедствий ураганов, ветровалов, массовых повреждений лесных насаждений болезнями и вредителями леса, в порубочных остатках, образующихся при рубках главного, промежуточного пользования и прочих рубках.

Недостаточно изучены процессы, происходящие в лесных экосистемах, в динамике: изменения содержания углерода и питательных элементов в различных условиях местопрорастания, изменения в зависимости от проведенных лесохозяйственных мероприятий и природных факторов.

Фактически отсутствуют и не применяются в практической деятельности рекомендации в части углеродной функции для лесохозяйственных организаций при выполнении лесохозяйственных мероприятий.

Лес в Республике Беларусь является важнейшим природным ресурсом государства. Проводимая в последние десятилетия лесная политика значительно изменила лесной фонд, нарастила древесные запасы, решаются задачи рационального лесопользования. В современных условиях лесопользование организовывается с учетом строгого соблюдения принципов устойчивого развития, экологического соответствия выполняемым лесами функциям. В Лесном кодексе Республики Беларусь сформировано понятие и на законодательном уровне определены виды деятельности, по которым производится изъятие и потребление выращенного в лесу природного ресурса.

Под понятием «лесопользование» предполагается использование различной продукции леса. В последнее время утвердилось широкое и узкое представление о лесопользовании. Первое характеризуется терминами «многоцелевое лесопользование» или «комплексное лесопользование».

На него должна и ориентироваться вся современная лесохозяйственная деятельность.

Сегодня реальным ресурсом в стране является древесина. Получение древесины из лесных насаждений происходит при проведении рубок главного и промежуточного пользования, а также прочих рубок. Рубки главного пользования являются основными рубками для заготовки древесины в лесных насаждениях. Их объем в первую очередь зависит от наличия в лесах спелых насаждений.

Лесная статистика располагает относительно достоверными данными по древесным запасам стволовой древесины в разрезе составляющих пород. Это объясняется острой необ-

ходимостью иметь сведения о произрастающих, вырубаемых, используемых в переработке объемных показателях древесной массы. На менее используемые части дерева учет фактически отсутствует, так как отсутствуют к настоящему времени нормативно установленные критерии для определения их объемов. В первую очередь это можно отнести к определению запасов порубочных остатков от проводимых в республике всех видов рубок. Сведения эти необходимы не только для организации прямого их использования и построения перспективных прогнозов, но и для оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь.

## 5.1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В лесном фонде Республики Беларусь в последние годы только рубкам главного пользования заготавливается до 8 миллионов кубометров ликвидной древесины. При среднем запаса эксплуатационного фонда 267 кубометров на 1 га, и с учетом того, что порядка 15 % ликвидной древесины заготавливается в порядке проведения несплошных рубок главного пользования, площадь участков лесного фонда, вовлекаемых в рубку главного пользования ежегодно составляет не менее 35 тысяч га.

При лесозаготовительных работах на вырубках после главного пользования остается значительное количество не вывезенной биомассы порубочных остатков (вершины деревьев, сучья, пни, неликвидные части деревьев, поврежденный подрост и подлесок, хвоя и листья). По оценкам разных авторов масса лесосечных отходов в зависимости от состава и полноты срубленного древостоя, лесорастительных условий, технологии разработки лесосек и других факторов может составлять от 10 до 40 % от объема срубленной древесины. Следовательно, объем порубочных остатков на вырубках после главного пользования в целом по Республике Беларусь составит до 2 миллионов кубометров (в расчет взят средний показатель – 25%).

Порубочные остатки содержат значительное количество связанного углерода.

В Беларуси согласно [2] очистка лесосек от порубочных остатков при рубках главного пользования осуществляется способами, при которых основная масса порубочных остатков не вывозится с лесосек и остается для перегнивания в лесу. Поэтому для работников лесной отрасли с точки зрения углеродного обмена важно знать, какие углеродные процессы происходят с порубочными остатками, оставленными на лесосеках для перегнивания.

Целью разработки настоящей методики является обеспечение специалистов и других работников лесного хозяйства необходимой информацией для принятия оптимальных экологически взвешенных решений в выборе способов рубок главного пользования и способов очистки лесосек от порубочных остатков при проектировании и выполнении рубок.

В процессе выполнения работы изучены имеющиеся методики и методические рекомендации по вопросам оценки депонирования углерода порубочными остатками при рубках главного пользования. Изучены и учтены отдельные положения [3–5].

Задачей настоящей работы является разработка Методики оценки депонирования углерода порубочными остатками при проведении сплошных и несплошных рубок главного пользования в разрезе двух лесобразующих пород (ель, сосна) с использованием и не использованием лесосечных отходов в топливных и других утилизационных целях.

### 5.1.1. Общеметодологические подходы в содержании Методики

Наиболее объективная информация о депонировании углерода порубочными остатками, как и другими компонентами лесной экосистемы может быть получена при непосредственных измерениях потоков углерода и углеродного обмена между атмосферой и экосистемой [6]. Данный метод предполагает применение специального дорогостоящего оборудования. Как отмечают многие эксперты в настоящее время этот метод не обеспечивает полу-

чения достоверных результатов при ограниченном количестве наблюдений. Наиболее приемлем для измерения содержания углерода и уровня углеродного обмена между экосистемой и атмосферой лишь для отдельных участков и в ограниченных временных рамках. Учитывая вышеизложенное, а также необходимость применения дорогостоящего оборудования этот метод в настоящее время не может быть широко использован в лесохозяйственной практике для целей оценки депонирования углерода порубочными остатками при проведении рубок главного пользования.

Другие методики основаны на проведении балансовых расчетов углеродных потоков, основанных на принципе равенства изменения содержания углерода в компонентах биоценоза, изменениям потоков углерода в атмосферу, или из нее.

Основой балансовых расчетов является запас (масса) стволовой древесины. Широко используются взаимосвязи между различными фракциями древесной фитомассы. Для расчета углеродных балансов масса стволовой древесины и других частей фитомассы преобразовывается в сухое органическое вещество с целью дальнейшего определения в нем углерода. Кроме инструментальных замеров для дальнейших расчетов можно использовать определенные конверсионные коэффициенты содержания углерода в сухой фитомассе лесной экосистемы, коэффициенты плотности стволовой древесины для хвойных и лиственных древесных пород, корней, включая пень и другие коэффициенты.

Согласно Маракешским договоренностям ведение расчетов осуществляется по пяти крупным резервуарам углерода (пулам): надземная фитомасса, подземная фитомасса, сухостойная и валежная древесина, подстилка и органическое вещество почвы. Что касается депонирования углерода порубочными остатками, то этот процесс, как правило, отдельно не рассматривается. Депонирование углерода порубочными остатками при рубках главного пользования представляют собой совокупность углеродных процессов, происходящих в составляющих их фракциях: древесный ствол, ветви, мелкие сучья, хвоя и листва, пень и корни, а также отдельных компонентов лесного насаждения – подрост и подлесок, живой напочвенный покров.

Лесным экосистемам свойственны многочисленные и разнонаправленные потоки углерода. Однако в мире до настоящего времени все эти процессы полностью не изучены не изучены.

В настоящей работе при оценке депонирования углерода порубочными остатками рассматриваются два основных потока углерода:

- депонирование атмосферного углерода фракциями деревьев и компонентами лесной экосистемы, входящими в состав порубочных остатков, до рубки главного пользования;
- эмиссия углерода в процессе разложения порубочных остатков и процессы углеродного обмена, происходящие в порубочных остатках после сплошных и несплошных рубок главного пользования.

Оба эти потоки оцениваются лишь в части фитоценотической составляющей лесного биоценоза.

Для того, чтобы оценить происходящие процессы в части динамики углерода в порубочных остатках после рубки главного пользования, необходимо иметь данные об объемах депонирования углерода соответствующими частями лесного биоценоза за период роста древостоя.

Основополагающими принципами настоящей методики являются следующие:

- депонирование углерода порубочными остатками после рубки главного пользования не осуществляется;
- за основу расчетов принят объем углерода, поглощенный соответствующими фракциями древесного ствола и компонентами лесного биоценоза до рубки главного пользования;
- эмиссия углерода отдельными фракциями древесного ствола и компонентами лесного биоценоза после рубки главного пользования осуществляется равномерно во времени;
- на лесосеках после рубки главного пользования начинается процесс депонирования углерода возобновляющейся древесно-кустарниковой и травянистой растительностью.

### 5.1.2. Расчет углерода, депонированного порубочными остатками

Объем депонирования углерода порубочными остатками до проведения рубки главного пользования определяется исходя из объема порубочных остатков, образующихся при сплошных и несплошных рубках главного пользования, долевого участия различных фракций и компонентов порубочных остатков в их общем объеме и конверсионных коэффициентов содержания углерода, приходящегося на единицу запаса соответствующих древесных пород.

Для определения общего объема порубочных остатков, образующихся при рубках главного пользования, используется метод исследований Института леса Национальной Академии Наук Беларуси (В.Г. Шатравко, Н.В. Толкачева). Метод применялся Институтом Леса Национальной академии наук Беларуси в рамках лесоводственно-экологического обоснования использования биомассы лесосечных отходов в насаждениях основных лесообразующих пород [7].

Метод определения общего объема порубочных остатков основан на раскряжке модельных деревьев, то есть обрубке сучьев, веток, сборе листвы и хвои и других фракций фитомассы древесного ствола у средних деревьев с последующим их взвешиванием.

В качестве модельных деревьев подбираются средние по таксационным показателям, форме и размеру кроны дерева по всем составляющим породам древостоя. Количество модельных деревьев рассчитывается исходя из требуемой точности результатов.

Взвешивание порубочных остатков производится отдельно по каждой фракции. При этом мелкие ветви и мелкие корни выделяются в отдельные фракции, поскольку эмиссия углерода в ветвях и корнях разных объемов происходит с различной скоростью. Учет взвешенных компонентов можно производить как по отдельным деревьям, так и по составляющим породам.

Все эти работы, включая замеры высот и диаметров выполняются до рубки главного пользования, или во время рубки соблюдая правила техники безопасности.

Фракционный состав порубочных остатков на разных лесосеках сильно варьирует в зависимости от видового состава древостоя, полноты, типа лесорастительных условий, сезонного времени рубки древостоя. Такое положение крайне затрудняет определение средневзвешенного фракционного состава порубочных остатков, как и общей их доли в корневом запасе вырубаемого древостоя. При рубке главного пользования в зимний период полностью выпадает из учета фракция листвы, достаточно сложно учесть фракции хвои и мелких веток и корней. В связи с этим работы по учету общего объема и фракционного состава порубочных остатков необходимо выполнять в вегетационный период до опадения листьев.

Объем каждого модельного дерева определяется по диаметру и высоте по соответствующим объемным таблицам. Средний объем модельного дерева определяется как среднеарифметическое значение объемов отобранных модельных деревьев.

Корневой запас при рубках главного пользования устанавливается по данным материально-денежной оценки лесосек, в других случаях по данным таксационного описания или из других достоверных источников.

В состав порубочных остатков помимо фракций древесного ствола входят еще срубленный при рубке главного пользования или поврежденный до степени прекращения роста подрост и подлесок. Учет фитомассы подроста и подлеска осуществляется на круговых или прямоугольных учетных площадках, заложенных равномерно по площади лесосеки после рубки древостоя до очистки лесосеки. При этом на площадках учитываются лишь нежизнеспособные экземпляры подроста и подлеска. Размер учетной площадки целесообразно принимать равным 1% от площади лесосеки, а общая площадь учетных площадок должна составлять не менее 5% от площади лесосеки.

Имея показатели объемов модельных деревьев, корневой запас древостоя на выделе (участке леса), весовые данные массы порубочных остатков по отдельным фракциям через конверсионные коэффициенты соотношения объема и массы рассчитывается общий объем

порубочных остатков на выделе, в том числе по составляющим породам. При необходимости определяется объем на 1 га, на один кубометр древесного запаса и т.д.

Расчет депонирования углерода порубочными остатками осуществляется отдельно для каждой фракции древесного ствола и других компонентов лесного фитоценоза. Удельный вес порубочных остатков рассчитывается по формуле (1):

$$K_{n.o.} = A_{n.o.} \times n / V_{m.d.} \times n, \quad (1)$$

где:  $K_{n.o.}$  – удельный вес порубочных остатков, кг/м<sup>3</sup>;

$A_{n.o.}$  – среднеарифметическая масса порубочных остатков одного дерева, кг;

$V_{m.d.}$  – средний объем модельного дерева, м<sup>3</sup>;

$n$  – количество модельных деревьев.

Общая биомасса порубочных остатков на лесосеке рассчитывается исходя из общего корневого запаса древесины, произрастающей на данном участке лесного фонда до рубки, и удельного веса биомассы порубочных остатков, образующихся в результате рубки леса по формуле (2):

$$A_{уч.} = K_{n.o.} \times V_{уч.} / 1000, \quad (2)$$

где:  $A_{уч.}$  – масса порубочных остатков на участке, т;

$K_{n.o.}$  – удельный вес порубочных остатков, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{уч.}$  – корневой запас древесины на участке, м<sup>3</sup>;

1000 – коэффициент перевода массы порубочных остатков в тонны.

Общее содержание органического углерода в порубочных остатках рассчитывается по формуле (3):

$$C = A_{уч.} \times K_c \times KC_{n.o.}, \quad (3)$$

где:  $C$  – общее содержание органического углерода, т;

$A_{уч.}$  – масса порубочных остатков на обследуемом участке леса, т;

$K_c$  – коэффициент перевода массы порубочных остатков в массу в сухом состоянии;

$KC_{n.o.}$  – долевое содержание углерода в фитомассе порубочных остатков, в %.

Долевое содержание углерода в отдельных фракциях древесной фитомассы и других компонентов лесного фитоценоза берется из Методики [4] (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Долевое содержание углерода в сухой фитомассе различных фракций древостоя и компонентов лесного насаждения [4]

Преобладающая древесная порода	Долевое содержание углерода в фитомассе, безразмерная величина					
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Хвоя или листья	Корни и пень	Подрос и подрост	Живой напочвенный покров
Сосна	0,501	0,526	0,522	0,517	0,500	0,484
Ель	0,505	0,515	0,528	0,528	0,500	0,474
Дуб	0,504	0,530	0,518	0,506	0,500	0,500
Береза	0,500	0,516	0,444	0,513	0,500	0,500

Ольха (ч)	0,500	0,517	0,454	0,512	0,500	0,485
Осина	0,503	0,519	0,462	0,515	0,500	0,500
Прочие	0,503	0,500	0,485	0,494	0,500	0,471

В практической деятельности, когда не требуется получение результатов с высокой точностью, и в целях экономии трудовых и материальных затрат, допускается использование единого конверсионного коэффициента долевого содержания углерода в сухой массе всех фракций древостоя и компонентов лесного насаждения рекомендованный МГЭИК [3], и численно равный – 0,5.

Используя формулу (3) при наличии достаточного объема исследовательского материала можно рассчитать среднеарифметические значения показателя удельного веса порубочных остатков, образующихся в процессе разного вида рубок, как главного пользования, так и промежуточного пользования; сплошных и несплошных рубок; по всем основным лесобразующим породам для различных условий местопроизрастания и регионов республики.

Исходя из средневзвешенных значений коэффициента удельного веса порубочных остатков для различных видов рубок, итоговое уравнение для оценки содержания органического углерода в порубочных остатках будет иметь следующий вид (4):

$$C = V_{уч.} \times K_{n.o.} \times KC_{n.o.}, \quad (4)$$

где:  $C$  – общее содержание органического углерода, т;

$V_{уч.}$  – корневой запас древесины на участке, м<sup>3</sup>;

$K_{n.o.}$  – масса в сухом состоянии отдельных фракций порубочных остатков, приходящаяся на 1м<sup>3</sup> стволовой древесины, т/м<sup>3</sup> [4, Приложение А];

$KC_{n.o.}$  – доленое содержание углерода в биомассе порубочных остатков.

При отсутствии возможности выполнения трудоемкой работы по определению общей массы порубочных остатков и составляющих их фракций и компонентов изложенным выше весовым методом содержание углерода в порубочных остатках на момент рубки главного пользования определяется с использованием коэффициентов долевого содержания углерода во фракциях древесного ствола и компонентах лесного биоценоза (таблица 5.2)

Таблица 5.2 – Доля углерода в компонентах насаждения, приходящаяся на единицу запаса (тС/м3) в сухом состоянии [4]

Преобладающая древесная порода	Конверсионные коэффициенты, т С / м3 запаса					
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Листья, хвоя	Корни, пень	Подрост и подлесок	Живой напочвенный покров
Сосна	0,268	0,050	0,012	0,046	0,0005	0,004
Ель	0,235	0,034	0,038	0,044	0,0005	0,001
Дуб	0,343	0,142	0,027	0,072	0,0005	0,006
Береза	0,300	0,047	0,024	0,050	0,0005	0,005
Ольха (ч)	0,275	0,060	0,025	0,047	0,0005	0,001
Осина	0,224	0,027	0,018	0,045	0,0005	0,005
Прочие	0,138	0,037	0,016	0,020	0,0005	0,008

В этом случае используются придержки для определения долевого участия фракций и компонентов древесных отходов лесозаготовок при рубках главного пользования (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Рекомендуемые нормативы для определения долевого содержания древесных отходов лесозаготовок при рубках главного пользования [13]

Породы	В процентах от объема стволовой древесины				Пни и корни возможные к извлечению
	Сучья, ветви, вершины	откомлевки, kozyрьки	опилки	кора	
Сосна	4.8	1.2	1.0	11.0	14.0
Ель	7.5	1.2	1.0	10.0	17.0
Дуб и другие твердо- лиственные	8.0	1.2	1.0	17.0	18.0
Береза	5.8	1.2	1.0	10.0	14.0
Осина	4.5	1.2	1.0	7.0	14.0
Ольха	3.8	1.2	1.0	11.0	14.0
Другие мягколиственные	3.6	1.2	1.0	10.0	10.0

При этом следует иметь ввиду, что общий объем фитомассы порубочных остатков, как и их фракционный состав на разных лесосеках сильно варьирует в зависимости от многих факторов. В связи с чем, не всегда может быть гарантирована достоверность полученных результатов.

Содержание углерода в порубочных остатках на момент рубки главного пользования определяется для каждой фракции и компонента порубочных остатков по формуле (5):

$$C = V_{уч.} \times KC_{п.о.} \times K_{п.о.}, \quad (5)$$

где:  $C$  – общее содержание органического углерода, т;

$V_{уч.}$  – корневой запас древесины на участке, м<sup>3</sup>;

$K_{п.о.}$  – масса в сухом состоянии отдельных фракций порубочных остатков, приходящаяся на 1м<sup>3</sup> стволовой древесины, т/м<sup>3</sup> [4, Приложение А];

$KC_{п.о.}$  – долевое содержание углерода в биомассе порубочных остатков, берется из таблицы 5.2.

Общее содержание депонированного углерода определится как сумма углерода депонированного всеми составляющими фракциями и компонентами порубочных остатков.

### 5.1.3. Расчет эмиссии (выбросов в атмосферу) углерода от разложения порубочных остатков

Фракционная структура порубочных остатков на разных лесосеках имеет далеко не однородный состав. Долевое участие фракций порубочных остатков зависит от многих факторов. В первую очередь, это – видовой состава вырубленного насаждения, время года производства рубки насаждения, тип леса и лесорастительные условия, технология производства лесосечных работ и многие другие факторы.

Учитывая неоднородный фракционный состав порубочных остатков, период разложения (эмиссия углерода) составляет от одного до нескольких лет. А отдельные фракции порубочных остатков, как пни и неликвидные комлевые части стволов в суходольных условиях местопроизрастания, могут разлагаться не одно десятилетие.

В связи с вышеизложенным, для оценки полного периода эмиссии углерода порубочными остатками помимо общего их объема необходимо знать фракционную структуру порубочных остатков. Предлагается, в зависимости от периода разложения составляющие фракции порубочных остатков делить, как минимум, на три группы фракций:

- первая группа, фракции с коротким периодом разложения (1-2 года);
- вторая группа, фракции со средним периодом разложения (до 10 лет);
- третья группа, фракции с длинным периодом разложения (более 10 лет);

К первой группе целесообразно относить хвою и листья, мелкие ветви и корни, мелкие части подроста и подлеска; ко второй – неликвидные части сучьев, неучтенные в первой группе части подроста и подлеска, средние корни; к третьей – неликвидные части стволов, крупные корни, пни.

Фракционную и компонентную структуру порубочных остатков целесообразно определять одновременно с определением общего объема порубочных остатков посредством их взвешивания. В отдельных случаях, когда не требуется высокая точность, долевое участие фракций порубочных остатков можно определять глазомерным способом, или же использовать усредненные литературные данные исходя из видового состава вырубленного древостоя и лесорастительных условий.

Долевое участие отдельных фракций и компонентов порубочных остатков выражается в процентном отношении к численному значению общей биомассы исследуемого участка лесного фонда.

Принимается, что весь углерод, накопленный в порубочных остатках за время жизни древостоя полностью разлагается за определенный период времени.

Конкретные объемы эмиссии углерода за определенный период времени (например – 10 лет) и период распада определенного объема углерода (например – 50%) определяются по графику (рисунок 5.1). График строится для каждого конкретного участка исходя из исходных данных объема депонирования углерода по каждой группе фракций и расчетного срока полной эмиссии углерода по каждой группе фракций. Результирующая диаграмма эмиссии углерода для лесосеки получается на основании построенных диаграмм для каждой группы фракций. При этом принимается, что эмиссия углерода по каждой группе фракций происходит равномерно по времени.

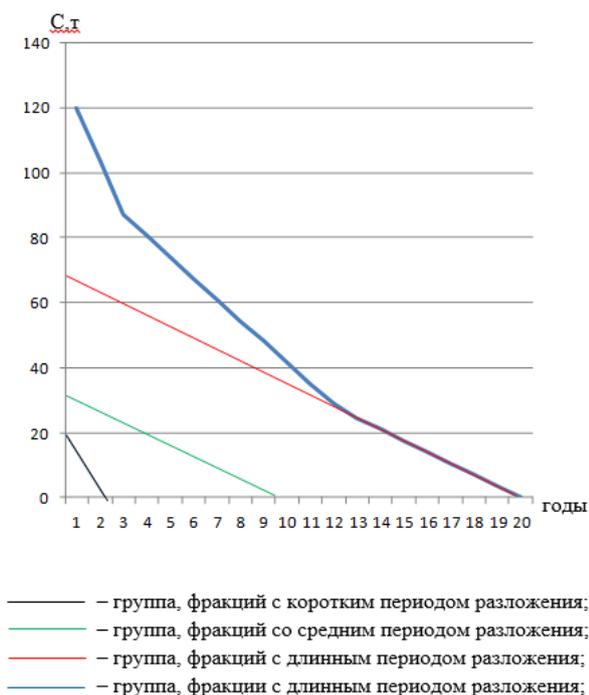


Рисунок 5.1 – Эмиссия углерода разными группами фракций и компонентов порубочных остатков

Для составления графика в качестве примера определен объем группы фракций с коротким периодом разложения в количестве 20 тонн и двухлетним периодом разложения, со средним периодом разложения – в количестве 30 тонн и десятилетним периодом разложения и длинным – 70 тонн с полным периодом разложения порубочных остатков в течение 20 лет.

В настоящей работе при оценке объема эмиссии порубочными остатками расчет произведен исходя из условия, что весь углерод, депонированный порубочными остатками за период роста насаждения возвращается в атмосферу в течение определенного периода времени. На самом деле некоторая часть углерода депонируется, уходит в почву и подстилку. Процесс этот на данный момент изучен недостаточно, поэтому в данной методике, углерод, остающийся в лесном биоценозе, не учитывался. С целью устранения этого недостатка требуется проведение дополнительных исследований.

#### 5.1.4. Расчет депонирования углерода на возобновляющейся лесосеке

Углерод, депонированный порубочными остатками, продолжительное время находится в связанном состоянии, не подвергаясь эмиссии. Процесс эмиссии углерода, находящегося в порубочных остатках, происходит постепенно в течение десятков лет.

Наряду с этим уже с первых лет после рубки главного пользования активизируется депонирование углекислого газа при возобновлении лесосеки.

Нарушенные участки зарастают молодняком. В первые же годы вырубленная площадь ассимилирует углерод эффективнее спелых деревьев, т.е. происходит расширенное воспроизводство депонирующей способности леса: чем интенсивнее молодняки заменяют срубленные древостои, тем больше углеродонакапливающая способность нарушенной лесной территории. В результате сплошной или несплошной рубки главного пользования и появления открытых пространств коренным образом меняется режим освещения, температуры, влажности и других факторов. На освещенных, относительно сухих и хорошо прогреваемых местах, формируется сообщество из светолюбивых трав. Первыми здесь развиваются виды с легко распространяемыми семенами: стадия открытой вырубki.

Позднее начинается лесовозобновление: прорастают светолюбивые *broadleaved species* (осина, береза, ивы), поселяются кустарники. Формируется богатое и разнообразное сообщество зарастающей вырубki. Эта стадия занимает в среднем 2-3 года. В дальнейшем начинается интенсивное развитие светолюбивых *deciduous species* (осины, березы). Постепенно подростные деревья вытесняют кустарники и наиболее светолюбивые виды трав; кустарниково-луговое сообщество сменяется листовенным – молодым лесом с несомкнутыми кронами. Поглощающие углерод свойства леса быстро восстанавливаются.

По мнению отдельных лесоводов, в определенных условиях произрастания уже начиная с первых лет возобновления вырубok объемы депонирования углерода травянистой и древесно-кустарниковой растительностью превышают объемы эмиссии углерода порубочными остатками.

Схематично этот процесс можно выразить следующим уравнением (6):

$$\pm P = C - \mathcal{E} + D, \quad (6)$$

где:  $P$  – разность между поглощением углерода при возобновлении  $D$  [тС] и содержанием углерода в порубочных остатках ( $C$ ), [тС];

$C$  – объем депонирования углерода порубочными остатками за период роста насаждения; принимается как постоянная величина по времени для конкретного участка лесного фонда, тС;

$\mathcal{E}$  – эмиссия углерода за оцениваемый период времени. Определяется по графику (рисунок 5.1), тС;

$D$  – депонирование углерода молодым насаждением/возобновлением после рубки главного пользования, тС. Рассчитывается по действующим в республике методикам.

Вопрос размещения порубочных остатков на лесосеках достаточно важен с точки зрения накопления углерода в почве. Точные объемы такого накопления сейчас оценить нельзя, но не вызывает сомнений то, что такое накопление может происходить, и единственным для него источником является разложение органических растительных остатков.

Вопросы депонирования углерода порубочными остатками после рубки главного пользования в республике изучены недостаточно полно. Вместе с тем в последнее время вопросы углеродных потоков в лесных насаждениях привлекают все большее внимание лесоводов республики. В связи с этим и недостаточной изученностью углеродных потоков необходимо активизировать работы в этом направлении.

Предлагаемая методика оценки депонирования углерода порубочными остатками может найти применение в лесохозяйственном производстве при определении способа рубки главного пользования и способов очистки лесосек от порубочных остатков, а также в процессе лесоустройства при назначении способов рубок главного пользования.

Методика может быть использована и в процессе лесопользования в части формирования информационной базы лесного хозяйства, планирования размеров древесиныпользования лесов, выращивании лесов высокой продуктивности, поддержании положительного углеродного баланса и компенсации индустриальной эмиссии парниковых газов.

## 5.2. ПРОГНОЗ ОБЩЕГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА БИОМАССОЙ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ НА УЧАСТКАХ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БЕЛАРУСИ НА ПЕРСПЕКТИВУ 2030 И 2050 ГОДОВ НА ОСНОВЕ СРЕДНЕЙ ЕЖЕГОДНОЙ ПЛОЩАДИ СПЛОШНЫХ/НЕСПЛОШНЫХ РУБОК ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПЯТЬ ЛЕТ

Понятие «лесопользование» предполагает использование различной продукции леса. В широком понимании этот термин определяет рациональное, бережное пользование человеком всеми ресурсами леса и его экологическими функциями и полезностями. При получении древесины различными рубками заготавливаются не только сортименты, но и производятся значительные объемы остатков биомассы. Положительные изменения в лесном фонде республики позволяют ожидать перспективное увеличение древесных запасов и как результат, объемов их рубки, и особенно рубок главного пользования. Как рационально использовать и сортименты, и порубочные остатки от рубок леса через 10-20 лет надо уже решать сейчас.

Сохранение порубочных остатков и иной мертвой древесины в лесу скажется на интенсивности почвенного «дыхания», что в конечном итоге приведет к дополнительной эмиссии углекислого газа, т.е. сокращению абсорбции парниковых газов лесным насаждением. Сбор и использование порубочных остатков лесозаготовок в топливных или иных целях обеспечит сокращение выбросов углекислого газа. Основным направлением утилизационного использования отходной древесной биомассы в республике будет производство щепы для энергетических целей. Но это производство должно быть экономически выгоднее, чем ее производство из дровяной древесины. Основным условием этой выгоды является европейская стоимость древесины и отходов. В этой связи высокие цены на круглый лес – существенный экономический стимул максимального использования биоресурсов. В этом случае, если сложится паритет цен, цены на дровяную древесину начнут расти, только тогда производство щепы из порубочных остатков будет экономически выгодно и решится вопрос целесообразности удаления или неудаления порубочных остатков. Для решения проблемы эффективного использования отходов лесозаготовок необходимо менять законодательство, принимать меры по созданию условий развития заготовки и переработки древесных отходов.

### 5.2.1. Главное пользование лесом и его перспективы в Республике Беларусь

Проводимые в республике рубки леса можно разделить на два основных блока: рубки планируемые (расчетные) и рубки, проводимые по мере возникновения необходимости.

К первому блоку относятся рубки главного и промежуточного пользования, ко второму – прочие рубки. Если первые рубки можно регулировать введением определенных нормативов или принятием решений, то вторые – являются следствием тех явлений и мероприятий, которые стали основанием для их проведения.

Расчетная лесосека по рубкам главного пользования лесом, определяемая на основании материалов инвентаризации лесов при проведении лесоустройства с 10 летним циклом повторяемости – это научно обоснованная норма (предел) возможного изъятия ресурсов спелой древесины.

Принципы ее определения состоят в неистощительном, постоянном и неумещающемся размере пользования древесными ресурсами. На расчетной лесосеке построена вся система воспроизводства лесных ресурсов. Искусственное увеличение утвержденной и введенной в действие расчетной лесосеки вносит сбой в стратегию лесопользования и снижает лесосырьевой потенциал лесов. Это подтверждено практикой. На протяжении длительного периода времени (в 30-е годы и послевоенный период) расчетная лесосека по решению правительственных органов перерубалась, широко практиковались замена объемов расчетной лесосеки по лиственным породам на хвойные и так называемая досрочная рубка. Как следствие, к концу 80х годов спелых лесов осталось 2,4%, а по хвойным породам – 1,3% при лесоводственно-экономической норме в 20%. Расчетная лесосека снизилась до самого низкого за всю историю лесного хозяйства уровня – менее 5 млн. м<sup>3</sup>. Рубки главного пользования вело одно республиканское ведомство – бывшее Министерство лесной промышленности БССР (Минлеспром), полностью осваивая расчетную лесосеку не только по хвойным и твердолиственным породам, но и по мягколиственным.

После распада СССР в лесном комплексе произошли существенные структурные преобразования, Минлеспром был преобразован в концерн «Беллесбумпром». По экономическим причинам резко снизилось потребление древесины. Данный концерн уменьшил объемы лесозаготовок с 5 млн. м<sup>3</sup> до 2 млн. м<sup>3</sup>. Функции освоения расчетной лесосеки приняло на себя в основном Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь (Минлесхоз) и мелкие лесозаготовители.

Минлесхозом при поддержке правительства кардинально была пересмотрена стратегия лесопользования с переходом на рубку леса в строгом соответствии с расчетной лесосекой, в целях восстановления подорванного чрезмерной эксплуатацией сырьевого потенциала лесов. В результате осуществляемых мер ситуация со структурой лесов стала последовательно улучшаться.

К настоящему времени запас спелых и перестойных древостоев составил 11,5% по площади и 16,3% по запасу против соответственно 7,7% и 9,7% в 2000 году [9]. Запас включенных в рубку главного пользования за этот период возрос на 140%. Однако необходимо иметь в виду, что, начиная с середины 90-х годов и по настоящее время, интенсивно создаются особо охраняемые природные территории в лесном фонде, на которых ведение рубок главного пользования в соответствии с природоохранным законодательством запрещено. Поэтому реальные площади и запасы спелой древесины, закладываемые в расчетную лесосеку, так называемый фонд «возможные для эксплуатации», на 20% ниже от имеющихся ресурсов.

Методология расчета размера главного пользования базируется на многофакторном анализе лесных ресурсов и следующих основных принципах:

- последовательное выравнивание возрастной структуры лесов и приведение ее к критерию «нормальности леса»;
- повышение продуктивности и улучшению породной структуры лесов путем вовлечения в первоочередную рубку участков леса не перспективных для лесовыращивания;
- расчетная лесосека должна ежегодно обеспечиваться наличными ресурсами спелых древостоев;
- размер заготовки спелой древесины не должен уменьшаться и, по возможности, проектируется его увеличение пропорционально изменениям в возрастной структуре и продуктивности древостоев;
- сплошная вырубка спелых участков леса должна заменяться в соответствии с экологическими требованиями на систему выборочных и постепенных рубок древостоев;

– размер расчетной лесосеки не должен превышать размера годового прироста древесины.

В соответствии с принятым порядком определения и утверждения расчетной лесосеки – лесосека определяется и принимается по площади [2,10,11]. Исходя из среднего запаса на 1 га производится расчет и утверждение размера главного пользования в общем и ликвидном запасе. Продуктивность спелых древостоев напрямую влияет на установление размера расчетной лесосеки по рубкам главного пользования.

Размер расчетной лесосеки как для юридического лица, так и в целом по Республике Беларусь по рубкам главного пользования утверждается в общем объеме ликвидной и деловой древесины, отдельно по группам древесных пород (хвойные, твердолиственные, мягколиственные), с учетом размера по отдельным породам (сосна, дуб, береза, ольха черная, ольха серая, осина), а также категорий лесов, способов рубок (сплошнолесосечные, постепенные, выборочные).

Алгоритм и математические модели определения расчетной лесосеки с учетом возрастной структуры, продуктивности спелых лесов, особоохраняемых природных территорий и иных факторов в настоящее время можно считать достаточно обоснованным и направленным не только на повышение лесосырьевого потенциала лесов и улучшение их породной структуры, но и на максимальное удовлетворение потребностей республики в древесине [12].

В результате принятых законодательных решений, регулируемого естественного роста насаждений, расчетная лесосека обеспечивается ежегодным увеличением объемов заготовки спелой древесины в среднем на 250-400тыс.м<sup>3</sup>. В период пересмотра распределения лесов на новые категории, в некоторые годы возможны и более значительные увеличения (2018г.–789 тыс.м<sup>3</sup>). Но такие скачки перейдут уже в плавный рост после окончания лесоустроительных работ по перераспределению категорий.

Размеры расчетных лесосек за на 2014-2018 годы приведены в таблице 5.4. Увеличение за этот период составило 115,5 %, хотя в разрезе древесных пород имеются значительные отличия по изменению объемов. Преобладают в расчетной лесосеке мягколиственные насаждения – 51,9%. За последние годы наблюдалось увеличение роста размера расчетной лесосеки по хвойным насаждениям. Это частично объясняется вовлечением в рубку тех насаждений, которые при отнесении насаждений к категориям в соответствии с требованиями нового Лесного кодекса стали эксплуатационными.

Таблица 5.4 – Размер расчетной лесосеки по рубкам главного пользования по Республике Беларусь на 2014-2018 гг. (тыс.м<sup>3</sup> ликвидной древесины)

Группы пород, породы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Итого за 2014-2018гг.	В среднем за год	%
<i>Coniferous</i>	4927,4	5108,9	5382,0	5671,7	6154,9	27244,9	5449,0	46,6
<i>в том числе сосна</i>	4096,3	4273,8	4515,7	4731,7	5092,0	22709,5	4541,9	38,8
<i>ель</i>	831,1	835,1	866,3	940,0	1062,9	4535,4	907,1	7,8
<i>Hardwood</i>	182,2	181,1	180,7	180,8	182,3	907,1	181,4	1,5
<i>в том числе дуб</i>	175,2	173,8	173,4	173,5	174,0	869,9	174,0	1,5
<i>Deciduous</i>	5902,8	5969,4	6022,8	6082,1	6386,3	30363,4	6072,7	51,9
<i>в том числе береза</i>	2527,9	2618,2	2695,0	2826,2	3014,3	13681,6	2736,3	23,4
<i>осина</i>	1326,0	1309,4	1343,7	1381,7	1449,3	6810,1	1362,0	11,6
<i>ольха черная</i>	1777,4	1777,2	1769,5	1787,5	1820,4	8932,0	1786,4	15,3
Всего	11012,4	11259,4	11585,5	11934,6	12723,5	58515,4	11703,1	100,0

Фактическая заготовка, к сожалению, использует не полностью установленный размер рубок главного пользования. Начиная с 1989 года, расчетная лесосека по освоению не доходит до 100%. Недоосвоение достигает в отдельные годы до 20–35%(таблица 5.5). За пять последних лет недоосвоено 17,3 млн.м<sup>3</sup> древесины, что составляет 1,5 размера средней рас-

четной лесосеки за анализируемый период. В анализируемый объем заготовки включена древесина рубок главного пользования текущего, а также заготовленная по предоставленной отсрочке предыдущего года, т.е. вся древесина, вырубленная в течение календарного года от рубок данного вида.

Таблица 5.5 – Фактическая заготовка древесины по рубкам главного пользования по Республике Беларусь с предоставленной отсрочкой прошлых лет за 2014-2018 гг. (тыс.м<sup>3</sup> ликвидной древесины)

Группы пород, породы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Итого за 2014-2018 гг.	В среднем за год	%	Освоение расчетной лесосеки по породам, %
<i>Coniferous</i>	4869,0	4497,7	3873,4	4195,4	4133,9	21569,4	4313,9	52,3	79,2
<i>в том числе сосна</i>	3736,0	3746,2	3231,3	3399,0	3295,4	17407,9	3481,6	42,2	76,6
<i>ель</i>	1133,0	751,5	642,1	796,4	838,5	4161,5	832,3	10,1	88,0
<i>Hardwood</i>	175,5	134,8	121,5	106,7	148,9	687,4	137,5	1,7	75,8
<i>в том числе дуб</i>	166,0	132,7	116,1	102,6	146,1	663,5	132,7	1,6	76,3
<i>Deciduous</i>	4630,0	4031,7	3132,8	3288,7	3862,7	18945,9	3789,2	46,0	62,4
<i>в том числе береза</i>	1665,5	1374,9	1029,5	1139,3	1425,8	6635,0	1327,0	16,1	48,5
<i>осина</i>	1332,8	1183,1	913,6	982,4	1045,6	5457,5	1091,5	13,2	80,1
<i>ольха черная</i>	1470,7	1362,5	1109,2	1080,3	1283,5	6306,2	1261,2	15,3	70,6
Всего	9674,5	8664,2	7127,7	7590,8	8145,5	41202,7	8240,5	100,0	70,4
Освоение расчетной лесосеки, %	87,8	76,9	74,8	63,6	64,0	70,4	70,4		

Наибольшее недоосвоение происходит по мягколиственным породам. Это привело к значительному накоплению запасов спелых и перестойных древостоев, особенно по ольхе черной и осине (соответственно 35,4 и 65,7%). Хотя площадь осиновых насаждений составляет всего 2,3%, но здесь наблюдается самая значительная диспропорция возрастного распределения. Перестойные древостои осины имеют низкую товарную ценность, и их реализация затруднена.

Такое положение, как в главном, так и в других видах древесного лесопользования сложилось в основном из-за отсутствия платежеспособного спроса на низкосортную, мелко-товарную и мягколиственную древесину. Это вызвано в основном недостатком мощностей по ее глубокой переработке в нашей стране. Но не менее значительным фактором, повлиявшим на объем главной рубки в последние годы, явилось катастрофическое усыхание сосновых насаждений, где объем вырубленной древесины в порядке проведения санитарно-оздоровительных мероприятий сравнялся с годовым размером главного пользования.

Среди древесных пород, наибольший объем заготовки приходится на сосновые древостои (таблица 5.5) – 42,2% при доле ее в расчете 38,8%. Второй по объему рубок является береза, при этом освоение ее из всех пород наименьшее – всего 48,5%.

Среднегодовая площадь вырубki за пятилетний период (таблица 5.6) составила 35,1тыс. га или 0,4% от покрытых лесом земель в стране. Преобладают площади, пройденные сплошными рубками (68,5%). Доля несплошных рубок по площади составила 31,5%, а по запасу в среднем за 2014–2018 гг. 16,5% от заготовленной ликвидной древесины. Сниже-

ние массовой доли несплошных рубок от расчетных объясняется недоиспользованием расчетной лесосеки.

Таблица 5.6 – Площади рубок главного пользования за 2014-2018 гг., га

Наименование показателей	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Итого за 2014-2018 гг.	В среднем за год	%
Рубки главного пользования, всего	45435,5	37177,8	30044,0	31002,5	31889,9	175549,7	35109,9	100,0
в том числе:								
<i>постепенные и выборочные рубки</i>	17661,1	11310,9	9444,5	8671,4	8139,0	55226,9	11045,4	31,5
<i>сплошные рубки</i>	27774,4	25866,9	20599,5	22331,1	23750,9	120322,8	24063,6	68,5
в том числе:								
<i>по coniferous ecotony</i>	22882,4	19294,8	16634,4	16839,4	16075,0	91726,0	18345,2	52,2
<i>по hardwood ecotony</i>	960,3	613,8	549,7	491,9	530,8	3146,5	629,3	1,8
<i>по deciduous ecotony</i>	21592,8	17269,2	12859,9	13671,2	15284,1	80677,2	16135,4	46,0

Базируясь на современном состоянии лесного фонда, необходимостью приведения распределения лесов по новым категориям в соответствии с требованиями Лесного кодекса до 2021 г., прогнозируется увеличение запасов возможных для эксплуатации насаждений. При использовании в расчетах действующих возрастов, объем рубок главного пользования прогнозируется достичь в республике (таблица 5.7) к 2030 году до 16,7млн. м<sup>3</sup> ликвидной древесины, а к 2050 году – 20,1 млн.м<sup>3</sup>. Но на росте главного пользования по хвойным насаждениям, негативно могут сказаться в скором времени последствия массового усыхания сосновых насаждений, которому значительно подверглись и припевающие насаждения.

Таблица 5.7 – Прогноз размера рубок главного пользования,  $\frac{\text{тыс.м}^3}{\text{тыс.га}}$

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		сплошные	постепенные, выборочные		сплошные	постепенные, выборочные
<i>Coniferous</i>	<u>8600</u> 37,08	<u>5360</u> 18,44	<u>3240</u> 18,64	<u>10600</u> 45,76	<u>6610</u> 22,80	<u>3990</u> 22,96
<i>в том числе сосна</i>	<u>7100</u> 31,27	<u>4370</u> 15,49	<u>2730</u> 15,78	<u>8900</u> 39,17	<u>5490</u> 19,46	<u>3410</u> 19,71
<i>ель</i>	<u>1500</u> 5,81	<u>990</u> 2,95	<u>510</u> 2,86	<u>1700</u> 6,59	<u>1120</u> 3,34	<u>580</u> 3,25
<i>Hardwood</i>	<u>200</u> 0,97	<u>110</u> 0,45	<u>90</u> 0,52	<u>210</u> 1,01	<u>120</u> 0,49	<u>90</u> 0,52
<i>в том числе дуб</i>	<u>180</u> 0,86	<u>105</u> 0,43	<u>75</u> 0,43	<u>190</u> 0,91	<u>110</u> 0,45	<u>80</u> 0,46
<i>другие породы</i>	<u>20</u> 0,29	<u>5</u> 0,02	<u>15</u> 0,09	<u>20</u> 0,10	<u>10</u> 0,04	<u>10</u> 0,06
<i>Deciduous</i>	<u>7900</u> 33,06	<u>6200</u> 23,27	<u>1700</u> 9,79	<u>9300</u> 38,87	<u>7340</u> 27,54	<u>1960</u> 11,33
<i>в том числе береза</i>	<u>3740</u> 16,73	<u>2710</u> 10,54	<u>1030</u> 6,19	<u>4650</u> 20,69	<u>3420</u> 13,30	<u>1230</u> 7,39
<i>ольха черная</i>	<u>2140</u> 7,62	<u>2020</u> 7,39	<u>120</u> 0,23	<u>2350</u> 8,30	<u>2220</u> 8,05	<u>130</u> 0,25
<i>осина</i>	<u>1670</u> 7,10	<u>1190</u> 4,22	<u>480</u> 2,88	<u>1850</u> 7,81	<u>1340</u> 4,75	<u>510</u> 3,06

<i>другие породы</i>	<u>350</u> 1,61	<u>280</u> 1,12	<u>70</u> 0,49	<u>450</u> 2,07	<u>360</u> 1,44	<u>90</u> 0,63
Итого	<u>16700</u> 71,11	<u>11670</u> 42,16	<u>5030</u> 28,95	<u>20110</u> 85,64	<u>14070</u> 50,83	<u>6040</u> 34,81

В таблице 5.7, на основании произведенной выборки из лесоустраительных проектов расчетных лесосек на 2019 и последующие годы (таблица 5.8), приводится распределение прогнозного размера главного пользования на группы пород, породы и способы рубок. При прогнозируемом проведении несплошных рубок главного пользования в общем объеме 30%, в разрезе древесных пород эта величина значительно отличается и составляет наибольшее значение для сосны 37,7%.

Также сделано на основании проектных данных прогнозное распределение объемов сплошнолесосечных рубок по видам лесовосстановления в разрезе вырубаемых пород (таблица 5.9).

Вся эта информация является исходной для последующего определения прогнозных объемов порубочных остатков при проведении рубок главного пользования, а также рассмотрение перспектив их применения и использования.

Таблица 5.8 – Доля групп и пород в расчетной лесосеке по способам рубок, %

Группы пород, породы	сплошные рубки		постепенные, выборочные рубки	
	по хозяйствам	по породам	по хозяйствам	по породам
<i>Coniferous</i> , всего	45,9	100,0	64,4	100,0
<i>в том числе сосна</i>	37,4	81,5	54,3	84,3
<i>ель</i>	8,5	18,5	10,1	15,7
<i>Hardwood</i> , всего	0,9	100,0	1,8	100,0
<i>в том числе дуб</i>	0,9	95,5	1,5	83,4
<i>другие породы</i>	0,0	4,5	0,3	16,6
<i>Deciduous</i> , всего	53,2	100,0	33,8	100,0
<i>в том числе береза</i>	23,3	43,7	20,5	63,2
<i>осина</i>	10,2	32,6	9,5	29,4
<i>ольха черная</i>	17,3	19,2	2,4	2,4
<i>другие породы</i>	2,4	4,5	1,4	4,3
Итого	100,0		100,0	

Таблица 5.9 – Объемы сплошнолесосечных рубок по видам лесовосстановления (тыс.м<sup>3</sup> ликвидной древесины)

Группы пород, породы	2030 г.				2050 г.			
	Создание лесных культур	Содействие естественному возобновлению	Естественное возобновление	Итого	Создание лесных культур	Содействие естественному возобновлению	Естественное возобновление	Итого
<i>Coniferous</i>	2600	700	2060	5360	3440	750	2420	6610
<i>в том числе сосна</i>	1980	535	1855	4370	2800	570	2120	5490
<i>ель</i>	620	165	205	990	640	180	300	1120

<i>Hardwood</i>	55	15	40	110	75	20	25	120
<i>в том числе дуб</i>	55	10	40	105	70	20	20	110
<i>другие породы</i>	0	5	0	5	5	0	5	10
<i>Deciduous</i>	3160	850	2190	6200	4010	930	2400	7340
<i>в том числе береза</i>	1390	370	950	2710	1875	430	1115	3420
<i>ольха черная</i>	1050	280	690	2020	1135	300	785	2220
<i>осина</i>	580	160	450	1190	820	150	370	1340
<i>другие породы</i>	140	40	100	280	180	50	130	360
Итого	5815	1565	4290	11670	7525	1700	4845	14070
%	49,8	13,4	36,8	100,0	53,5	12,1	34,4	100,0

### 5.2.2. Объемы биомассы порубочных остатков при проведении рубок главного пользования

В соответствии с определением государственных лесных стандартов, к порубочным остаткам относятся лесосечные отходы, состоящие из сучьев, ветвей, хвои, листьев, вершин деревьев, пней, корней, стволовых отходов. Лесосечные отходы образуются в процессе заготовки древесины непосредственно в лесу. В данном отчете рассматривается прогнозный расчет объемов и возможное использование надземной части порубочных остатков, получаемых в результате проведения рубок главного пользования. Рассматриваем следующие фракции порубочных остатков:

- вершины – отдельный верхний конец ствола, который по своим характеристикам не может быть использован как деловой сортимент;
- сучья – отходящие от ствола одревесневшие боковые побеги дерева;
- ветви – отходящие от ствола или сучьев малодревесневшие или недревесневшие боковые побеги дерева;
- древесная зелень – хвоя, листья, недревесневшие побеги и почки свежесрубленных деревьев.
- пни – прикорневая часть дерева, оставшаяся над поверхностью почвы после его валки.

Стволы поваленных в результате рубки деревьев очищаются от сучьев. Высота остатков сучьев над поверхностью неокоренного хлыста должна быть не более 2 см. Сучьями считаются обезхвоенные или обезлиственные ветви с диаметром свыше 2 см. К неликвидным вершинкам следует относить их части с диаметром до 3 см. Древесная зелень представляет собой охвоенную или облиственную ветку с диаметром до 0,8 см. Наибольший запас зелени накапливается в хвойных и лиственных деревьях в июне, начале июля, когда нарастает молодая хвоя и старая еще не отпала, а на лиственных деревьях оканчивается рост молодой листвы.

Увеличение в последние годы спроса на возобновляемые природные ресурсы требует более полного и достоверного определения объемов биомассы лесосечных отходов при проведении различных рубок леса. Заметный рост объемов заготовки древесины приводит к образованию значительных запасов порубочных остатков, от правильного учета которых зависит и их использование. Проведение учета такого ресурса достаточно трудоемкий и затратный процесс. Ряд проведенных исследований по оценке запасов биомассы лесосечных отходов показал, что достаточно много факторов задействовано и отражается на правильности получения конечного результата [7-13]. Эти объемы значительно зависят от возрастного, типологического, структурного состава насаждений лесообразующих древесных пород и их продуктивности.

Таблица 5.10 – Рекомендуемые нормативы для определения объемов порубочных остатков при рубках главного пользования

Породы	В процентах от объема стволовой древесины		
	сучья, ветви, тонкие верхинки на растущих деревьях	древесная зелень	пни и корни, возможные к извлечению
Сосна	9,0	4,8	14,0
Ель	13,0	9,4	17,0
Дуб и другие твердолиственные	18,0	3,8	18,0
Береза	12,0	3,2	14,0
Осина	9,0	2,6	14,0
Ольха черная	8,0	4,1	14,0
Прочие мягколиственные	8,0	2,3	10,0

Таблица 5.11 – Объемы сучьев, ветвей, тонких вершин при рубках главного пользования, тыс.м<sup>3</sup>

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		сплошные	постепенные, выборочные		сплошные	постепенные, выборочные
<i>Coniferous</i>	834,0	522,0	312,0	1022,0	639,7	382,3
<i>в том числе сосна</i>	639,0	393,3	245,7	801,0	494,1	306,9
<i>ель</i>	195,0	128,7	66,3	221,0	145,6	75,4
<i>Hardwood</i>	36,0	19,8	16,2	37,8	21,6	16,2
<i>в том числе дуб</i>	32,4	18,9	13,5	34,2	19,8	14,4
<i>другие породы</i>	3,6	0,9	2,7	3,6	1,8	1,8
<i>Deciduous</i>	798,3	616,3	182,0	948,5	737,4	211,1
<i>в том числе береза</i>	448,8	325,2	123,6	558,0	410,4	147,6
<i>ольха черная</i>	171,2	161,6	9,6	188,0	177,6	10,4
<i>осина</i>	150,3	107,1	43,2	166,5	120,6	45,9
<i>другие породы</i>	28,0	22,4	5,6	36,0	28,8	7,2
Итого	1668,3	1158,1	510,2	2008,3	1398,7	609,6

Таблица 5.12 – Объемы древесной зелени, пней, корней при рубках главного пользования, тыс.м<sup>3</sup>

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	древесная зелень	пни и корни, возможные к извлечению	итого	древесная зелень	пни и корни, возможные к извлечению	итого
<i>Coniferous</i>	481,8	1249,0	1730,8	587,0	1535,0	2122,0
<i>в том числе сосна</i>	340,8	994,0	1334,8	427,2	1246,0	1673,2
<i>ель</i>	141,0	255,0	396,0	159,8	289,0	448,8
<i>Hardwood</i>	7,6	36,0	43,6	8,0	37,8	45,8
<i>в том числе дуб</i>	6,8	32,4	39,2	7,2	34,2	41,4
<i>другие породы</i>	0,8	3,6	4,4	0,8	3,6	4,4
<i>Deciduous</i>	258,8	1091,4	1350,2	303,7	1284,0	1587,7
<i>в том числе береза</i>	119,7	523,0	642,7	148,8	651,0	799,8
<i>ольха черная</i>	87,7	299,6	387,3	96,4	329,0	425,4
<i>осина</i>	43,4	233,8	277,2	48,1	259,0	307,1
<i>другие породы</i>	8,0	35,0	43,0	10,4	45,0	55,4
Итого	748,2	2376,4	3124,6	898,7	2856,8	3755,5

Для производства прогнозных расчетов, были рассмотрены имеющиеся в республике опубликованные результаты проведенных исследований и принятых ранее норм учета. По оценкам разных авторов масса лесосечных отходов в зависимости от состава и полноты срубленного древостоя, лесорастительных условий, технологии разработки лесосек и других

факторов может составлять от 10 до 40 % от объема срубленной древесины. Для дальнейших расчетов приняты Рекомендуемые нормативы [13], как наиболее соответствующие средним значениям из имеющейся информации (таблицы 5.11, 5.12, рисунок 5.2). При этом древесная зелень учитывается отдельно, так как для лиственных пород наличие ее в порубочных остатках будет зависеть от времени проведения рубки леса (таблица 5.13).

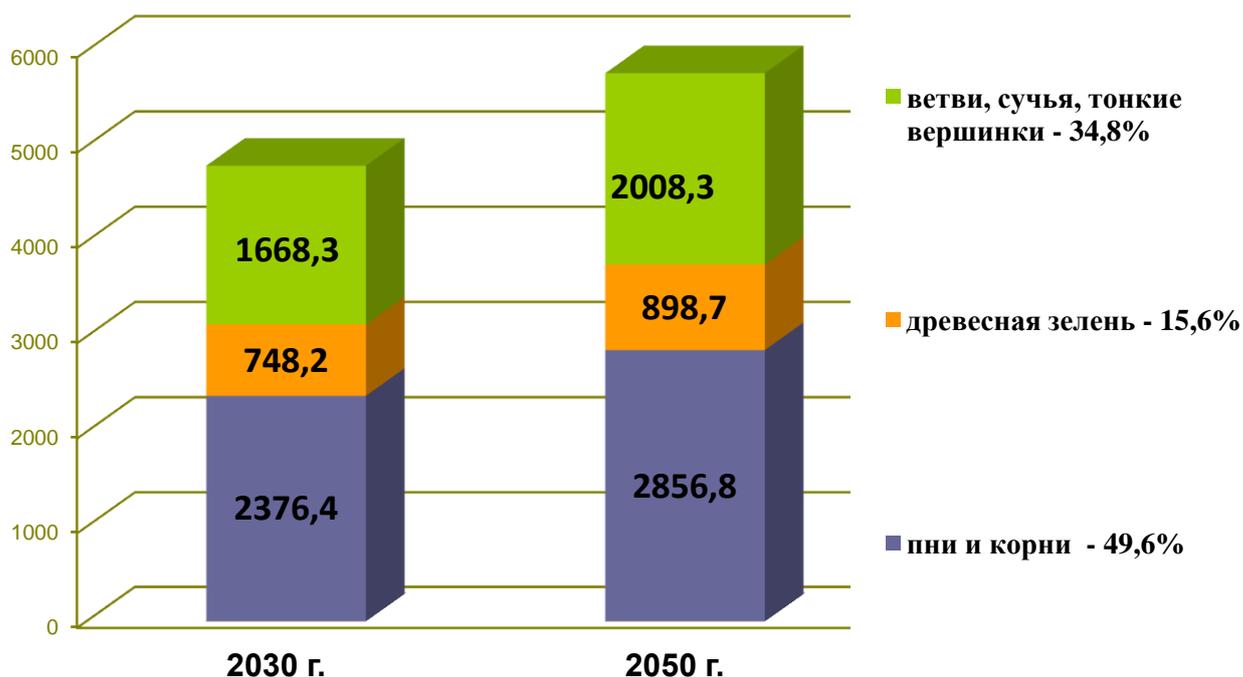


Рисунок 5.2 – Объемы фракций порубочных остатков, тыс.м<sup>3</sup>/%

Таблица 5.13 – Общие объемы порубочных остатков при рубках главного пользования, тыс.м<sup>3</sup>

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		сплошные	постепенные, выборочные		сплошные	постепенные, выборочные
<i>Coniferous</i>	2564,8	1604,0	960,8	3144,0	1967,4	1176,6
<i>в том числе сосна</i>	1973,8	1214,9	758,9	2474,2	1526,2	948,0
<i>ель</i>	591,0	390,1	200,9	659,8	431,2	228,6
<i>Hardwood</i>	79,6	43,7	35,9	83,6	47,7	35,9
<i>в том числе дуб</i>	71,6	41,7	29,9	75,6	43,7	31,9
<i>другие породы</i>	8,0	2,0	6,0	8,0	4,0	4,0
<i>Deciduous</i>	2148,5	1679,5	469,0	2536,2	1994,6	541,6
<i>в том числе береза</i>	1091,5	790,9	300,6	1357,8	998,8	359,0
<i>ольха черная</i>	558,5	527,2	31,3	613,4	579,5	33,9
<i>осина</i>	427,5	304,6	122,9	473,6	343,1	130,5
<i>другие породы</i>	71,0	56,8	14,2	91,4	73,2	18,2
Итого	4792,9	3327,2	1465,7	5763,8	4009,7	1754,1
%	100,0	69,4	30,6	100,0	69,6	30,4

Прогнозируемое увеличение объемов рубок главного пользования приведет к увеличению объемов порубочных остатков (рисунок 5.3).

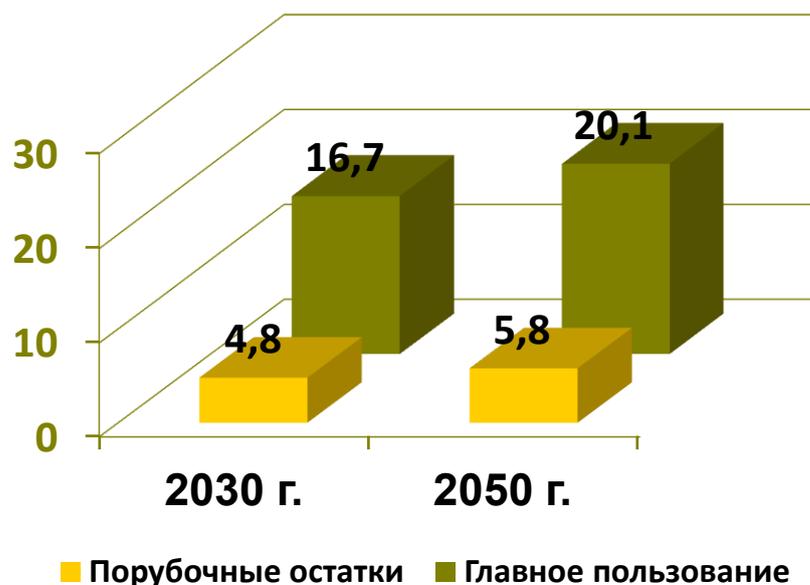


Рисунок 5.3 – Объемы рубок главного пользования и порубочных остатков, млн.м<sup>3</sup>

5.2.3. Прогноз общего депонирования углерода биомассой порубочных остатков на участках рубок главного пользования

Системных сведений по депонированию углерода порубочными остатками после проведения рубок главного пользования в республике не собиралось. Порубочные остатки являются одним из важных элементов биомассы лесной экосистемы. На сегодняшний день их влияние на углерододепонирующую способность насаждений изучено недостаточно. Но для проведения прогнозных расчетов, предлагается содержание углерода в компонентах древостоя лесного насаждения в порядке «полевой» оценки определить по критериям таблицы 5.14.

Таблица 5.14 – Содержание углерода в древостое, т/га

Преобладающая порода	Стволовая древесина	Сучья, ветви, вершины	Листья (хвоя)	Пень и корни
Сосна	0,268 М*	0,034 М	0,010 М	0,043 М
Ель	0,235 М	0,033 М	0,012 М	0,040 М
Дуб и твердолиственные	0,343 М	0,060 М	0,011 М	0,065 М
Береза	0,300 М	0,045 М	0,009 М	0,050 М
Ольха (ч)	0,275 М	0,047 М	0,008 М	0,044 М
Осина	0,224 М	0,035 М	0,007 М	0,043 М
Прочие, в т.ч. кустарники	0,138 М	0,040 М	0,005 М	0,030 М

Примечание – \*) М – древесный запас, м<sup>3</sup>/га

Используя сведения таблиц 5.7, 5.11 и 5.12 определены прогнозные объемы депонирования углерода отдельно для сучьев, ветвей, тонких вершин (таблица 5.15) и других составляющих порубочных от проводимых рубок главного пользования (таблица 5.16).

Таблица 5.15 – Содержание углерода в сучьях, ветвях, тонких вершинках при рубках главного пользования, тыс.тС

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		сплошные	постепенные, выборочные		сплошные	постепенные, выборочные
<i>Coniferous</i>	28,16	17,62	10,54	34,54	21,61	12,93
в том числе сосна	21,72	13,37	8,35	27,24	16,80	10,94
ель	6,44	4,25	2,19	7,30	4,81	2,49

<i>Hardwood</i>	2,15	1,18	0,97	2,27	1,30	0,97
в том числе дуб	1,94	1,13	0,81	2,05	1,19	0,86
другие породы	0,21	0,05	0,16	0,22	0,11	0,11
<i>Deciduous</i>	34,62	26,88	7,74	41,22	32,19	9,03
в том числе береза	20,19	14,63	5,56	25,11	18,47	6,64
ольха черная	8,05	7,60	0,45	8,84	8,35	0,49
осина	5,26	3,75	1,51	5,83	4,22	1,61
другие породы	1,12	0,90	0,22	1,44	1,15	0,29
Итого	64,93	45,68	19,25	78,03	55,10	22,93

Общий объем накопления углерода в порубочных остатках составит к 2030 г. – 177,94 тыс.тС, а к 2050 г. увеличится в 1,2 раза и может достигнуть до 213,92 тыс.тС. Основной объем содержания углерода по компонентам фитомассы приходится на пни и корни – 59%, на сучья, ветки – 37%, а на древесной зелени только 4%.

Таблица 5.16 – Общие объемы содержания углерода в фитомассе порубочных остатков, тыс.тС

Группы пород, породы	2030 г.				2050 г.			
	сучья, ветви, тонкие вершинки	древесная зелень	пни, корни возмож- ные к извлечению	ИТОГО	сучья, ветви, тонкие вершинки	древесная зелень	пни, корни возмож- ные к извлечению	ИТОГО
<i>Coniferous</i>	28,16	5,10	52,94	86,20	34,54	6,19	65,14	105,87
в том числе сосна	21,72	3,41	42,74	67,87	27,24	4,27	53,58	85,09
ель	6,44	1,69	10,20	18,33	7,30	1,92	11,56	20,78
<i>Hardwood</i>	2,15	0,08	2,34	4,57	2,27	0,09	2,45	4,81
в том числе дуб	1,94	0,07	2,11	4,12	2,05	0,08	2,22	4,35
другие породы	0,21	0,01	0,23	0,45	0,22	0,01	0,23	0,46
<i>Deciduous</i>	34,62	2,12	50,43	87,17	41,22	2,50	59,52	103,24
в том числе береза	20,19	1,08	26,15	47,42	25,11	1,34	32,55	59,00
ольха черная	8,05	0,70	30,18	21,93	8,84	0,77	14,48	24,09
осина	5,26	0,30	10,05	15,61	5,83	0,34	11,14	17,31
другие породы	1,12	0,04	1,05	2,21	1,44	0,05	1,35	2,84
Итого	64,93	7,30	105,71	177,94	78,03	8,78	127,11	213,92

#### 5.2.4. Использование порубочных остатков

Увеличение использования древесных ресурсов является важнейшим звеном в развитии политики ресурсосбережения, рационального природопользования, экологической безопасности, результатов производственной деятельности. Вопрос эффективного и рационального применения древесного сырья, в особенности неиспользуемых древесных отходов, становится все актуальнее.

Отношение к использованию порубочных остатков, образуемых при проведении различных видов рубок, в том числе главного пользования лесом, до недавнего времени были схожи во многих лесных странах. В последние годы усилилось признание эффективного применения этого ресурса в топливных целях. Но однозначных подходов к производству биоэнергетических продуктов, оценки влияния удаления/неудаления порубочных остатков, пока не сложилось.

При существующих способах переработки древесного сырья полезно используется от различных видов рубок до 70% биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень, ветки, кору опилки. Такие виды потенциального сырья, как отходы лесозаготовок, тонкомерная древесина от различных видов рубок используются для выработки товарной продукции в незначительных количествах, а зачастую остаются и вовсе невостребованными.

Не нашли широкого и полного применения больше всего такие отходы лесозаготовок, как хвоя и листва. Данные отходы не используются по причине их технической и экономической недоступности. Затраты на сбор, обработку и транспортировку данного сырья часто превышают стоимость готовой продукции. Однако химический состав хвои сосны и ели позволяет ее использовать в производстве медицинских препаратов, всевозможных экстрактов, парфюмерии, удобрений и подкормки животных. Из хвои можно получить кормовую и витаминную муку, которую можно использовать в качестве добавок при изготовлении комбикорма или кормосмеси.

Вопросы возможного использования порубочных остатков во многом зависят от установленных требований к проведению рубки леса. В Республике Беларусь действует законодательство в области очистки мест вырубок. В зависимости от вида рубки леса, технологии заготовки древесины, лесорастительных условий, категории лесов, требований сохранения биологического разнообразия применяются следующие способы очистки лесосек от порубочных остатков:

- сбор порубочных остатков для производства технологической щепы, топлива и для других целей; равномерная укладка порубочных остатков на волокнистый материал с последующим уплотнением;

- сбор порубочных остатков в кучи высотой и диаметром до 2,5 метра или валы высотой и шириной до 2,5 метра и оставление их для перегнивания;

- укладка срубленных деревьев на землю для перегнивания (при проведении осветлений и прочисток);

- равномерная укладка срубленных деревьев и порубочных остатков в валы высотой и шириной до 2,5 метра или кучи высотой и диаметром до 2,5 метра вдоль коридоров при проведении рубок реконструкции;

- измельчение и разбрасывание порубочных остатков на лесосеке;

- сбор порубочных остатков в кучи диаметром до 2,5 метра и высотой до 1 метра и их сжигание;

- комбинированный (использование на одной лесосеке нескольких способов очистки).

Порубочные остатки, оставляемые для перегнивания, собираются и складываются в:

- кучи высотой до 2,5 м и диаметром до 2,5 м на свободных от подроста местах;

- валы высотой до 2,5 м и шириной до 2,5 м не ближе 10 м до стены леса;

- валы высотой до 2,5 м и шириной до 4 м не ближе 10 м до стены леса – при разработке лесосек многооперационными машинами.

Порубочные остатки могут измельчаться и равномерно разбрасываться по лесосеке в соответствии с требованиями, указанными в технологической карте.

При равномерном разбрасывании порубочных остатков по площади лесосеки максимальная толщина слоя не должна превышать 0,2 м.

При разбрасывании порубочных остатков после измельчения в рубительных машинах толщина щепы должна быть не выше 0,1 м.

Измельченные порубочные остатки не должны занимать более 60% площади вырубки для обеспечения пожарной безопасности и создания условий для лесовосстановления.

В связи с широким распространением в настоящее время вредителей леса, при проведении санитарно-оздоровительных мероприятий, как один из основных способов борьбы, применяется метод сжигания порубочных остатков. В целях профилактики производится сжигание сосновых порубочных остатков и при проведении рубок главного пользования на территориях очагов распространения.

Для сжигания порубочные остатки укладываются в кучи диаметром до 2,5 м и высотой до 1 м и должны располагаться на расстоянии, исключающем повреждение огнем растущих деревьев, куртин подроста, охраняемых или хозяйственно ценных растений.

Для сохранения разнообразия мелких позвоночных и беспозвоночных при проведении рубок на участках леса, характеризующихся свежими и влажными условиями местопроиз-

растания и невысокой посещаемостью населением, допускается оставлять 4–5 куч несожженных порубочных остатков на 1 га.

При проведении рубок в 100-метровых полосах леса вдоль автомобильных и железных дорог, при рубке противопожарных разрывов разрешается сжигание порубочных остатков в пожарно-безопасный период (при невозможности последующего их использования или реализации).

Очистка лесосек сплошных рубок с последующим искусственным лесовосстановлением должна производиться способами, обеспечивающими создание условий для проведения всего комплекса лесовосстановительных работ (подготовка участка и обработка почвы, посадка или посев лесных культур, агротехнические уходы), а также ухода за молодняками.

Очистка лесосек сплошных рубок с наличием подроста ценных пород осуществляется способами, обеспечивающими его сохранность. В весенний, летний и осенний периоды в большинстве случаев порубочные остатки целесообразно укладывать на волоках, а оставшиеся окучивать в местах, где нет подроста.

Все указанные выше требования не запрещают использовать какую-то часть лесосечных отходов для переработки и получения дополнительной продукции из древесной биомассы. Этому способствуют и новые подходы к разработке лесосек и применяемая современная техника.

В Республике Беларусь на смену хлыстовому методу заготовки древесины, в связи с увеличением использования харвестерной и форвардерной техники, приходит более выгодный сортиментный метод. При сортиментном методе, первичная обработка производится непосредственно на лесосеке, что концентрирует объемы порубочных остатков непосредственно на месте рубки и создает более выгодные возможности их заготовки и использования.

С перспективным ростом объемов рубок главного пользования значительно увеличиваются и объемы порубочных остатков. Возникает необходимость установления объемных ресурсов, которые получаются в процессе лесозаготовки, а также какая часть из них может оставаться на вырубке, а какая использоваться. Для установления подходов к выбору удаления или неудаления порубочных остатков из лесосеки, рассмотрим для сплошного способа рубки критерии их оставления, а для несплошных рубок – критерии их изъятия (таблица 5.17).

Использование порубочных остатков в значительной степени зависит от доступности проведения рубок. В связи с [10], расчетная лесосека утверждается отдельно для доступных и труднодоступных насаждений, которые определяются в соответствии с установленными условиями [14]. Основным определяющим фактором для их отнесения являются типы леса, а также удаленность участков от суходолов и дорог. Доля труднодоступных участков в рубках главного пользования определена по расчетной лесосеке на 2019 и последующие годы и соответствует среднему отнесению в рубку за последние годы. Наиболее труднодоступны насаждения ольхи черной – 24%, березы – 13%.

Таблица 5.17 – Критерии для определения объемов оставления порубочных остатков при сплошных рубках, %

Наименование	Породы						
	сосна	ель	дуб	береза	ольха черная	осина	Прочие мягко-лиственные
Труднодоступный лесосечный фонд	7,3	-	0,3	13,4	24,1	3,5	15,0
Сырые и очень сырые лесорастительные условия	20,4	5,0	6,0	45,5	55,9	17,3	27,1
Песчаные почвы с небогатым плодородием	4,5	-	-	0,4	-	-	-
Укрепление волоков	2,0	3,0	2,0	5,0	5,0	3,0	5,0
Потери при валке	15,0	12,0	15,0	12,0	15,0	15,0	12,0
Итого	49,2	20,0	23,3	76,3	100,0	38,8	59,1

Из несплошных рубок, использование (вывоз) лесосечных отходов можно производить, в основном, при проведении полосно-постепенных рубок. Это связано со схожестью технологических процессов этих рубок со сплошнолесосечными рубками, а также наиболее экономически оправдано в сравнении с другими их видами. Основной объем полосно-постепенных рубок приходится на одновозрастные, простые по форме насаждения, произрастающие на дренированных почвах, преимущественно в сосняках брусничных, мшистых и черничных, а также в березняках и осинниках черничных со вторым ярусом ели или еловым подростом. Доля таких участков из включенных в расчет для проведения постепенных рубок, составила для сосновых насаждений – 19,1%, березовых – 8,4%, осиновых – 5,5%.

Исходя из этих критериев, определен объем возможного использования порубочных остатков при сплошных и несплошных рубках (таблица 5.18).

Общий прогнозный ресурс по использованию биомассы порубочных остатков определен на 2030 год в объеме 1533,9 тыс.м<sup>3</sup>, а на 2050 год – 1848,5 тыс.м<sup>3</sup> и составляет соответственно по годам 28,4% и 32,1% от образуемых при лесозаготовках лесосечных отходов.

Таблица 5.18 – Прогнозные объемы возможного использования биомассы порубочных остатков от рубок главного пользования, тыс.м<sup>3</sup>

Группы пород, породы	2030 г.			2050 г.		
	сплошные	постепенные, выборочные	итого	сплошные	постепенные, выборочные	итого
<i>Coniferous</i>	929,2	144,2	1073,4	1120,3	180,1	1300,4
<i>в том числе сосна</i>	617,1	144,2	761,3	775,3	180,1	956,4
<i>ель</i>	312,1	–	312,1	345,0	–	–
<i>Hardwood</i>	33,7	–	33,7	36,4	–	36,4
<i>в том числе дуб</i>	31,9	–	31,9	33,9	–	33,9
<i>другие породы</i>	1,8	–	1,8	2,5	–	2,5
<i>Deciduous</i>	396,7	30,1	426,8	476,5	35,2	511,7
<i>в том числе береза</i>	187,1	24,0	211,1	236,7	28,7	265,4
<i>ольха черная</i>	–	–	–	–	–	–
<i>осина</i>	186,4	6,1	192,5	209,9	6,5	216,4
<i>другие породы</i>	23,2	–	23,2	29,9	–	29,9
Итого	1359,6	174,3	1533,9	1633,2	215,3	1848,5

Наиболее перспективным рассматривается использование лесосечных отходов в качестве топливной щепы. Себестоимость производства древесного топлива из отходов лесозаготовок может колебаться в широких пределах, основными факторами себестоимости топлива являются вид рубки, технология заготовки и расстояние до потребителя. Использование отходов лесозаготовок является целесообразным и перспективным направлением при условии наличия потребителя топлива на приемлемом расстоянии. Экономически оправданным расстоянием считается до 100 км.

Структура затрат в себестоимости щепы:

- 20 % - сбор отходов в лесу;
- 15 % - вывоз отходов;
- 40 % - измельчение;
- 25 % - транспортировка щепы.

## **6. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И МИНИМИЗАЦИИ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УЧАСТКАХ, ПРОЙДЕННЫХ СПЛОШНЫМИ И НЕСПЛОШНЫМИ РУБКАМИ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЮ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА, С УЧЕТОМ БАЛАНСА СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ИНТЕРЕСОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Республика Беларусь приняла на себя обязательство обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов (ПГ) не менее чем на 28% от уровня 1990 года без учета выбросов и стоков парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ). При наблюдаемом экономическом росте республики достижение предполагаемого сокращения выбросов ПГ потребует реализации серьезных эффективных мероприятий. Среди них встанет задача включения вклада сектора лесного хозяйства в поглощение ПГ через стоки углекислого газа при первичном синтезе органических веществ (фотосинтезе лесов). Согласно статье 13 Парижского соглашения все государства должны предоставлять информацию о своих вкладах в сокращение выбросов ПГ. Для достоверной оценки этой информации в настоящее время разрабатывается соответствующее положение о создании системы мониторинга и оценки выбросов.

Применительно к лесам следует признать, что их вклад в достижение Парижского соглашения невелик и возможен прежде всего на путях повышения продуктивности лесов, предотвращения их деградации и чрезмерной вырубке, расширения объемов лесовозобновления и лесоразведения. Эти действия потребуют инвестиций, для привлечения углекислого газа по каждому мероприятию.

Сокращение эмиссии углекислого газа, сохранение биоразнообразия возможно на путях выбора экологоэкономических способов рубок и возобновления леса, удаления/неудаления порубочных остатков, технологий лесосечных работ. При этом научные эксперименты и практика в области рубок и возобновления леса имеют противоречивые мнения. Фактически отсутствуют и не применяются в практической деятельности рекомендации в части поддержания углеродной функции лесов при выполнении лесохозяйственных мероприятий.

### **6.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И МИНИМИЗАЦИИ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УЧАСТКАХ, ПРОЙДЕННЫХ СПЛОШНЫМИ/НЕСПЛОШНЫМИ РУБКАМИ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЮ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА, С УЧЕТОМ БАЛАНСА СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ИНТЕРЕСОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

#### **6.1.1. Рекомендации по сохранению биоразнообразия на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками**

Известно, что проведение рубок главного пользования приводит к значительному изменению микроклимата территории, проявляющегося в усилении освещенности земной поверхности и ветра, увеличении амплитуды колебания температуры приземного слоя воздуха и почвы, снижении влажности верхних почвенных горизонтов. Это в свою очередь обуславливает изменения в видовом составе растительности и других характеристиках подчиненных ярусов, прежде всего *live ground cover*. Степень указанных изменений определяется главным образом видом рубки.

Сплошнолесосечная рубка древостоев (*Pinetum oxalidosum* и *Pinetum pteridiosum*) оказала негативное воздействие на состояние живого напочвенного покрова. Валка и трелевка

деревьев, воздействие лесозаготовительной техники и последующее искусственное возобновление вызывают значительные повреждения и резкое снижение проективного покрытия по ярусам *herbo-fruticosus* и по ярусам *bryo-lichenenisis*.

Эдификационная роль лесных видов ослабевает по отношению к представителям сорных и луговых растений. Под защитой пней сохраняются некоторые виды *umbraheliophyta* (*Maianthemum bifolium*, *Lycopodium annotinum*, *Oxalis acetosella*), однако сплошного фона они уже не образуют. Практически полностью исчезают мхи, за исключением *Polytrichum commune*, который способен выносить условия вырубki.

С увеличением возраста древостоя получают все большее распространение виды лесной растительности, а число луговых и опушечных видов и их общее проективное покрытие уменьшается.

По мере увеличения сомкнутости древостоя в рядах и междурядьях будет уменьшаться поступление света под полог формируемого насаждения. В результате отдельные участки живого напочвенного покрова выпадут и он станет мертвым. В условиях недостатка освещенности важную роль в регуляции видового состава и численности в нижних ярусах растительности начнет приобретать конкуренция между корневыми системами различных видов растений за влагу и питательные вещества. Состав и структура живого напочвенного покрова будет находиться в стадии интенсивной перестройки, будет происходить отсев, сокращение обилия и встречаемости некоторых видов *heliosphyton*. Ярус *herbo-fruticosus* будет выражен слабо, без доминантов и представлен в основном многолетними травянистыми растениями, располагающимися по площади редко, отдельными экземплярами. Фон в основном будут определять зеленые мхи (*Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis*) с преобладанием последнего.

При сплошных рубках главного пользования изменения в составе и характеристиках подчиненных ярусов растительности проявляются значительно сильнее чем при постепенных. Проведение сплошных рубок приводит к резкому снижению проективного покрытия лесной травянистой растительности и активному замещению лесных видов растений луговыми. Порубочные остатки, оставляемые на площади, до некоторой степени могут уменьшить испарение влаги из почвы за счет ее отенения, испарения собственной влаги и снижения скорости приземного слоя воздуха, однако коренное трансформирование напочвенного покрова в указанном направлении предотвратить не способны. Влияние порубочных остатков на напочвенный покров проявляется до возраста смыкания крон молодых деревьев, постепенно снижаясь в результате гниения и разложения их биомассы.

В обоих случаях обращения с порубочными остатками (оставление/не оставление на площади лесосеки) на вырубках из-под сплошных рубок сосновых древостоев с участием в составе древостоя *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* и *Populus tremula*, на относительно богатых почвах, процесс формирования древостоев *Pinus sylvestris* до перевода в покрытые лесом земли протекает в непредсказуемом направлении. Под защитой порубочных остатков сохраняются некоторые виды *umbraheliophyta* (*Maianthemum bifolium*, *Lycopodium annotinum*, *Oxalis acetosella*), однако сплошного фона они уже не образуют. Практически полностью исчезают мхи, за исключением *Polytrichum commune*, который способен выносить условия вырубki. Происходит интенсивное зарастание междурядий такими видами как *Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*, *Calluna vulgaris*, встречаются *Fragaria vesca*, *Veronica officinalis*, *Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*, *Chamaenerion angustifolium* и особенно *Rubus idaeus*.

На четвертый год после рубки отмечено исчезновение участков с минерализованной поверхностью почвы и мертвопокровных. В отличие от вырубki первого года, образовался хорошо развитый *herbo-fruticosus* ярус с обилием *Gramineae*. Совместно со *Gramineae* в травостое стали преобладать виды вегетативного размножения (*Rubus idaeus*, *Rubus saxatilis* и др.), возрос удельный вес видов семенного происхождения (*Chamaenerion angustifolium*, *Calamagrostis*, *Viola* и др.). Преобладающими видами на вырубке стали *Deschampsia*,

*Calamagrostis*, *Chamaenérion angustifolium*. Задержание *Gramínea* усилилось. Их доля в проективном покрытии увеличилась до 35%.

Таким образом, в первые годы после рубки на месте постоянных спутников древостоя (*Vaccínium*, *Vaccínium vitis-idaéa*, *Pýrola rotundifólia*, *Bryophyta* и другие лесные виды), важных с точки зрения сохранения стабильности лесных фитоценозов, появляются представители родов *Calamagrostis*, *Poaceae*, *Deschampsia*, *Agrostis* и других представителей *Gramíneae* с примесью заносных видов.

К 20 году после сплошнолесосечной рубки, в связи со смыканием крон в рядах и между рядами лесных культур и значительным уменьшением освещенности под пологом происходит выпадение видов *heliosphyton*. В дальнейшем, спустя еще 20 лет, постепенно почти до исходного состояния восстанавливается ярус *Bryophyta* и незначительно (на 15%) не успевают восстановить площадь своего покрытия характерные виды *silvaticae* (рисунок 6.1).

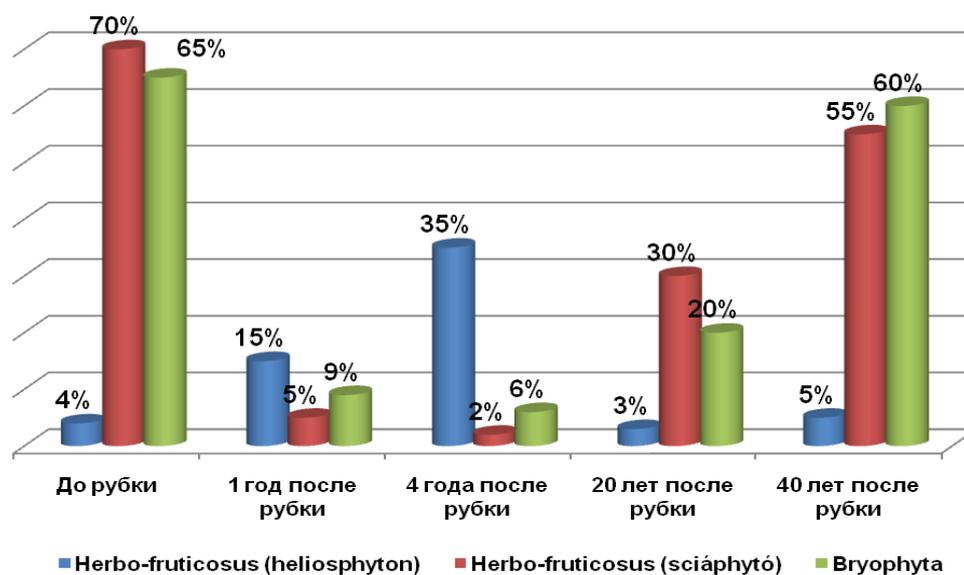


Рисунок 6.1 – Динамика проективного покрытия в *Piceetum* после сплошнолесосечной рубки

Влияния оставленных порубочных остатков на *Subsilva* не выявлено, в обоих случаях (оставление/не оставление) он возобновляется различными видами *Sálix*, а также *Sórbus aucupária*, *Frángula álnus* и в довольно значительном количестве *Rúbus idaeus*.

В силу сохранения средообразующей роли леса, проведение несплошных рубок оказывает меньшее влияние на изменение видового состава растений подчиненных ярусов и их проективного покрытия. Несплошные рубки леса незначительно изменяют проективное покрытие: в сторону уменьшения на 4–7% – по ярусу *herbo-fruticosus*, на 10–15% – по *bryo-licheneni*. После первого приема РПР количество видов в основном увеличивается за счет заселения площади разнообразием рода *Gramíneae* среди *cryptophytes*. Основные изменения происходят в связи с прорубкой технологических волоков и работой на них лесозаготовительной техники.

Влияние оставления/неоставления порубочных остатков при несплошных рубках проявляется на участках лесосеки с полностью вырубленным древостоем (волоках и пр.) еще в меньшей степени, чем при сплошных. В основном на волоках и в местах образования окон появляются растения *heliosphyton* и *compesters*: *Chamaenérion angustifolium*, *Leontodon autumnalis*, *Poa annua*, *Rumex acetosella*, *Solidago virgaurea*, *Veronica officinalis* и др. Ко второму приему рубки ярус *bryo-licheneni* адаптируется к изменению условий освещенности, что выражается в постепенном повышении проективного покрытия и восстановлении исходного состояния через один–два года после проведения второго приема рубки. Небольшой прирост покрытия происходит за счет *Polytrichum juniperinum* и *Hylocomium splendens*. В последую-

щем, согласно ранее проведенным исследованиям, восстановление яруса *herbo-fruticosus* после рубок происходит быстрее, чем *bryo-lichenensis*; но все же полностью живой напочвенный покров не успевает восстановиться до проведения очередного приема рубки. Его восстановление возможно только через 5–8 лет после завершения рубок, что согласуется с исследованиями [15].

В еловых насаждениях влияние рубок на *live ground cover* аналогичное. В насаждениях доминируют *Oxalis acetosella*, *Melampyrum nemorosum*, *Pteridium aquilinum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, с общим проективным покрытием 60-80%. После проведения сплошной рубки вне зависимости от способа обращения с порубочными остатками (оставление/не оставление) проективное покрытие травянистыми растениями составляют не более 30%, а на большей части площади вырубki образовался мертвый покров. Напочвенный покров в первый год после сплошной рубки представлен небольшими куртинами *Carex*, *Juncus*, *Poaceae*, *Trientalis*, *Melampyrum*, *Vaccinium*, *Geranium*, *Bryophyta*, сохранившихся около пней и скопления порубочных остатков, в местах затенения или у стен леса. В последующие годы разрастающаяся растительность *Gramineae* увеличивает свою площадь покрытия и вытесняет виды *silvaticae*, практически полностью исчезает покров *Bryophyta*. Динамика смены растительности аналогичная, как и у сосняков. Влияние порубочных остатков не проявляется.

Оставление порубочных остатков с равномерным распределением их по площади и дальнейшим перегниванием на лесосеке способствует сохранению плодородия поверхностных слоев лесных почв, что может являться важным для растений *live ground cover*. При этом ветки и сучья могут утилизироваться после опадения с них хвои без значимого ущерба для растений *live ground cover*. Они выполняют роль мульчи, что позволяет в большей степени сохранять почвенную влагу, особенно на начальном этапе формирования молодого насаждения, и способствовать образованию уникальных экологических ниш. На притененных и, как следствие, более увлажненных участках находят себе комфортные условия для сохранения и развития организмы *hygrophilus* (*Magnoliophyta*, *Polypodiophyta*, *Bryophyta*). Эти виды впоследствии при смыкании крон быстрее восстанавливают свое господство.

Разлагающаяся древесина лесосечных отходов по мнению T. Nienela [16] является субстратом для дереворазрушающих грибов, которые в свою очередь образуют экологические ниши, пригодные для обитания и сохранения *mycetozoa*, насекомых, птиц и иных животных [16]. Наличие гниющей древесины не утилизированных порубочных остатков, как указывает В.Г. Сергиенко и др. [17] может способствовать сохранению местообитания лесных растений и животных, создавать особые условия для возобновления и роста хвойных пород на перегнойном субстрате, для создания которого ведущую роль играют трутовые грибы, способные разрушать трудно разлагаемые органические соединения.

Оставление порубочных остатков на лесосеке вплоть до их полного разложения оказывает негативное влияние на лесопожарную и лесопатологическую обстановку. Утилизация лесосечных отходов улучшает санитарное состояние (препятствует размножению вредителей и распространению болезней деревьев) и снижает горимость лесосек.

С лесопатологической точки зрения порубочные остатки, оставленные на лесосеке, могут стать причиной развития очагов усиленного размножения насекомых ксилофагов и грибных болезней, влияние которых затем распространяется на соседние участки леса. Для предотвращения вредителей и болезней леса рекомендуется сжигание порубочных остатков, которые могут использоваться в качестве ловчих деревьев, сжигать которые необходимо до вылета насекомых весной или в начале лета. Согласно действующим санитарным правилам в лесах Республики Беларусь в очагах стволовых вредителей, сосудистых и некрозно-раковых болезней порубочные остатки подлежат обязательному сжиганию с соблюдением требований Правил пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь [18].

Выгорание *forest litter* и живого напочвенного покрова в результате пожаров имеет выраженные негативные последствия из-за ее большого значения в почвообразовательном процессе, она во многом определяет тепловой режим и физические свойства почвы, регули-

рует химический состав и агрессивность раствора, поступающего в почву, поддерживает ее плодородие. Запас подстилки в спелых лиственных лесах может достигать 30 ц/га, в сухих хвойных насаждениях ее масса варьирует от 30 до 300 ц/га и более [19]. При длительной засухе содержание влаги в подстилке на лесосеке понижается до 14% и ниже. Просохший верхний слой подстилки загорается даже от искры. В результате происходит гибель лесных культур и естественного возобновления древесных пород, напочвенного покрова, а также выгорание *forest litter* до минерального слоя. При этом значительная часть накопленного указанными компонентами углерода выбрасывается в атмосферу. При пожарах сильной интенсивности теряется до 60% углерода, при средней интенсивности – до 30%, при слабой интенсивности – до 5 % [20]. Следовательно, в первые 2-3 года после проведения рубки главного пользования, лесосеки с оставленными порубочными остатками являются наиболее пожароопасными объектами. Потери от сжигания порубочных остатков по нашим исследованиям могут привести к ущербу от 250 до 1825 бел. руб. в зависимости от типа леса [21].

На основании приведенных исследований можно рекомендовать для сохранения биоразнообразия, с экологической точки зрения, утилизации и использование биомассы порубочных остатков при проведении рубок главного пользования следующее:

- проведение несплошных рубок главного пользования;
- применение экологоэкономических технологий проведения рубок;
- проведение рубок в осенне-зимний период года;
- после проведения рубок главного пользования оставлять порубочные остатки в небольших кучах для сохранения разнообразия тенелюбивых растений;
- измельчение и разбрасывание порубочных остатков равномерно по площади в качестве мульчи, что сохраняет влагу;
- оставление семенников после проведения сплошнолесосечных рубок;
- в связи с тем, что восстановительный процесс протекает в направлении «лесная растительность – растительность открытых мест – лесная растительность и т.д.» в богатых условиях местопроизрастания желательное увеличение количества агротехнических и лесоводственных уходов;
- для предотвращения возникновения лесных пожаров предусмотреть удаление или измельчение и разбрасывание порубочных остатков;
- производить постоянный контроль за соблюдением правил пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь.

Влияние порубочных остатков на флористическое разнообразие, содержание элементов питания и поглощение углекислого газа экологически положительное, но недостаточно значимое для роста и развития лесной экосистемы.

#### 6.1.2 Рекомендации по обеспечению оптимального содержания питательных веществ на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками

Результаты исследований, приведенные в научной литературе, свидетельствуют о том, что утилизация лесосечных отходов может снижать прирост и продуктивность формирующихся лесных насаждений за счет сокращения количества питательных веществ в почве. Существует прямая связь между выраженностью данного процесса и объемом порубочных остатков, более выражен он в ельниках, формирующих наибольшие объемы лесосечных отходов [2–4].

В результате анализа данных, полученных при исследованиях на пробных площадях 1–4 WB/GEF *Pinetum oxalidosum*, 5–8 WB/GEF – *Pinetum pteridiosum*, 9–12 WB/GEF *Piceetum oxalidosum* и 13–16 WB/GEF *Piceetum pteridiosum* установлено, что фитомасса сучьев, веток и хвои, формирующих наиболее приемлемые для утилизации порубочные остатки в *Pinetum oxalidosum* до проведения рубки составляла 56,6 м<sup>3</sup>/га (11,1% от общей фитомассы древостоя и хвои в указанном насаждении), в *Pinetum pteridiosum* – 54,3 м<sup>3</sup>/га (11,2% от общей фито-

массы древостоя и хвои), в *Piceetum oxalidosum* – 82,9 м<sup>3</sup>/га (12,7% от общей фитомассы древостоя и хвои), в *Piceetum pteridiosum* – 80,2 м<sup>3</sup>/га (13,1% от общей фитомассы древостоя и хвои). Содержание элементов питания в порубочных остатках (сучья, ветки и хвоя) в данных насаждениях приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Содержание элементов питания в порубочных остатках (сучья, ветки и хвоя) в исследуемых насаждениях, кг/га

Насаждение	Элемент питания					
	Всего	P	K	Ca	Mg	N
<i>Pinetum oxalidosum</i>	2451	155	355	1350	371	220
в. т. ч. хвоя	502	38	99	120	63	182
<i>Pinetum pteridiosum</i>	2348	149	340	1292	355	212
в. т. ч. хвоя	483	37	95	115	60	176
<i>Piceetum oxalidosum</i>	3478	221	512	1863	523	359
в. т. ч. хвоя	847	64	167	202	106	308
<i>Piceetum pteridiosum</i>	3363	215	495	1799	505	349
в. т. ч. хвоя	824	62	162	197	103	300

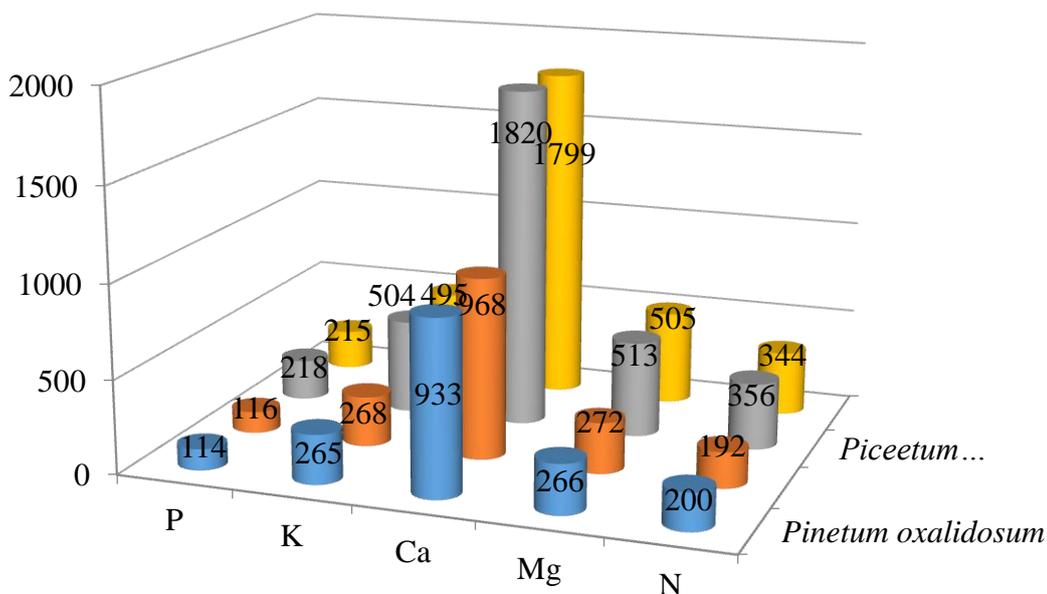


Рисунок 6.2 – Вынос элементов питания при удалении порубочных остатков в исследуемых насаждениях, кг/га

При удалении порубочных остатков при сплошной рубке в *phytocenosis Pinetum oxalidosum* выносятся 114 кг/га фосфора, 265 кг/га калия, 933 кг/га кальция, 266 кг/га магния, 200 кг/га азота, всего – 1778 кг/га питательных элементов. В *phytocenosis Pinetum pteridiosum* выносятся 116 кг/га фосфора, 268 кг/га калия, 968 кг/га кальция, 272 кг/га магния, 192 кг/га азота, всего – 1816 кг/га питательных элементов. В *phytocenosis Piceetum oxalidosum* выносятся 218 кг/га фосфора, 504 кг/га калия, 1820 кг/га кальция, 513 кг/га магния, 356 кг/га азота, всего – 3411 кг/га питательных элементов. В *phytocenosis Piceetum pteridiosum* выносятся 215 кг/га фосфора, 495 кг/га калия, 1799 кг/га кальция, 505 кг/га магния, 344 кг/га азота, всего – 3358 кг/га питательных элементов (рисунок 6.2).

Результаты проведенных исследований показывают, что данная величина не превышает 10% от запаса зольных элементов и азота в *phytocenosis* и составляет 30–40% от содержания питательных веществ в *forest litter* и почве [1]. Запасы зольных элементов и азота в

*forest litter* и почве через 10–30 лет после проведения РГП, в т. ч. на участках после удаления порубочных остатков, оказались не меньше, чем на участках, где произрастают средневозрастные и более старшие древостои, и находятся в пределах варьирования данного показателя в рассматриваемых типах леса, т. е. способ очистки мест рубок практически не влияет на содержание элементов питания в лесной подстилке и почве.

Таким образом, способы РГП и обращения с порубочными остатками (их удаление/не удаление) не оказывают значительного влияния на почвенное плодородие и, предположительно, продуктивность следующего поколения древостоя. Тем не менее, с учетом регулярного выноса элементов питания из лесной экосистемы при проводимых рубках ухода за лесом необходимо ограничивать изъятие лесосечных отходов, прежде всего на бедных почвах, а также удалять их только после опадения хвои/листвы с порубочных остатков.

*Live ground cover*, растения которого имеют корневые системы, располагающиеся преимущественно неглубоко (в верхнем 10 см слое почвы), является наиболее чувствительным компонентом фитоценоза к увлажнению и почвенному плодородию. Вместе с этим *live ground cover* является компонентом фитоценоза, имеющим наибольшую видовую насыщенность. Можно предположить, что вынос элементов питания вместе с биомассой древостоя в ходе рубок главного пользования в дальнейшем окажет более значительное влияние на формирование живого напочвенного покрова в сравнении с другими ярусами лесного насаждения.

*Live ground cover* в сосняках (*Pinetum pteridiosum*, *Pinetum oxalidosum*) содержит в своей биомассе 258–369 кг/га элементов питания, что составляет незначительную долю (0,7–0,9%) от их общего запаса в *phytocenosis*. В хвое древостоя *Pinetum oxalidosum*, имеющей схожее соотношение элементов питания с растениями живого напочвенного покрова, содержится 502 кг/га элементов питания, *Pinetum pteridiosum* – 483 кг/га.

Содержание элементов питания в живом напочвенном покрове в *Piceetum oxalidosum* составляет 444 кг/га, *Piceetum pteridiosum* – 422 кг/га. В хвое древостоя при этом содержится 847 кг/га элементов питания в *Piceetum oxalidosum* и 824 кг/га в *Piceetum pteridiosum* (рисунок 6.3).

Для формирования продуктивности древостоев, корневая система которых охватывает значительную почвенную толщу (до 1 м и более), порубочные остатки и содержащиеся в них питательные элементы не играют значимой роли.

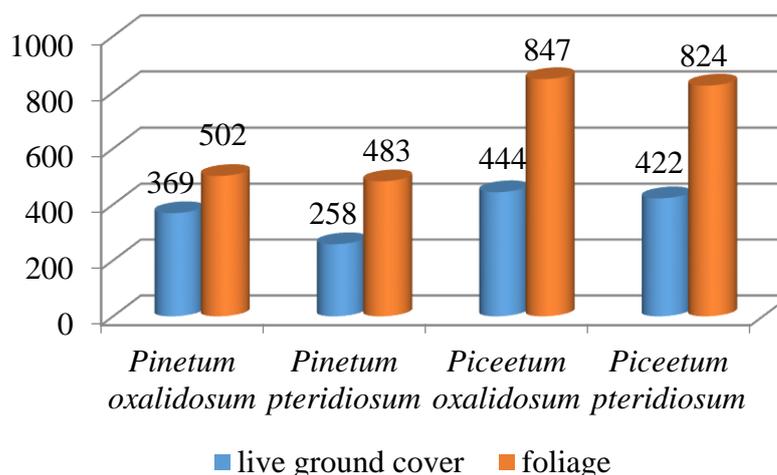


Рисунок 6.3 – Содержание элементов питания в живом напочвенном покрове и хвое порубочных остатков, кг/га

Как видно из представленных данных, одно лишь оставление хвои порубочных остатков на лесосеке может с избытком обеспечить элементами питания формирование характерного для спелого насаждения живого напочвенного покрова с присущим ему видовым разнообразием.

Утилизация порубочных остатков с экологической точки зрения отличается от сжигания выносом определенного количества питательных элементов с площади лесосеки и меньшим ущербом, наносимому *live ground cover* и *forest litter*. При этом установлено, что в результате утилизации порубочных остатков почвенное плодородие значительно не снижается. Оставление порубочных остатков благоприятно для сохранения биоразнообразия и аккумуляции части углерода гниющей древесины в почве, однако повышает риск возникновения лесных пожаров и очагов распространения вредителей и болезней леса.

Экологический ущерб от сжигания весьма существенен и проявляется не только в потере древесного запаса и снижении прироста деревьев, но и в ухудшении свойств и плодородия почвы, неблагоприятном влиянии на режим рек, исчезновении видов растений и животных, расширении границ радиоактивного загрязнения.

Экологический ущерб от потери питательных веществ (Р, К, Са, Mg и др.) сжиганием порубочных по нашим исследованиям составляет от 200 до 1520 бел. руб., азота до 2300 бел. руб. [21, 22].

Лесосеки с оставленными на перегнивание порубочными остатками относятся к наивысшему (первому) классу природной пожарной опасности. Это обуславливается тем, что порубочные остатки представляют собой мертвую фитомассу (сучья, мелкие ветки), хвою и листву, которые в жаркие солнечные дни очень быстро теряют влагу и прогреваются до высоких температур, становясь отличными проводниками горения. В сочетании с сильным ветром это создает чрезвычайно неблагоприятную обстановку. Тушение захламленных порубочными остатками лесосек сопряжено со сложностями перемещения по ним людей и пожарных средств, а также большим количеством выделяющегося при горении тепла.

Рекомендованная утилизация обеспечивает сокращение выброса парниковых газов и связываемого с этим замедления процесса глобального изменения климата, так как углерод, поступающий в атмосферу в результате сжигания порубочных остатков, является «нейтральным».

Сбор и использование порубочных остатков в качестве топливных ресурсов стимулирует увеличение занятости населения в данной сфере. Это обеспечит создание предприятий, развитие технологий и техники, предназначенных для сбора, переработки и утилизации биомассы порубочных остатков.

Для поддержания плодородия почв рекомендуется: заготовку порубочных остатков производить не раньше, чем с них осыплется хвоя, листва; оставлять в лесу до 30% массы порубочных остатков, равномерно разбрасывая их по площади; оставлять на перегнивание пни, которые составляют до 20% от биомассы ствола. Для сохранения продуктивности почв необходимо избегать перемешивания ее верхних слоев. Для поддержания питательных веществ на бедных почвах необходимо оставлять до 50 шт./га деревьев диаметром более 15 см, равномерно распределяя их по площади лесосеки.

### 6.1.3 Рекомендации по минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных сплошными/несплошными рубками главного пользования и обращению с порубочными остатками

Одним из основных направлений по борьбе с изменением климата является повышение уровня абсорбции углекислого газа лесными экосистемами. При этом следует оценивать потенциал и рассматривать в качестве резервуаров накопления и длительного хранения углерода все их компоненты. При проведении РГП в результате вырубки древостоя, являющегося главным компонентом лесной экосистемы и аккумулирующем в своей биомассе более 90% углерода, происходит эмиссия данного химического элемента в атмосферу в объеме десятков и сотен тонн на гектар в течение короткого периода времени.

После проведения рубки леса за счет формирования нового лесного фитоценоза начинается период восстановления исходной массы углерода в насаждении, который составляет при сплошной рубке с удалением порубочных остатков – 49 лет, без удаления – 42 года; при

неплошной рубке с удалением порубочных остатков – 41 год, без удаления – 35 лет. Таким образом, удаление порубочных остатков при проведении рубок главного пользования увеличивает продолжительность выбросов углерода на 6–7 лет, а искусственное лесовосстановление вырубок после сплошных рубок главного пользования – на 7–8 лет, что свидетельствует о возможности изъятия порубочных остатков без существенного влияния на углеродный баланс [15].

Объем порубочных остатков после проведения рубок главного пользования устанавливался нами на основе исследований опытных объектов (1–16 WB/GEF), характеристика которых представлена в отчетах [15, 23].

Объем порубочных остатков в *Pinetum oxalidosum* (ПП 1–4 WB/GEF) оценивается в 204,7 м<sup>3</sup>/га, в *Pinetum pteridiosum* (ПП 5–8 WB/GEF) – 195,1 м<sup>3</sup>/га, в *Piceetum oxalidosum* (9–12 WB/GEF) – 247,4 м<sup>3</sup>/га и в *Piceetum pteridiosum* (13–16 WB/GEF) – 236,1 м<sup>3</sup>/га. Объемы отдельных компонентов порубочных остатков приводятся на рисунке 6.4.

Более эффективное использование порубочных остатков сконцентрирована в пнях и корнях срубленных деревьев, которые, как правило, не утилизируются в силу трудности их заготовки. Большая часть объема коры вывозится вместе со стволовой древесиной, хвоя и листья могут заготавливаться для производства различной продукции, но в качестве топлива рассматриваться не могут так как достаточно быстро опадают со срубленных сучьев и ветвей. Таким образом, в качестве топливной древесины рекомендуется рассматриваться лишь ветки и сучья, формирующие в *Pinetum oxalidosum* объем в 37,6 м<sup>3</sup>, в *Pinetum pteridiosum* – 36,0 м<sup>3</sup>/га, в *Piceetum oxalidosum* – 50,8 м<sup>3</sup>/га и в *Piceetum pteridiosum* – 49,0 м<sup>3</sup>/га. На 1 м<sup>3</sup> заготавливаемой и вывозимой стволовой древесины приходится: в *Pinetum oxalidosum* 0,095 м<sup>3</sup> ветвей и сучьев, в *Pinetum pteridiosum* – 0,095 м<sup>3</sup>, в *Piceetum oxalidosum* – 0,100 м<sup>3</sup> и в *Piceetum pteridiosum* – 0,104 м<sup>3</sup>.

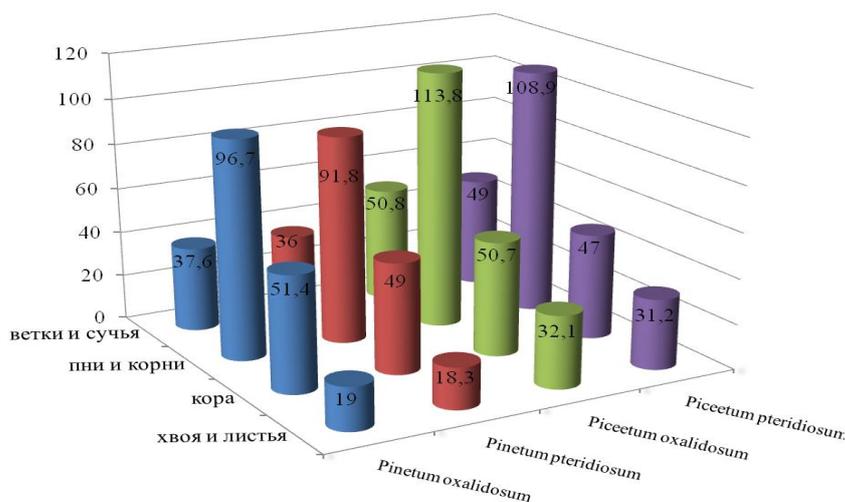


Рисунок 6.4 – Компонентный состав и объемы порубочных остатков на опытных объектах (1–16 WB/GEF), м<sup>3</sup>/га

На исследованных объектах полное удаление веток и сучьев с лесосеки для дальнейшей утилизации не противоречит требованиям действующих нормативов.

В результате расчетов установлено, что при сжигании порубочных остатков в качестве топливной древесины, заготовленных в *Pinetum oxalidosum*, выделится 266,96 ГДж (6,4 т. нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,4 тыс. м<sup>3</sup> природного газа. В *Pinetum pteridiosum* данная величина составляет 255,6 ГДж (6,1 т. нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,0 тыс. м<sup>3</sup> природного газа, в *Piceetum oxalidosum* – 325,12 ГДж (7,8 т. нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 10,2 тыс. м<sup>3</sup> природного газа и в *Piceetum pteridiosum* – 313,6 ГДж (7,5 т. нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 9,9 тыс. м<sup>3</sup> природного газа [23], что подтверждается комплексным исследованиям, проведенным в ле-

сах Беларуси, объем порубочных остатков на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины при сплошнолесосечных рубках в дубовых насаждениях оценивается в 0,019–0,130 м<sup>3</sup>; в еловых – 0,604–0,727 м<sup>3</sup>; в сосновых – 0,121–0,175 м<sup>3</sup> [23].

В Республике Беларусь замена природного газа древесной массой порубочных остатков и использование их в качестве топлива не рекомендуется так как в структуре потребления источников энергии доля природного газа исключительно велика. Она составляет 57,2% в топливно-энергетическом балансе, 80% – в балансе котельно-печного топлива и 97,2% – в топливном балансе энергосистемы.

По расчетам экономистов выработка тепловой и электрической энергии при сжигании древесного топлива в условиях Беларуси, может быть рекомендована к внедрению при действующих тарифах только с социальной и экологической точек зрения или с позиции обеспечения энергетической безопасности страны [24].

Использование древесных отходов на топливо возможно в случае повышения цен на природный газ, принятия мер на законодательном уровне, экономически стимулирующих использование древесного топлива из лесосечных отходов, а также оплаты экологических услуг лесного хозяйства (введение карбонной ренты, совершенствование механизма торговли, повышение цен до целевых 30 евро/т CO<sub>2</sub>-экв.). Рекомендуется продажа топливной щепы на экспорт т.к. существующие цены на топливную щепу за рубежом могут компенсировать расходы по ее производству внутри страны и обеспечить прибыль при продаже ее на экспорт. Также следует принять во внимание взятые Республикой Беларусь обязательства по сокращению выбросов парниковых газов которые потребуют более широкого вовлечения вклада сектора лесного хозяйства как в части повышения уровня поглощения лесами углекислого газа, так и эффективного использования биомассы лесов в энергетических целях.

В результате сгорания древесины в атмосферу поступает в сравнении с природным газом CO – больше в 14,1 раз, NO – больше в 5,9 раз, NO<sub>2</sub> – больше в 6,1 раза, CH<sub>4</sub> – больше в 3 раза, CO<sub>2</sub> – больше в 1,4 раза; в сравнении с жидкими нефтепродуктами: CO – больше в 2,3 раза, NO – больше в 1,3 раза, NO<sub>2</sub> – больше в 1,5 раза, CH<sub>4</sub> – больше в 19,7 раз, CO<sub>2</sub> – больше в 2,8 раза.

Однако следует отметить, что данные вещества все равно поступают в окружающую среду после естественной смерти древесных растений в результате гниения, разложения их биомассы и окисления продуктов ее распада. В это же время молодые древесные организмы, способны выводить те же вещества, аккумулируя их в своей биомассе, осуществляя таким образом стабильный замкнутый круговорот веществ в биосфере. Древесина порубочных остатков является экологически чистым топливом, сжигание которого не приводит к увеличению доли участия парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосфере. Извлекаемые же из недр и сжигаемые запасы ископаемого топлива нарушают данный баланс и приводят к накоплению загрязняющих веществ и парниковых газов.

Главными преимуществами применения древесины в качестве биотоплива являются нулевой эффект цикла углекислого газа (выделяется то количество углекислого газа, которое было поглощено растением в процессе фотосинтеза в течение его жизни), возобновляемость биотопливных ресурсов, их доступность и относительно низкие цены.

Сравнение удельных показателей выбросов парниковых газов при сжигании единицы массы различных видов топлива подтверждает преимущество порубочных остатков над природным газом и жидкими нефтепродуктами (рисунок 6.5).

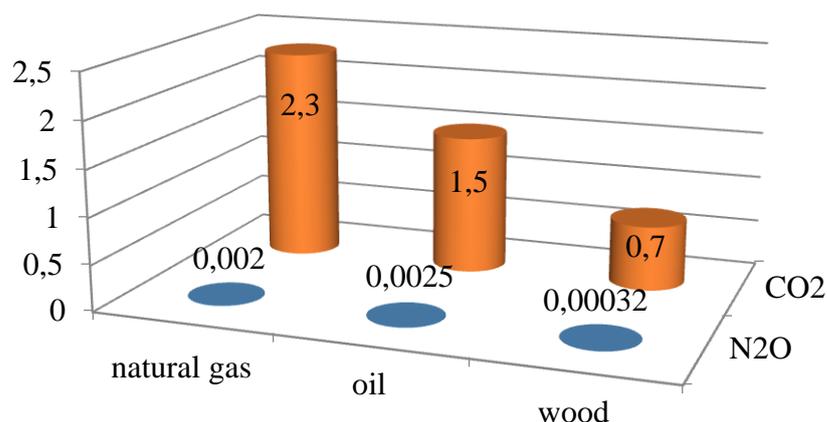


Рисунок 6.5 – Удельные показатели выбросов парниковых газов при сжигании различного вида топлива, т/т

Сторонников оставления порубочных остатков на лесосеке на перегнивание существенно меньше. Наименее приемлемым считается сжигание порубочных остатков на лесосеке. Жители мелких, средних и крупных населенных пунктов в большинстве положительно оценивает сбор и утилизацию порубочных остатков.

Более удовлетворительными для населения являются безогневые способы очистки лесосек, так как при этом отсутствует задымление местности, в меньшей степени страдает биоразнообразие и эстетическое восприятие окружающих территорий.

Рекомендации по эколого-социальным аспектам:

- шире использовать приоритетные направления инвестиционной деятельности в лесном хозяйстве на техническое перевооружение лесохозяйственного, лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств, строительство лесохозяйственных дорог, создание и развитие инфраструктуры по заготовке и доставке древесного топлива, жилищное строительство;

- способствовать расширению ассортимента и повышению качества выпускаемой продукции, созданию дополнительных рабочих мест в малых городах и сельской местности, вовлечению в переработку не востребованной в республике древесины, повышению эффективности использования лесосырьевых ресурсов;

- создать экспортноориентированные производства по выпуску древесных брикетов, гранул (пеллет) и другого прочего твердого топлива, увеличить выручки от реализации данной продукции, снизить доли импортируемых энергоносителей, повысить энергоэффективности экономики и уровня энергетической безопасности страны;

- проводить разъяснительную работу с населением о проблеме очистки лесосек, которой способствует сложная лесопатологическая обстановка, сохраняющаяся в лесах республики, в связи с гибелью лесных насаждений, вызывающая заметный общественный резонанс.

- разрешить использовать порубочные остатки, оставляемые на лесосеках главного пользования местными жителями как источник дров для отопления жилищ;

- среди населения популярны взгляды на ведение лесного хозяйства, предусматривающего полную утилизацию биомассы срубленного древостоя, считающегося идеалом хозяйствования. Наличие порубочных остатков на лесосеке в таком случае считается признаком низкого уровня ведения лесного хозяйства.

- проводить несплошные рубки главного пользования, в непосредственной близости от населенных пунктов, прежде всего малонаселенных, а также в лесах, активно посещаемых местным населением с целью отдыха, сбора ягод и грибов.

– знакомить население с основными действующими нормативными документами в сфере лесного хозяйства (Лесной кодекс, Правила рубок леса в Республике Беларусь и др.), чтобы они имели представление о разрешенных и применяемых видах рубок главного пользования и их нормативах;

– развитие соответствующих производств переработки порубочных остатков в опилки, использование порубочных остатков в качестве вторичного сырья при производстве целлюлозы и различных строительных плит. и пр. увеличивает занятость населения.

– очистку лесосек рекомендуется проводить безогневыми способами в условиях повсеместного соседства лесов с населенными пунктами и садовыми товариществами, так как задымление от сжигаемых порубочных остатков вызывает серьезную обеспокоенность населения.

– применение утилизации порубочных остатков и использование древесины в топливных целях.

Рекомендуется проводить удаление порубочных остатков в следующих случаях:

– границы лесосеки находятся в непосредственной близости от границ мелких населенных пунктов (до 300 м). В данном случае причиной являются небезосновательные опасения повышения риска возникновения пожаров;

– вблизи лесосеки или сквозь ее проходят дороги или тропы, активно используемые местными жителями;

– применяется сбор порубочных остатков в кучи и оставление их для перегнивания;

– лесосеки располагаются в небольших по площади лесных массивах;

– в районе распространены явления усыхания насаждений, имеются очаги развития энтомовредителей и грибных заболеваний (оставленные лесосечные отходы считаются населением рассадником насекомых-вредителей);

По данной причине утилизационный сбор порубочных остатков, особенно на лесосеках со значительным количеством крупных сучьев и вершин вызывает интерес со стороны жителей близлежащих мелких населенных пунктов.

Огневая очистка лесосек в районах, где отсутствовали лесные пожары, а также очаги размножения вредных насекомых-вредителей, оценивается населением исключительно негативно.

Для поддержания глобального баланса выделения/поглощения парниковых газов рекомендуется постоянное восстановление площади лесов. На региональном уровне борьба с распространением крупных лесных пожаров. Равномерное распределение предприятий энергетической отрасли, сырьем для которых является древесина.

С экономической точки зрения в силу своих свойств и возможности утилизации, биомассу порубочных остатков рекомендуется использовать как:

1. Ветки и сучья. Наиболее целесообразным путем использования сучьев и ветвей считается получение щепы и дальнейшее использование ее в качестве топлива. Выход целлюлозы из сучьев на 8–10% ниже, чем из стволовой древесины. Доля данного компонента порубочных остатков зависит от преобладающей на лесосеке древесной породы и примерно составляет: для ели – 11% от общей биомассы древостоя, сосны – 9%, мелколиственных пород (березы, осины) – 12%. Древесина сучьев характеризуется повышенной плотностью и высоким содержанием смолы (у хвойных пород) и, следовательно, повышенной теплотворной способностью.

2. Вершина. Длина вершин достигает 2–4 м, в зависимости от древесной породы, а доля в массе лесосечных отходов достигает 7–10%. Древесина вершин пригодна для получения технологической щепы.

3. Обломки деревьев. Считается технологическим сырьем. Доля обломков стволов составляет 2–3%. Из обломков деревьев возможно производство технологической щепы.

4. Пни и корни. Доля этих порубочных остатков оцениваются в 10–15%. Основное направление переработки пневой древесины – получение пневого осмола, но более актуаль-

ны переработка на щепу и использование в качестве сырья для химического и плитного производства.

5. Кора. При оставлении на лесосеке происходит медленное разложение коры в почве, органически связанный азот становится доступным для питания растений. В коре содержатся клетчатка и другие ценные питательные и биологически активные вещества. Это позволяет отнести ее к источнику сырья для производства кормов – кормовой муки, грубого корма, добавок для кормосмесей. Кора может использоваться как топливо.

6. Древесная зелень (хвоя и листья). Древесную зелень богата витаминами и углеводами, протеинами, аминокислотами, и применяется как сырье для получения витаминной муки, которая добавляется к комбикормам для животных. Из хвои извлекают хлорофилл, каротин и эфирные масла, которые используют в фармацевтической промышленности и медицине.

7. Обрезки стволов разной длины. Образуются после трелевки деревьев или хлыстов, полученных в результате ручной валки, производится их откомлевка или оторцовка для удаления дефектов обработки или пороков ствола. Доля лесосечных отходов, образованных в результате валки и раскряжевки составляет 0,5–1%, доля гнилых обрезков зависит от условий местопроизрастания древостоя, его породного состава и иногда доходит до 20–25%. Из этих отходов возможно получение технологической щепы, более распространена выработка топливной щепы.

Высокая стоимость лекарственных препаратов, витаминно-белковых концентратов произведенных из биомассы порубочных остатков может обеспечивать положительный экономический эффект от их переработки. В данном аспекте наибольшее значение имеет использующиеся в качестве сырья кора и древесная зелень (хвоя, хвойная лапка, мелкие неодревесневшие побеги).

В живых клетках древесных растений содержится много биологически активных веществ: витаминов, ферментов, гормонов, защитных антимикробных, а также энергопластических: белков, жиров, углеводов и прочих веществ, пригодных для лечебных, пищевых и кормовых целей. Количество каротина в хвое ели составляет 84 мг/кг, сосны – 128 мг/кг, в листьях березы – 187 мг/кг абсолютно сухого вещества. Содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны в среднем составляет 250–300 мг на 100 г сухого вещества при колебаниях от 160 до 540 мг на 100 г сухого вещества. Свежая древесная зелень имеет значительную питательную ценность: еловая – 0,21; сосновая – 0,28 кормовой единицы в расчете на килограмм, т. е. равноценна пшеничной или ржаной соломе. В сосновых почках и хвое содержатся эфирные масла, смолистые вещества, дубильные вещества и микроэлементы [25].

Экономический эффект от использования порубочных остатков в качестве топлива и его величина находятся в зависимости от цен на традиционное топливо (нефть, природный газ), затрат на удаление (сбор и вывозку) порубочных остатков с лесосеки, размера капиталовложений на организацию предприятий по переработке собранной биомассы, электростанций, приобретение специализированной лесной техники и пр.

В научной литературе использование порубочных остатков в качестве топлива с экономической точки зрения топлива оценивается положительно. Указывается, что за счет изъятия порубочных остатков для энергетических целей в Республике Беларусь может быть получено около 87,4 тыс. т у.т., что составляет 0,2% от общего количества ежегодно потребляемых энергоресурсов. В результате сопоставления стоимости разных видов топливно-энергетических ресурсов, указывается, что эффективность использования порубочных остатков при замещении ими природного газа составит около 6,6 млн. дол. США в год, а мазута – 11,8 млн. дол. США в год [26].

Для повышения экономической эффективности утилизации порубочных остатков рекомендуется:

– порубочные остатки должны заготавливаться, а возможно и перерабатываться на лесосеке в процессе заготовки стволовой древесины;

– несколько лесосек должны находиться рядом друг с другом, для того, чтобы обеспечить непрерывную работу рубительной машины. Производительность существующих рубительных машин малой мощности, агрегирующихся с тракторами и предназначенных для производства щепы из порубочных остатков, составляет 5–20 насыпных м<sup>3</sup>.

– разработка и внедрение рубительных машин с производительностью 40–160 и более насыпных м<sup>3</sup>, а также автопоездов для перевозки щепы с нагрузкой на рейс 80 насыпных м<sup>3</sup> и автощеповозов со съемными контейнерами с нагрузкой на рейс 35–40 насыпных м<sup>3</sup>;

– порубочные остатки должны укладываться в достаточно большие кучи, размещенные в определенных границах вдоль пасечного волока где невозможно их смятие передвигающимися по лесосеке машинами;

– лесосека должна иметь хорошую несущую способность грунтов, для того, чтобы минимизировать расход порубочных остатков на укрепление волоков;

– на лесосеке должен отсутствовать подрост целевых пород, затрудняющих заготовительные работы;

– расстояния транспортировки лесосечных отходов должны быть невелики.

– производство энергии из порубочных остатков должно быть интегрировано во все системы планирования и ведения лесного хозяйства, что окажет воздействие на развитие производства соответствующих машин и оборудования, организаций осуществляющих перевозки и специализирующихся на производстве древесного топлива;

– совершенствовать логистику заготовок лесосечных отходов, чтобы производство щепы перенеслось на специализированные терминалы (склады) и объекты конечного пользования;

– разработать и внедрить детальные методические пособия по практическим рекомендациям, использованию лесосечных отходов, включить их в системы управления качеством лесозаготовок на предприятиях лесной промышленности, а также в системы лесной сертификации;

– использование древесных отходов в новых перспективных направлениях плитных и целлюлозно-бумажных производств, применение их при производстве арболитовых изделий для сельского строительства на мобильных агрегатах, работающих совместно с передвижными рубильными машинами;

– применить экономически эффективные системы передвижных предприятий, челночной технологии.

#### 6.1.4. Анализ экологических, социальных и экономических результатов обращения с порубочными остатками

Влияние способов обращения с порубочными остатками на лесообразовательный процесс в обобщенном виде можно представить следующим образом.

*Удаление ПО* из лесосеки для утилизационного использования положительно воздействует на:

– технологические условия при создании и уходе за лесными культурами;

– условия для образования всходов естественного возобновления;

– расширение флористического разнообразия;

– уменьшение «эмиссии» углекислого газа при использовании ПО для выработки энергии взамен углеводородных видов топлива;

– улучшение санитарного состояния и пирогенной ситуации на участках рубок.

Негативные последствия проявляются в следующем:

– ухудшение условий естественного возобновления в сырых и мокрых эдафотопках;

– не критично, но скорее негативное последствие для почвенного плодородия;

– замедление возобновления теневых видов;

– снижение разнообразия среди насекомых, грибов, мелких животных и др.;

– уменьшение объемов депонирования органического углерода почвой.

*Измельчение и разбрасывание ПО* по лесосеке имеет положительный эффект посредством:

- смягчения микроклиматического фактора на лесосеке;
- сохранения водно-физических свойств почвы, характерных для лесной среды;
- улучшение условий для возобновления теневыносливых пород;
- препятствия для задержания почвы;
- равномерное по площади поступление элементов питания в почву от разложения ПО, некоторое сохранение почвенного плодородия;
- формирование впечатления «ухаженого» леса в местах массового посещения отдыхающих;
- дополнительное воздушное питание (углерод) для молодого насаждения;
- поддержание условий жизнеобеспечения полезных видов флоры и фауны;
- секвестрация органического углерода почвой.

К негативным последствиям сохранения ПО на лесосеке путем разбрасывания следует отнести:

- технологические препятствия при создании и уходе за лесными культурами;
- риски ухудшения санитарной и пирогенной ситуации;
- сокращение площади контакта семян с почвой;
- «эмиссия» углекислого газа в процессе биологического разложения ПО.

*Сбор ПО в валы и кучи* и оставление на перегнивание полезно в целях:

- смягчения микроклиматической среды на лесосеке;
- сохранения благоприятных водно-физических свойств почвы;
- создания микроповышений на местах перегнивания ПО в целях естественного возобновления;
- некоторое время поддержание оптимального почвенного питания лесных культур или естественного возобновления и полезных видов мелких животных-детритофагов и других организмов;

– секвестрация органического углерода почвой при разложении ПО,

Негативные последствия оставления ПО в кучах и валах на лесосеке:

- создаются технологические трудности для создания и ухода за культурами;
- образование невозобновившихся «окон»;
- риски очагов вредителей и болезней, возникновения лесных пожаров;
- мозаичность почвенного плодородия, неравные условия почвенного питания для подроста или саженцев, находящихся на разном удалении от ПО;
- «эмиссия» углекислого газа в процессе биологического разложения ПО.

*Сжигание ПО на лесосеке* можно признать положительным как:

- улучшение технологических условий для создания и ухода за лесными культурами;
- борьба с вредителями и грибной патогенной инфекцией;
- благоприятный фактор возобновления сосны и других пиротфильных видов;
- скоротечное увеличение элементов питания и понижение кислотности почвы.

Негативные последствия пирогенного воздействия на ПО состоят в следующем:

- уничтожение подроста главных пород и ценных видов кустарничкового яруса, полезных видов мелких животных и других организмов;
- снижение почвенного плодородия и ухудшение водно-физических условий почвы;
- ухудшение возобновления теневыносливых древесных видов;
- интенсивная «эмиссия» углерода, депонированного в ПО, лесной подстилке и гумусовом горизонте почвы.

Указанные последствия обращения с ПО сведены в таблице 6.2.

С учетом ранее установленных пожеланий различных слоев населения к организации рубкам главного пользования и применения способов очистки лесосек от ПО [23] предлагается на рассмотрение Министерства лесного хозяйства следующая оценка ПО (таблица 6.3).

Таблица 6.2 – Сравнительная экологическая оценка влияния способов обращения с ПО, образуемыми на участках рубок главного пользования, на лесообразовательный процесс

Факторы лесообразовательного процесса и биоразнообразия	Результат воздействия	Способы обращения с порубочными остатками			
		Удаление ПО из лесосеки для утилизационного использования	Способы очистки лесосеки без удаления ПО		
			измельчение и разбрасывание ПО по лесосеке	сбор ПО в кучи и оставление на перегнивание	сбор ПО в валы и оставление на перегнивание
Создание лесных культур	положительный	Оптимизация технологических условий для создания и ухода за культурами; улучшение санитарной обстановки и пожарной безопасности	Незначительное смягчение микроклиматического фактора среды; сохранение благоприятных водно-физических свойств почвы, характерных для лесного насаждения.		Улучшение технологических условий для создания и ухода за культурами; борьба с вредителями и грибной патогенной инфекцией.
	негативный	Существенного негативного воздействия на лесокультурное производство не ожидается	Определенные технологические трудности для создания и ухода за культурами; риски ухудшения лесопатологической и лесопожарной обстановки.		Ухудшение водно-физических свойств почвы.
Естественное возобновление	положительный	Улучшение условий для образования всходов возобновления; удаление существенного фактора для возникновения лесных пожаров	Улучшение условий возобновления теневыносливых пород; препятствие задернению.	Улучшение микроклиматической среды; создание микроповышений на местах перегнивания ПО, что благоприятствует появлению самосева.	Благоприятные условия для возобновления сосны; борьба с вредителями и грибной инфекцией.
	негативный	Ухудшение для возобновления в сырых и мокрых эдафотопях в связи с ликвидацией возможных от ПО микроповышений	Сокращение площади контакта семян с почвой.	Образование на вырубке невозобновившихся «окон»; риски очагов, вредителей и болезней и возникновения лесных пожаров.	Ухудшение водно-физических свойств почвы; уничтожение подростов главных пород.
Содержание элементов питания в почве	положительный	Некритично, но скорее негативное последствие для почвенного плодородия	Равномерное по площади поступление элементов питания в почву от разложения ПО, некоторое сохранение почвенного плодородия.	Очаговое повышение почвенного плодородия как фактор кратковременного периода оптимального почвенного питания возобновления или лесных культур.	Скоротечное увеличение подвижных элементов питания при понижении кислотности почвенного раствора; в целом снижение почвенного плодородия и ухудшение водно-физических свойств почвы.
	негативный		Негативные последствия не проявляются.	Мозаичность почвенного плодородия; неравные условия поступления элементов питания для подростов, всходов возобновления или саженцев лесных культур.	

Биоразнообразие	положительный	Интенсификация флористического разнообразия	Формирование впечатления «ухаженого» леса в рекреационно-оздоровительных лесах. Сохранение условий питания полезных видов мелких животных-детритофагов, одноклеточных организмов, почвенной микрофлоры в целом.	Интенсификация возобновления пиофильных видов; улучшение естественного возобновления сосны; сокращение уходов за культурами.
	негативный	Замедление возобновления теневых видов; снижение разнообразия насекомых, грибов, мелких животных и др.	Сохранение очагов вредителей и болезней, пирогенной опасности в лесах эксплуатационных и других категорий хозяйственного назначения.	Сокращение видового разнообразия флоры, мелких животных, грибов, почвенной микрофлоры; ухудшение возобновления теневых видов.
Поглощение CO <sub>2</sub>	положительный	Замещение «эмиссии» углекислого газа от углеводородных на возобновляемые источники энергии	Секвестрация органического углерода почвой при биологическом разложении ПО; дополнительное воздушное питание диоксидом углерода от разложения ПО при фотосинтезе лесного насаждения.	Положительное влияние на поглощение диоксида углерода невозможно.
	негативный	Уменьшение объемов депонирования органического углерода почвой	«Эмиссия» углекислого газа в процессе биологического разложения ПО.	Интенсивная «эмиссия» углерода, депонированного фитомассой ПО, лесной подстилкой и гумусовым горизонтом почвы.

Таблица 6.3 – Оценка способов очистки лесосек от ПО по мнению широких слоев населения

Способ очистки лесосек от порубочных остатков	Оценка способов очистки лесосек от порубочных остатков	
	Положительная	Отрицательная
1. Сбор порубочных остатков для производства технологической щепы, топлива и для других целей	<ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение риска лесных пожаров;</li> <li>– улучшение санитарного состояния насаждений;</li> <li>– создание благоприятных условий для лесовосстановления;</li> <li>– увеличение занятости населения;</li> <li>– повышение оценки уровня ведения лесного хозяйства населением.</li> </ul>	<p>Незначительно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вынос содержащихся в порубочных остатках минеральных элементов питания;</li> <li>– выделение углерода в атмосферу;</li> <li>– изменение видового разнообразия;</li> </ul>
2. Равномерная укладка порубочных остатков на волокнистые с последующим уплотнением	<ul style="list-style-type: none"> <li>– исключение выноса элементов минерального питания;</li> <li>– замедление «эмиссии» углерода;</li> <li>– сохранение с увеличением видового разнообразия;</li> <li>– увеличение занятости населения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– увеличение риска лесных пожаров и их интенсивности;</li> <li>– ухудшение санитарного состояния насаждений;</li> <li>– снижение оценки уровня ведения лесного хозяйства населением.</li> </ul>
3. Сбор порубочных остатков в кучи высотой и диаметром до 2,5 м или валы высотой и шириной до 2,5 м и оставление их для перегнивания и (или) измельчения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сохранение элементов минерального питания;</li> <li>– замедление «эмиссии» углерода;</li> <li>– увеличение видового разнообразия микрофлоры.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– увеличение риска лесных пожаров и их интенсивности;</li> <li>– ухудшение санитарного состояния насаждений;</li> <li>– снижение оценки уровня ведения лесного хозяйства населением.</li> </ul>
4. Измельчение и разбрасывание порубочных остатков на лесосеке	<ul style="list-style-type: none"> <li>– исключение выноса элементов минерального питания;</li> <li>– замедление выноса углерода;</li> <li>– увеличение занятости населения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– увеличение риска лесных пожаров;</li> <li>– ухудшение санитарного состояния насаждений;</li> <li>– снижение оценки уровня ведения лесного хозяйства населением.</li> </ul>
5. Сбор порубочных остатков в кучи диаметром до 2,5 м и высотой до 1,5 м и их сжигание	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сохранение элементов питания;</li> <li>– создание благоприятных условий для лесовосстановления;</li> <li>– повышение оценки уровня ведения лесного хозяйства населением.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– происходит локально высокая концентрация элементов минерального питания;</li> <li>– увеличение «эмиссии» углерода.</li> </ul>

Касаясь экономической оценки производства топливной щепы из ПО, отметим следующее. При производстве щепы из ПО (сбор, доставка на промежуточный склад и переработка в щепу) затраты по оценке специалистов-практиков выше цены в среднем на 22% – при реализации на внутреннем рынке и на 15% – внешнем (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Сравнительный анализ эффективности производства и реализации щепы из дров и порубочных остатков на условиях франко – склад производителя (наиболее используемые условия поставки) по фактическим данным лесхозов Беларуси

Экономические показатели производства щепы топливной *)	Производство из дров	Производство из порубочных остатков	Откл.
Себестоимость производства щепы при реализации на внутреннем рынке, руб./плот.куб.м	27,86	33,43	5,57
Цена реализации щепы на внутреннем рынке, руб./плот.куб.м	28,61	28,61	
Прибыль (убыток), руб./плот.куб.м	0,75	-4,82	-5,57
Рентабельность, %	2,7	-14,4	-17,12
Себестоимость производства щепы при реализации щепы на внешнем рынке, евро/плот.куб.м	19,7	22,7	2,96
Цена реализации щепы на внешнем рынке, евро/плот.куб.м	22,5	22,5	
Прибыль (убыток), евро/плот.куб.м	2,8	-0,2	-2,96
Рентабельность, %	14,0	-0,9	-14,86

Примечание: \*) – показатели себестоимости, цены, рентабельности приняты по фактическим данным Минлесхоза за период январь-июнь 2019 г.

В настоящее время не имеется возможности увеличения цены, что приводит к убыточности производства щепы из ПО как на внутреннем, так и внешнем рынках.

Кроме того, пробные партии реализации такой щепы показали, что потребители предпочитают использовать щепу из дров, отходов лесопиления, так как от щепы из ПО увеличивается зольность, уменьшается теплотворная способность, присутствуют различные примеси (земля и др.).

Таким образом, в условиях значительного в Республике Беларусь ежегодного количества остатков дровяной древесины (порядка 2 млн. куб. м) производство щепы из порубочных остатков в настоящее время нецелесообразно.

Такая практика формирования себестоимости производства и цены на щепу топливную из ПО нуждается в критической переоценке по следующим причинам.

Во-первых, сбор ПО не является дополнительной операцией и не подлежит дополнительной оплате. Очистка мест рубок от ПО является обязательной операцией при заготовке древесины. По окончании рубки леса порубочные остатки будут упорядочены: собраны в кучи или валы, в отдельных случаях измельчены и разбросаны или подвергнуты сжиганию. Способ очистки лесосеки от ПО устанавливается лесофондодержателем и указывается в лесорубочном билете.

Во-вторых, выход щепы из одного м<sup>3</sup> плотного ПО такой же, как из дровяной древесины.

В-третьих, в себестоимость щепы из дров закладывается стоимость дровяной древесины. ПО (сучья и ветви) не подлежат таковой стоимости, являются для лесофондодержателя, по существу, бесплатными.

Указанные затраты не должны включаться в себестоимость производства щепы из ПО.

Затраты на более дорогую доставку ПО на промежуточный склад к месту их переработки на щепу должны быть учтены. Качество щепы из ПО будет несколько ниже, чем у щепы из дров. Это отразится на цене щепы.

Для минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду и рационализации использования древесной биомассы, необходимо внести *изменения и дополнения в СТБ 1360-2002 «Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Рубки главного пользования Требования к технологиям»:*

– Отметить, что использование порубочных остатков в виде технологического сырья или топлива можно производить при проведении рубок главного пользования в эксплуатационной категории лесов. Из других категорий лесов, возможно использование порубочных остатков в виде вершин, сучьев, ветвей и древесной зелени в лесах водоохранных зон защитной категории лесов;

– Удаление порубочных остатков для последующей реализации и использования может производиться при проведении сплошнолесосечных рубок, за исключением лесосек, расположенных на труднодоступных участках, а также в сырых и очень сырых типах условий местопроизрастания. Не допускается удаление ПО из лесосек на песчаных почвах с небогатым плодородием (лишайниковый и вересковый типы леса);

– При несплошных рубках использование (вывоз) порубочных остатков может производиться на участках проведения полосно-постепенных рубок;

– Пункт 3.29, третья строка снизу «...измельчение древесины и древесных отходов...» заменить на «...измельчение древесины и порубочных остатков...», потому что на лесосеке мы имеем лесной ресурс, а не отходы. В соответствии с пунктом 21, статьи 1 Лесного кодекса Республики Беларусь лесные ресурсы – это древесно-кустарниковая и иная растительность, произрастающая в границах лесного фонда, и (или) ее части, средообразующие, водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические, рекреационные и иные полезные свойства лесов, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности и имеют потребительскую ценность. Исходя из этого определения, на лесосеке может быть только лесной ресурс в виде порубочных остатков, а не древесные отходы. К тому же в настоящее время этот ресурс имеет спрос и потребительскую ценность, как сырье для производства топливной щепы и т.д.;

– Пункт 4.2. второй абзац, 10-я строка сверху слова «...измельчение древесины и древесных отходов...» заменить на «...измельчение древесины и порубочных остатков...».

К тому же, согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. №85, существуют следующие виды отходов: отрезки хлыстов, козырьки, откомлевки, обрезки при раскряжевки и т.п. (код отхода 1730100); сучья, ветви, вершины (код отхода 1730200); отходы корчевания пней (код отхода 1730300) и др.

На основании изложенного, в целях исключения двоякого толкования законодательства и недопустимости необоснованного привлечения к ответственности за нарушение законодательства об обращении с отходами при проведении лесохозяйственных мероприятий юридических лиц, ведущих лесное хозяйство, предлагается внести изменения в постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. № 85, исключив из классификатора отходов коды 1730100, 1730200, 1730300, 1730400, 1739900;

– Пункт 5.2.3. первый абзац изложить в новой редакции:

Порубочные остатки для производства технологической щепы, топлива и для других целей собираются и складываются в кучи на свободных от подроста местах.

Дополнить абзацем (после первого):

Заготовку порубочных остатков и их вывоз на утилизацию необходимо производить не раньше, чем с них осыплется хвоя или листва. При этом оставлять на лесосеке до 30 % массы порубочных остатков, измельчая и равномерно разбрасывая их по площади.

Далее по тексту.

«Порубочные остатки, оставляемые для перегнивания, собираются и складываются в:...»

В этом выражении следует добавить после слов «для перегнивания» слова «и (или) измельчения» в соответствии с Правилами рубок леса в Республике Беларусь. Тогда редакция третьего абзаца будет следующей:

Порубочные остатки, оставляемые для перегнивания, и (или) измельчения собираются и складываются в:

- кучи высотой до 2,5 м и диаметром до 2,5 м на свободных от подроста местах;
- валы высотой до 2,5 м и шириной до 2,5 м не ближе 10 м от стены леса.

И далее по тексту.

Восьмой абзац. Заменить слова «...и высотой до 1 м...» на «...и высотой до 1,5 м...» в соответствии с Правилами рубок леса;

– В заключение следует отметить, что предлагаемые способы очистки лесосек (кроме первого) требуют серьезного научного обоснования, поскольку установлены в основном на основании экспертной оценки, для чего следует провести научные исследования на основе последних достижений науки и техники и накопленного практического опыта.

## 6.2. ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОВЫШЕНИЯ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В ЛЕСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПЕРСПЕКТИВУ 2020, 2030 И 2050 ГОДОВ

Обеспечить сохранение лесного биоразнообразия возможно на путях интеграции соответствующих мероприятий на всех этапах лесопользования, включая возобновление, выращивание, защиту, охрану и использование леса. Ограничить решение этой проблемы этапами рубки спелого леса и обращения с порубочными остатками недостаточно, поэтому исполнители посчитали целесообразным расширить обозначенный этапом 6 Мероприятия 3.1.3.3 круг вопросов в целях комплексного охвата мер и действий, необходимых для сохранения лесного биоразнообразия.

Подготовке плана предшествовало изучение действующих программных документов, научных исследований, стандартов устойчивого управления, практики их применения, в которых затрагиваются вопросы сохранения биоразнообразия.

Изучены и использованы следующие программные документы:

Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы [27];

Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 год [29];

Разработанные ранее по **Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/25-26/17** от 23 октября 2017 года документы [29]:

– Стратегия адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата до 2050 года.

– Национальный план действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями (леса, болота) на период до 2030 года;

– Национальный план действий по внедрению принципов «зеленой» экономики в лесное хозяйство Республики Беларусь на период до 2030 года;

– Национальный план действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года.

В ходе исследования были изучены работы ведущих научных работников в области лесного хозяйства.

Рассмотрены требования к сохранению биоразнообразия действующих систем сертификации: международной – FSC и Европейской – PEFC, основанной на применении национальных стандарта устойчивого лесопользования.

6.2.1. Ключевые мероприятия национальных планов и стратегий, затрагивающие биоразнообразие лесных экосистем Беларуси

**Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы** [27]. На сохранение биоразнообразия в лесном хозяйстве направлены мероприятия по реализации Задачи 4 – обеспечить стабильное функционирование лесных экологических систем, сохранение биологического и генетического разнообразия лесов и лесных ландшафтов с учетом возрастающего антропогенного воздействия, последствий изменений климата, устойчивое использование лесных ресурсов, усиление роли лесов в сохранении биосферы.

К ним относятся:

- проведение лесовосстановления и лесоразведения в целях увеличения доли широколиственных пород деревьев в общем объеме посева и посадки леса;
- разработка плана мероприятий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года;
- осуществление лесопользования и лесопользования с учетом международных критериев устойчивого управления лесами;
- развитие лесопитомнического хозяйства и внедрение новых технологий выращивания посадочного материала основных лесобразующих пород с закрытой корневой системой.

Кроме того, необходимо учитывать мероприятия согласно Задаче 12 – повысить уровень научных знаний о современном состоянии биологического разнообразия, определить тенденции и причины изменения состояния видов и биотопов, разработать эффективные методы устойчивого использования и мониторинга биологического разнообразия и создать платформу для обмена информацией и знаниями.

**Национальный план действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года** [30] направлен на решение следующих задач:

1. Повышение роли естественного возобновления в процессе лесовосстановления и как можно более тесная кооперация его с искусственным лесовосстановлением;
2. Использование частичных лесных культур, что является одним из самых эффективных методов лесовосстановления, объединяющего в себе преимущества естественного возобновления и искусственного восстановления;
3. Формирование смешанных насаждений, то есть в расчет должен браться не только подрост хозяйственно ценных, но и второстепенных пород;
4. Повышение процента использования несплошных рубок, что обеспечит возможность формировать разновозрастные насаждения и положительно повлиять на лесистость территории;
5. Создание смешанных лесных культур, что является основой устойчивых насаждений искусственного происхождения;
6. Повышение роли популяционного семеноводства. Использование семян, заготовленных на лесосеменных плантациях, позволяет повысить продуктивность, однако использование отдельных плюсовых или элитных деревьев ведет к некоторому снижению генетического разнообразия и может негативно сказаться на устойчивости будущих насаждений;

7. Выделение локальных популяций, устойчивых к негативному проявлению изменения климата. В первую очередь эту работу нужно провести в районах с массовым усыханием насаждений. Выделенные популяции необходимо активно использовать в семеноводстве;

8. Оказание помощи в естественной миграции новым видам в результате изменения ареалов распространения, если они могут иметь хозяйственную, экологическую и другую значимость. В Беларуси такими породами являются бук европейский, пихта белая и дуб скальный;

9. Продолжение работ по созданию архивов клонов плюсовых и элитных деревьев, которые следует располагать с привязкой к местности, где находятся материнские растения;

10. Снижение последствий от лесных пожаров, возможность раннего обнаружения и легкость и скорость доставки к очагу возгорания людей и техники. Изменение климата проявляется и в увеличении вероятности возникновения лесных пожаров;

Таким образом, Национальный план действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года затрагивает в большей мере лесохозяйственную деятельность и содержит мероприятия, направленные на совершенствование подходов, технологий и методов лесовосстановления и лесоразведения а также совершенствование технологий и методов рубок леса, его охраны и защиты.

**В Национальном плане действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями (леса, болота) на период до 2030 г. [29] предлагаются следующие мероприятия:**

*Система мероприятий по увеличению абсорбции атмосферного углекислого газа лесным фондом:*

1. Совершенствование системы лесовозобновления на основе использования современных достижений генетики, селекции и биотехнологии:

– выращивание посадочного материала для лесовосстановления на основе инновационных технологий с учетом современных достижений в области лесосеменного дела, новых удобрений, стимуляторов роста, средств защиты растений, а также комплексной механизации работ;

– выращивание посадочного материала микроклонального происхождения;

– проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению в приспевающих и спелых древостоях, формирование предварительного подростка целевых пород для молодого древостоя в год рубки главного пользования;

– совершенствование искусственного лесовосстановления, создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой;

– приоритет в формировании смешанных насаждений с широким ассортиментом апробированных лесокультурной практикой аборигенных видов и кустарниковых пород;

– создание чистых по составу лесных культур на участках, где естественное возобновление сопутствующих пород появляется в достаточном количестве;

– регулирование применения интродуцированных древесных видов в лесоразведении и лесовосстановлении на землях лесного фонда;

– соблюдение баланса естественного и искусственного лесовосстановления и лесоразведения;

2. Принятие мер, направленных на снижение фрагментации лесов; формирование лесов повышенной производительности, устойчивости и природоохранной ценности, увеличение средней полноты покрытых лесом земель:

– лесоразведение на нелесных землях лесного фонда, повышение лесистости территории республики за счет лесоразведения на площадях, не используемых и низкоплодородных земель сельскохозяйственного назначения, а также земель других категорий;

- оптимизация использования осушенных и нарушенных в результате разработки нерудных полезных ископаемых земель;
- сохранение биологического и генетического разнообразия лесов и лесных ландшафтов, реконструкция малоценных лесных насаждений;

3. Развитие системы научно обоснованных лесоводственных мероприятий и природоохранных технологий, направленных на сохранение экологических функций лесов, оптимизация породного и возрастного состава древостоев, сохранение биологического разнообразия:

- формирование высокопродуктивных насаждений путем совершенствования технологий лесовыращивания, проведения рубок ухода за лесом, реконструкции малоценных молодняков и средневозрастных мягколиственных насаждений;

- реализация приоритетных мероприятий, направленных на повышение продуктивности насаждений, прироста запасов древесины.

Система мероприятий по «Обеспечению устойчивого длительного депонирования углерода в лесных пулах и секвестрации лесными землями» предусмотрено решение следующих задач:

- оптимизация системы особо-охраняемых природных территорий (ООПТ) в соответствии со схемой рационального размещения ООПТ республиканского значения и региональными схемами рационального размещения ООПТ местного значения, развитие щадящих методов ведения лесного хозяйства на этих территориях в целях обеспечения устойчивого лесосоуправления;

- формирование природоохранного режима ведения лесного хозяйства в болотных лесах для обеспечения длительной секвестрации почвенного углерода, повышение биоразнообразия болотных лесов, предоставление экологических услуг в форме туризма, сохранение водоохранной и водорегулирующей роли;

- исключение из лесопользования на определенный период (20-30 лет) лесных массивов с невысокой расчетной лесосекой при значительных запасах средневозрастных и приспевающих насаждений, возможных для эксплуатации с целью выполнения углерододепонирующей функции;

- поэтапное повышение возраста рубки в эксплуатационных лесах до 90-100 лет в хвойных насаждениях при наличии достаточного количества площадей и запасов спелых древостоев.

Система мероприятий по *формированию эффективной системы снижения эмиссии углекислого газа в атмосферу в лесном хозяйстве* предусматривает решение следующих задач:

- применение несплошных рубок леса (постепенных, выборочных), эколого-щадящей технологии рубок, сохранение предварительного подроста при рубке, содействие естественному возобновлению, стимулирование сопутствующего естественного возобновления, уход за естественным возобновлением;

- совершенствование технологических процессов лесозаготовок, способствующих формированию естественного возобновления леса, применение способов и технологий рубок главного пользования, обеспечивающих сохранение экологических функций лесных насаждений;

- рациональное использование прироста лесных насаждений и регулирование отпада;

- обеспечение эффективной системы охраны лесного фонда; создание многоуровневой высокоэффективной системы современных экологически безопасных методов и средств профилактики, раннего обнаружения и оперативной ликвидации лесных пожаров, кризисных явлений, незаконных рубок и иных лесонарушений, обеспечивающей существенное снижение их масштабов и размера причиненного экономического и экологического ущерба;

- развитие системы экономически эффективных и экологически безопасных мероприятий по защите леса от вредоносных организмов на основе передовых научных достижений;

– усиление контроля за распространением инвазивных видов вредителей и возбудителей болезней;

– использование в топливных целях древесины, заготовленной при уборке захламленности. «Естественная» захламленность увеличивается дополнительно по причине участвовавших экстремальных погодно-климатических явлений, вызывающих ветровал и бурелом как отдельных деревьев, так и древостоев. Заготовленная при уборке захламленности древесина пригодна в основном для использования в топливных целях, заменяя углеводородное топливо;

– использование в топливных целях порубочных остатков, образуемых при заготовке древесины на рубках главного пользования и прочих рубках. Использование порубочных остатков не приносит экологического вреда биоразнообразию и почвенному плодородию лесной экосистемы. Как вторичное древесное сырье, используемое в топливных целях, порубочные остатки замещают углеводородное топливо (уголь, нефть, газ), чем сокращают «эмиссию» парниковых газов.

*Видовое разнообразие, его сохранность и последующее восстановление, при производстве главной рубки, обращении с порубочными остатками и возобновлении вырубок зависят от ряда факторов, а именно:*

- организационно-технических элементов рубок;
- лесоводственно-таксационной характеристики насаждения;
- условий местопроизрастания вырубаемого насаждения;
- санитарного состояния объекта до и после рубок;
- наличия или отсутствия очагов вредителей и болезней леса на близлежащих территориях;
- степени риска возникновения пожара на вырубленной площади;
- наличия зарегистрированных видов растений, находящихся под разной категорией охраны.

Сплошная рубка является наиболее радикальным воздействием на лесное насаждение. Сохранение после рубки живой фитомассы растений составляет всего лишь порядка 6,9–9,0 % в варианте с оставлением семенных деревьев и 0,7–1,6 % без семенных деревьев. «Вывоз» биомассы из насаждения при рубке, что рассматривается как факт «эмиссии» CO<sub>2</sub>, составил у *Pineta* насаждений порядка 73% при удалении и 68% не удалении порубочных остатков, у *Piceeta* соответственно 82 и 72%. Живой напочвенный покров сохраняется, примерно, на одной трети площади участка. Участки сплошной рубки являются непокрытыми лесом землями. Воспроизводство нового поколения леса началось с создания лесных культур. Выполнение участком сплошной рубки средозащитной и других экологических функций начнется спустя 7–8 лет, после перевода несомкнувшихся лесных культур в покрытые лесом земли.

Несплошная рубка выполняет ту же цель, что и сплошная: вырубку спелого материнского древостоя и воспроизводство новой генерации леса. Достижение цели при этом решается экологически щадящим способом воздействия на лесное насаждение. Сохранение за период рубки, в процессе последовательных приемов, живой фитомассы прогнозируется на 10–15 процентных пунктов больше, чем при сплошной рубке. Новая генерация леса естественного происхождения будет более адаптированной к наблюдаемым погодно-климатическим изменениям. Восстановление запасов углерода в лесном насаждении до его уровня на год рубки ожидается быстрее, чем при сплошной рубке. Участок несплошной рубки будет постоянно находиться в покрытом лесом состоянии и полноценно выполнять средозащитную функцию.

Порубочные остатки являются дополнительным источником органических и минеральных веществ для питания леса; средством поддержки (защиты) и содействия в поддержании на должном уровне, возможно и расширения, разнообразия растительного покрова лесных экосистем; обеспечивают защиту формируемого сопутствующего и последующего

возобновления леса к колебаниям температуры воздуха и почвы, корней деревьев с поверхностной корневой системой на границе пазух и волоков.

Неудаленные порубочные остатки являются техническим препятствием, снижающим объем выполненных работ, при проведении минерализации почвы, ее подготовке для создания лесных культур; фактором увеличения пожарной опасности, развития очагов болезней и/или размножения вредителей в лесных насаждениях.

Удаление (сбор и вывозка) порубочных остатков с лесосеки является затратным мероприятием, требующим приобретения специализированной лесной техники.

К возрасту главной рубки древостой достигает объемов древесной массы (запаса), практически мало изменяющейся при последующем увеличении возраста. Предполагается, что на этом этапе в лесной экосистеме образуется максимальный баланс элементов питания (почва+лесная подстилка+фитомасса). Последующая главная рубка влечет за собой значительные потери лесной экосистемой органического вещества, азота и зольных элементов.

Из анализа баланса азота и зольных элементов вытекает, что для удовлетворения своих потребностей древостой поглощает значительные объемы элементов питания из глубоких слоев почвы. По этой причине сокращение азота и зольных элементов в верхних слоях почвы не становится критическим в почвенном питании насаждений.

Характерными особенностями сплошных рубок являются повреждение и уничтожение нижних ярусов растительности, резкое изменение микроклимата. Это приводит к уменьшению запасов элементов питания в сохранившихся ярусах живого напочвенного покрова.

Сравнительная характеристика рубок главного пользования сплошных и несплошных приведена в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Эколого-экономические оценки способов РГП

Показатели	Сплошная РГП	Несплошная РГП
Влияние вида рубки главного пользования на биоразнообразие	Радикальное изменение лесной экосистемы Сохранение живой фитомассы растений 6,9–9,0 % в варианте с оставлением семенных деревьев и 0,7–1,6 % без семенных деревьев.	Сохранение живой фитомассы растений выше на 10-15 %, чем при сплошной рубке
Влияние вида рубки главного пользования на объем эмиссии CO <sub>2</sub>		За весь период величина эмиссии CO <sub>2</sub> меньше на 15-20%
Удаление/неудаление порубочных остатков:  эмиссия CO <sub>2</sub>	Эмиссия CO <sub>2</sub> при удалении порубочных остатков на 4-5 % ниже, чем при удалении	То же
	Удаление порубочных остатков увеличивает продолжительность эмиссии CO <sub>2</sub> на 6-7 лет	То же
объем питательных веществ	Удаление порубочных остатков увеличивает вынос питательных веществ на 6-10 %	Удаление порубочных остатков увеличивает вынос питательных веществ на 25%
Затраты на проведение работ		Выше затраты на заготовку древесины в среднем на 20 %

На основании ранее выполненных **исследований по Мероприятию 3.1.3.3** для сохранения биоразнообразия предлагаются следующие меры:

1. Для сохранения растительного биоразнообразия на лесосеках РГП площадью более 1 га необходимо оставлять для формирования сложных по составу и структуре лесов нового поколения спелые, здоровые деревья *Pin, Que, Fr, Ac, Til, Al.g.* в количестве до 10 штук включительно на 1 гектар из древесных пород, представленных на лесосеке;

2. Для сохранения биоразнообразия животного мира следует оставлять на участках лесного фонда, на которых проводятся сплошные и полосно-постепенные рубки главного пользования, деревья с гнездами хищных птиц, дуплистые, сухостойные деревья, а также ослабленные, сильно ослабленные деревья в количестве до 10 штук включительно на 1 га (при наличии таких деревьев);

3. При проведении сплошной рубки в целях естественного возобновления, если не предусматривается создание лесных культур, должны быть оставлены семенные деревья в количестве от 10 до 20 штук включительно на 1 гектар, равномерно расположенные по всей площади вырубki и (или) семенные группы деревьев в количестве 4-5 штук на 1 гектар; при этом в группе должно быть от трех до пяти деревьев.

4. Сохранение части подроста. Установлены ограничения по повреждению подроста в процессе рубок главного пользования. Так, при проведении сплошнолесосечных рубок в зимний период, должно сохраниться 70% *silva succrescens* и летом – 60%. При проведении несплошных рубок главного пользования параметры те же.

5. Применение различных способов очистки лесосек от порубочных остатков с учетом особенностей рельефа, типа леса, наличия ценных элементов лесного биоценоза. Выбор способа очистки лесосек от порубочных остатков зависит от многих факторов и прежде всего от вероятности наиболее опасных последствий – возникновения пожара, заражения соседних участков леса вредителями и грибными заболеваниями.

Учитывая доленое содержание углерода в порубочных остатках на рубках главного пользования от 5% до 9,3%, по питательным элементам от 5,8 до 8,8%, с учетом требований пожарной безопасности следует использовать порубочные остатки следующим образом:

- на сухих почвах – измельчение и равномерное разбрасывание порубочных остатков;
- на лесосеках с влажными и переувлажненными почвами любого механического состава, а также со свежими суглинистыми почвами, необходимо использовать порубочные остатки для укрепления волоков и создания микроповышений, собирая их в кучи 70 см высотой для содействия естественному возобновлению.

Важным направлением деятельности является мониторинг сохранения биоразнообразия, который включает:

мониторинг лесоводственно-таксационных показателей древостоев;

оценку содержания углерода и питательных веществ в почве до проведения рубки главного пользования;

мониторинг и регистрация питательных веществ и углерода в 30-ти см слое почвы после рубки с удалением / не удалением порубочных остатков;

мониторинг и регистрацию питательных веществ и углерода в порубочных остатках на участках рубок главного пользования;

мониторинг и оценку биоразнообразия на участках сплошных и несплошных рубок главного пользования при различных способах очистки лесосек от порубочных остатков;

мониторинг и регистрацию питательных веществ и углерода в биомассе лесного биоценоза (живой напочвенный покров, подрост подлесок, древостой).

С учетом изложенного, разработан План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышения углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь (далее – План), который предусматривает систему мероприятий, сроки их выполнения, исполнителей, а также прогнозных индикаторов их выпол-

нения, которые могут уточняться с учетом реально складывающейся ситуации в лесном хозяйстве (таблица 6.6).

Предлагаемая система мероприятий основана на комплексном подходе, обусловленном необходимостью сохранения биоразнообразия, обеспечением оптимального содержания питательных веществ, минимизацией эмиссии углекислого газа на участках, пройденных рубками главного пользования и необходимостью увеличения объемов использования отходов лесозаготовок в энергетических целях в связи с развитием сектора производства энергии из древесного топлива.

Для сохранения и увеличения биоразнообразия, обеспечения оптимального содержания питательных веществ и повышение углерододепонирующей функции лесных экосистем проводятся лесохозяйственные мероприятия, вводятся ограничения на лесохозяйственную деятельность и лесопользование, рекомендуются отдельные технологические приемы.

6.2.2. План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь на перспективу 2020, 2030 и 2050 годов

Планом предусматриваются мероприятия по следующим направлениям (таблица 6.6).

### **1. Лесохозяйственные мероприятия.**

1.1 В разделе «Лесовосстановление и лесоразведение. Семеноводство» предусматриваются следующие мероприятия:

- своевременное облесение вырубаемых площадей лесного фонда, передаваемых сельскохозяйственных земель и земель иного назначения;
- увеличение доли создания смешанных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение доли создания твердолиственных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение доли создания лесных культур ясеня от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение площади посадки лесных культур липы;
- оптимизация способов возобновления леса;
- создание лесных культур с закрытой корневой системой;
- создание лесных культур селекционным посевным и посадочным материалом;
- сохранение генетического потенциала лесов.

Мероприятия по повышению биоразнообразия при проведении работ по лесовосстановлению и лесоразведению решают задачи: восстановление лесного покрова путем возвращения лесов на естественный путь развития; увеличение разнообразия древесных пород; придание древостоям структуры и облика естественного леса; достижение разнообразия условий обитания внутри лесного сообщества; создание древостоев сложной видовой и пространственной структуры; формирование насаждений редких и ценных лесных формаций; увеличение кормовой базы для лесной фауны; рост продуктивности лесных ресурсов.

В разделе 1.2 *предлагаются следующие мероприятия по охране и защите леса:*

- развитие системы раннего обнаружения лесных пожаров на основе дистанционных методов;
- лесопатологические обследования;
- проведение биологических мероприятий по защите леса. Сбалансированное применение различных средств и технологий в сочетании с действием природных регуляторов численности вредных организмов, применение научно обоснованных интегрированных систем защиты леса, учитывающих закономерности, действующие в лесных биоценозах. Мероприятия по борьбе с вредными организмами проводят с использованием наименее экологически опасных средств и технологий, исключая или существенно ограничивающих

негативное влияние на полезные компоненты лесного биоценоза – энтомофагов, теплокровных животных, человека, окружающую среду в целом.

## **2. Лесопользование, направленное на сохранение биоразнообразия,** предполагает:

- проведение рубок главного пользования строго в пределах расчетной лесосеки;
- сокращение объемов рубок главного пользования при увеличении объемов лесозаготовок в связи с разработкой поврежденных пожарами, буреломами, насекомыми участков леса;
- оставление на лесосеке оптимального объема порубочных остатков (с учетом экономической целесообразности их использования и лесопатологической ситуации в лесах);
- оптимизацию способов рубки;
- оставление при проведении сплошных и полосно-постепенных рубок главного пользования лесосеках, площадью более 1 га, для формирования сложных по составу и структуре лесов нового поколения спелые, здоровые деревья *Pin, Que, Fr, Ac, Til, Al.g.*;
- оставление при проведении сплошной рубки леса в целях его естественного возобновления, если не предусматривается создание лесных культур, семенных деревьев.

## **3 Организационные меры:**

- выполнение требований FSC (международной) и PEFC (Европейской) систем сертификации лесопользования. Своевременное прохождение аудита;
- принятие нормативных правовых и локальных актов с учетом требований сохранения биоразнообразия;
- проведение мониторинга биоразнообразия;
- повышение уровня информированности, экологической грамотности и ответственности населения: проведение разъяснительной и обучающей работы среди населения (соц сети и др), привлечение к определенным видам хозяйственной деятельности через проведение акций «Неделя леса», «Чистый лес», (посадка леса, уборка мусора, помощь в благоустройстве территории), активизация работы в социальных сетях (создание групп ВКонтакте, Instagram, Facebook), организация постоянного присутствия в СМИ страны (газеты, интернет-издания, радио, телевидение) посредством активной публикации информационных материалов о состоянии лесов;
- создание и оформление экологических троп с целью ознакомления населения с разнообразными экосистемами (леса, луга, болота, озера, реки, и пр.), отдельными элементами природного комплекса (виды растений, формы рельефа, геологические обнажения, валуны, деревья выдающихся размеров и пр.), культурно-историческими объектами (культовые сооружения, усадьбы, и пр.).

Таблица 6.6 – План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь

Наименование мероприятия	Срок реализации	Исполнители	Индикатор (показатель) результата мероприятия
<b>1. Лесохозяйственные мероприятия</b>			
<b>1.1 Лесовосстановление и лесоразведение. Семеноводство</b>			
1.1.1 Своевременное облесение вырубаемых площадей лесного фонда, передаваемых сельскохозяйственных земель и земель иного назначения	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесфондодержатели	В течение 3-х лет с момента вырубki или передачи
1.1.2 Увеличение доли создания смешанных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения	ежегодно	-«-	Доля создания смешанных лесных культур к 2050 году – 95%
1.1.3 Увеличение доли создания твердолиственных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения	к 2050 году	Минлесхоз, ГПЛХО	Доля создания твердолиственных культур, всего Минлесхоз – 5,9% Брестское ГПЛХО – 6% Витебское ГПЛХО – 1% Гомельское ГПЛХО – 9% Гродненское ГПЛХО – 3% Минское ГПЛХО – 6% Могилевское ГПЛХО – 8%
1.1.4 Увеличение доли создания лесных культур ясеня от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесфондодержатели	Доля создания культур ясеня не менее 1,5%
1.1.5 Увеличение площади посадки лесных культур липы	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО	Минлесхоз – 80 га, все ГПЛХО по 15 га
1.1.6 Оптимизация способов возобновления леса			
в т.ч. естественный с мерами содействия	к 2050 году	Минлесхоз, ГПЛХО, лесфондодержатели	Доля естественного возобновления с мерами содействия, всего Минлесхоз – 11% Брестское ГПЛХО – 11% Витебское ГПЛХО – 10% Гомельское ГПЛХО – 13% Гродненское ГПЛХО – 11% Минское ГПЛХО – 12% Могилевское ГПЛХО – 10% Управление делами Президента Республики Беларусь – 10% Министерство обороны – 10% Министерство образования – 10% НАН Беларуси – 10%
создание лесных культур			Доля создания лесных культур всего Минлесхоз – 52% Брестское ГПЛХО – 52% Витебское ГПЛХО – 50% Гомельское ГПЛХО – 49%

			Гродненское ГПЛХО – 54% Минское ГПЛХО – 51% Могилевское ГПЛХО – 52%
1.1.7 Создание лесных культур с закрытой корневой системой	ежегодно, начиная с 2021 года	Минлесхоз, ГПЛХО	Создание лесных культур с закрытой корневой системой, всего Минлесхоз – 21 млн. шт Брестское ГПЛХО – 2,6 млн. шт Витебское ГПЛХО – 3,1 млн. шт Гомельское ГПЛХО – 4,2 млн. шт Гродненское ГПЛХО – 1,9 млн. шт Минское ГПЛХО – 5,3 млн. шт Могилевское ГПЛХО – 3,9 млн. шт
1.1.8 Создание лесных культур селекционным посевным и посадочным материалом	к 2050 году	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Доля создание лесных культур селекционным посевным и посадочным материалом от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения – 50%
1.1.9 Сохранение генетического потенциала лесов	к 2050 году	Институт леса НАН Беларуси, Минлесхоз, ГПЛХО	Площадь генетических резерватов от площади лесного фонда – 1,5% Доля закладка архивов клонов плюсовых деревьев от выделенных деревьев – 100% Доля закладки архивов клонов элитных деревьев от выделенных деревьев – 100%.
<b>1.2. Охрана и защита леса</b>			
1.2.1 Развитие системы раннего обнаружения лесных пожаров на основе дистанционных методов	2030	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Охват системы раннего обнаружения лесных пожаров на основе дистанционных методов от площади лесного фонда – 95%.
1.2.2 Проведение лесопоталогических обследований	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Ежегодная площадь лесопоталогических обследований – 3 млн. га.
1.2.3. Проведение биологических мероприятий по защите леса	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Ежегодная площадь биологических мероприятий по защите леса – 120 тыс. га.
<b>2. Лесопользование, направленное на сохранение биоразнообразия</b>			
2.1. Проведение рубок главного пользования строго в пределах расчетной лесосеки	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Ежегодное установление размеров расчетной лесосеки
2.2. Сокращение объемов рубок главного пользования при увеличении объемов лесозаготовок в связи с разработкой поврежденных пожарами, буреломными, насекомыми участков леса	по мере необходимости	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Принятие соответствующего решения государственного органа
2.3 Оставление на лесосеке оптимального объема порубочных остатков (с учетом экономической целесообразности их использования и лесопоталогической ситуации в лесах)	до 2050 года	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Процент оставления порубочных остатков при сплошных рубках, % Сосна – 49,2 Ель – 20 Дуб – 23,3

			Береза – 76,3 Ольха черная – 100 Осина – 38,8 Прочие – 59,1
2.4. Оптимизация способов рубки:			Доля проведения сплошнолесосечных рубок с сохранением подроста, всего
– проведение сплошнолесосечных рубок с сохранением подроста	до 2050 года	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	Минлесхоз – 7% Брестское ГПЛХО – 6,9% Витебское ГПЛХО – 3,1% Гомельское ГПЛХО – 6,3% Гродненское ГПЛХО – 6,9% Минское ГПЛХО – 6,7% Могилевское ГПЛХО – 7,2% Управление делами Президента Республики Беларусь – 5% Министерство обороны – 5% Министерство образования – 9% НАН Беларуси – 5%
– несплошные рубки			Доля проведения несплошных рубок, всего Минлесхоз – 33% Брестское ГПЛХО – 33,1% Витебское ГПЛХО – 29,3% Гомельское ГПЛХО – 39% Гродненское ГПЛХО – 33,3% Минское ГПЛХО – 34,8% Могилевское ГПЛХО – 29,7% Управление делами Президента Республики Беларусь – 33% Министерство обороны – 26% Министерство образования – 25% НАН Беларуси – 25%
2.5. Оставление при проведении сплошных и полосно-постепенных рубок главного пользования на лесосеках, площадью более 1 га для формирования сложных по составу и структуре лесов нового поколения спелых, здоровых деревьев <i>Pin, Que, Fr, Ac, Til, Al.g.</i>	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	В количестве до 10 штук включительно на 1 гектар из древесных пород, представленных на лесосеке
2.6. Оставление при проведении сплошной рубки леса в целях его естественного возобновления, если не предусматривается создание лесных культур, семенных деревьев.	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесофондодержатели	В количестве от 10 до 20 штук включительно на 1 гектар равномерно расположенные по всей площади вырубке и (или) семенные группы деревьев в количестве 4-5 штук на 1 гектар, при этом в группе должно быть от трех до пяти деревьев.

<b>3. Организационные меры</b>			
3.1 Выполнение требований FSC (международной) и PEFC (Европейской) систем сертификации лесопользования. Своевременное прохождение аудита	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесфондодержатели	Наличие сертификата FSC или (и) PEFC
3.2 Принятие нормативных правовых и локальных актов с учетом требований сохранения биоразнообразия Внесение изменений и дополнений в СТБ 1360–2002: – утилизационное использование порубочных остатков допускается на участках сплошных рубок главного пользования в эксплуатационной категории и полосно-постепенных рубок в лесах водоохраных зон защитной категории лесов, за исключением лесосек, расположенных на труднодоступных участках, избыточно увлажненных условий местопроизрастания и песчаных почвах лишайниковых и вересковых типов леса.	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, лесфондодержатели	
3.3. Проведение мониторинга биоразнообразия на пилотных участках в рамках национальной инвентаризации лесов: – мониторинг лесоводственно-таксационных показателей древостоев; – оценка содержания углерода и питательных веществ в почве до проведения рубки главного пользования; – мониторинг и регистрация питательных веществ и углерода в 30-ти см слое почвы после рубки с удалением / не удалением порубочных остатков; – мониторинг и регистрация питательных веществ и углерода в порубочных остатках на участках рубок главного пользования; – мониторинг и оценка биоразнообразия на участках сплошных и несплошных рубок главного пользования при различных способах очистки лесосек от порубочных остатков; – мониторинг и регистрация питательных веществ и углерода в биомассе лесного биоценоза (живой напочвенный покров, подрост подлесок, древостой).	с учетом необходимости	БГТУ, Минлесхоз	Отчет по мониторингу
3.4. Повышение уровня информированности, экологической грамотности и ответственности населения: – проведение разъяснительной и обучающей работы среди населения; – привлечение к определенным видам хозяйственной деятельности через проведение акций «Неделя леса», «Чистый лес», (посадка леса, уборка мусора, помощь в благоустройстве территории); – при дендропарках лесничеств устанавливать информационные аншлаги с разъяснением необходимости проведения лесохозяйственных мероприятий и лесопользования; – в случаях расположения административных зданий лесничеств в больших населенных пунктах, организовывать общеобразовательные центры по примеру европейских стран – соседей;	постоянно	Минлесхоз, ГПЛХО, Минобразования, БГТУ, Минприроды	Ежегодный отчет о проделанной работе

<ul style="list-style-type: none"> <li>– через организованные школьные лесничества доводить информацию о природоохранной и лесохозяйственной деятельности лесохозяйственных учреждений;</li> <li>– активизация работы в социальных сетях (создание групп ВКонтакте, Instagram, Facebook);</li> <li>– организация постоянного присутствия в СМИ страны (газеты, интернет-издания, радио, телевидение) посредством активной публикации информационных материалов о состоянии лесов.</li> </ul>			
<p>3.5 Создание и оформление экологических троп с целью ознакомления населения с разнообразными экосистемами (леса, луга, болота, озера, реки, и пр.), отдельными элементами природного комплекса (виды растений, формы рельефа, геологические обнажения, валуны, деревья выдающихся размеров и пр.), культурно-историческими объектами (культовые сооружения, усадьбы, и пр.)</p>	ежегодно	Минлесхоз, ГПЛХО	Не менее 1 в год в каждом ГПЛХО

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшие выводы и рекомендации результатов выполнения этапов 5 и 6 Мероприятия 3.1.3.3 состоят в следующем.

1. Наиболее объективная информация о депонировании углерода порубочными остатками (ПО) может быть получена при непосредственных измерениях углеродных остатков между почвой (местом размещения ПО) и атмосферой. Метод предполагает применение специального дорогостоящего оборудования, что ограничивает, если не исключает, его практическое применение.

Для широкого применения рекомендуется методический подход на основе балансовых расчетов углеродных потоков с определением массы ПО и расчетами содержания углерода во фракциях ПО с использованием конверсионных коэффициентов содержания углерода и плотности древесины.

Разработанная методика рекомендует рассчитывать углеродные потоки в разрезе пулов: порубочные остатки, эмиссия углерода от разложения порубочных остатков, депонирование углерода от возобновления вырубki за период разложения порубочных остатков.

2. Содержание углерода в порубочных остатках  $C$  [т] определяется по уравнению [4]:

$$C = V_{уч.} \times K_{n.o.} \times KC_{n.o.} \quad (4)$$

Составляющие уравнения (4) определяются следующим образом.

Корневой запас древесины на участке  $V_{уч.}$  [м<sup>3</sup>] по фракциям определяется при раскряжке модельных деревьев по методу Института леса [7].

Масса в сухом состоянии отдельных фракций порубочных остатков, приходящаяся на 1 м<sup>3</sup> стволой древесины  $K_{n.o.}$  [т/м<sup>3</sup>], берется из Методики [4] по Приложению А.

Долевое содержание углерода в биомассе порубочных остатков  $KC_{n.o.}$  берется из Методики [4] по Приложению Б.

2.1. Альтернативное определение содержания углерода в порубочных остатках устанавливается по уравнению (5):

$$C = V_{уч.} \times KC_{n.o.} \times K_{n.o.} \quad (5)$$

Запас древесины на участке  $V_{уч.}$  [м<sup>3</sup>] определяется методиками таксации.

Долевое содержание углерода в биомассе порубочных остатков  $KC_{n.o.}$  из Методики [4] по таблице 3.

Удельный вес порубочных остатков от объема стволовой древесины  $K_{n.o.}$  берется из Методики [4] по Приложению А.

3. Эмиссия (выбросы в атмосферу) углекислого газа от разложения порубочных остатков растягивается во времени (от 2 до 10 и более лет). Предлагается выделить три группы фракции порубочных остатков с периодами разложения: 1-2 года, от 3 до 10 лет и более 10 лет. Устанавливаются объемы среднегодовой эмиссии углекислого газа по группам. Объем эмиссии в конкретный период времени можно установить графически как сумму годичной эмиссии каждой группы порубочных остатков в расчетный год после их образования.

4. После вырубki древостоя начинается этап лесовосстановления (лесные культуры или естественное возобновление). Молодое поколение леса поглощает углекислый газ на фоне продолжающейся его эмиссии от разложения порубочных остатков. В определенных условиях объемы депонирования углерода от возобновления вырубок превышают объемы эмиссии порубочными остатками.

Схематично процесс «поглощения – эмиссии» углерода на участке вырубki Р [тС] можно выразить уравнением (6):

$$\pm P = C - \mathcal{E} + D \quad (6)$$

Показатель  $C$  берется из уравнений 4 или 5.

Объем депонирования углерода  $D$  [тС] молодым поколением леса за период разложения порубочных остатков определяется по Методике [4].

5. Прогноз заготовки древесины по рубкам главного пользования на 2030 и 2050 годы установлен на основании порядка определения и утверждения расчетных лесосек в Республике Беларусь [2,10,11]. Расчетные лесосеки скорректированы с фактическим ростом объемов заготовок древесины и освоения расчетной лесосеки за истекший последний пятилетний период.

6. Объем заготовки древесины по рубкам главного пользования по Республике составил в среднем за год в периоде 2014-2018 гг. 8240,5 тыс.м<sup>3</sup> ликвидной древесины при освоении расчетной лесосеки в 70,4%.

Прогноз на 2030 год – 16700 тыс.м<sup>3</sup> (+103%) и на 2050 год – 20110 тыс.м<sup>3</sup> (+144% по отношению к 2014-2018 гг.).

Прогнозируется примерно равный рост увеличения заготовок древесины как среди хвойных пород (+99% и +146%), так и среди мягколиственных (+108% и +145%).

Прогнозируется значительное увеличение доли постепенных и выборочных рубок (+162% в 2030 г. и +215% в 2050 г.) на фоне более низкого прироста сплошных рубок (+75% и +111%).

7. Прогнозируются порубочные остатки от рубок главного пользования по фракциям:

– ветви, сучья, тонкие вершинки – 1668,3 тыс.м<sup>3</sup> в 2030 году и 2008,3 тыс.м<sup>3</sup> в 2050 году;

– древесная зелень соответственно 748,2 и 898,7 тыс.м<sup>3</sup>;

– пни и корни – 2376,4 и 2856,8 тыс.м<sup>3</sup>.

8. Объемы депонированного порубочными остатками углерода, как возможный источник эмиссии углекислого газа при разложении порубочных остатков, составляет:

– ветви, сучья, тонкие вершинки – 64,93 тыс.тС в 2030 г. и 78,03 тыс.тС в 2050 г.;

– древесная зелень соответственно 7,30 и 8,78 тыс.тС;

– пни, корни, возможные к извлечению – 105,71 и 127,11 тыс.тС.

9. Использование порубочных остатков значительной степени зависит от доступности участков и способов рубок главного пользования.

Исходя из рекомендуемых критериев использования порубочных остатков прогнозные объемы использования биомассы порубочных остатков от рубок главного пользования составляют:

– на сплошных рубках 1359,6 тыс.м<sup>3</sup> в 2030 г. и 1633,2 тыс.м<sup>3</sup> в 2050 г.;

– на постепенных и выборочных рубках 174,3 тыс.м<sup>3</sup> в 2030 г. и 215,3 тыс.м<sup>3</sup> в 2050 г..

Наиболее перспективным рассматривается использование порубочных остатков в качестве топлива. Экономически оправданным считается условие наличия потребителя топлива на расстоянии до 100 км.

10. Сохранение биоразнообразия на участках рубок главного пользования обеспечивается при соблюдении следующих рекомендаций:

- проведение несплошных рубок главного пользования;
- применение экологощадящих технологий проведения рубок;
- проведение рубок в осенне-зимний период года;
- после проведения рубок главного пользования оставлять порубочные остатки в небольших кучах для сохранения разнообразия тенелюбивых растений;
- измельчение и разбрасывание порубочных остатков равномерно по площади в качестве мульчи, что сохраняет влагу;
- оставление семенников после проведения сплошнолесосечных рубок;
- в связи с тем, что восстановительный процесс протекает в направлении «лесная растительность – растительность открытых мест – лесная растительность и т.д.» в богатых условиях местопроизрастания желательное увеличение количества агротехнических и лесоводственных уходов;
- для предотвращения возникновения лесных пожаров предусмотреть удаление или измельчение и разбрасывание порубочных остатков;
- производить постоянный контроль за соблюдением правил пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь.

Влияние порубочных остатков на флористическое разнообразие, содержание элементов питания и поглощение углекислого газа экологически положительное, но недостаточно значимое для роста и развития лесной экосистемы.

11. Рубки главного пользования, удаление/неудаление различными способами порубочных остатков при этом не оказывают существенного влияния на почвенное плодородие и, предположительно, продуктивность последующей генерации древостоя. Однако оставление на лесосеке хвои от порубочных остатков обеспечивает оптимальное питание растений живого напочвенного покрова, способствует его видовому разнообразию.

Для поддержания почвенного плодородия на участках рубок главного пользования полезны следующие действия:

- заготовку порубочных остатков и их вывоз на утилизацию необходимо производить не раньше, чем с них осыплется хвоя и листва;
- оставлять на лесосеке до 30% массы порубочных остатков, разбрасывая их равномерно по площади;
- оставлять на перегнивание пни, масса которых составляет до 20% массы стволовой древесины;
- избегать перемешивания верхних слоев почвы;
- оставлять до 50 шт/га маломерных деревьев на бедных почвах в целях поддержания элементов питания в экосистеме.

12. Увеличить поглощение и с минимизировать эмиссию углекислого газа на этапах производства главной рубки и возобновления вырубki можно на следующих условиях:

- применения несплошных рубок;
- сохранения предварительного подроста, подлеска и живого напочвенного покрова при рубке;

– использования порубочных остатков в топливных целях.

13. Обеспечить сохранение лесного биоразнообразия возможно на путях интеграции соответствующих мероприятий на всех этапах лесопользования, включая рубки главного пользования, возобновление, лесовыращивание, защиту, охрану и многоцелевое использование леса.

Также важно учесть и реализовать ключевые мероприятия национальных планов действий, стратегий и программ, затрагивающих биоразнообразие лесных экосистем Беларуси.

Среди этих программных документов имеют важное значение:

– Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы [28];

– Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 год [29];

– Разработанные ранее по **Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/25-26/17** от 23 октября 2017 года документы [30];

– Стратегия адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата до 2050 года.

– Национальный план действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями (леса, болота) на период до 2030 года;

– Национальный план действий по внедрению принципов «зеленой» экономики в лесное хозяйство Республики Беларусь на период до 2030 года;

– Национальный план действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата до 2030 года.

Кроме того, рассмотрены требования к сохранению биоразнообразия действующих систем сертификации: международной – FSC и Европейской – PEFC, основанной на применении национальных стандартов устойчивого лесопользования.

14. Способ рубки главного пользования приводит к разным эколого-экономическим последствиям, а именно.

Сплошная рубка является наиболее радикальным воздействием на лесное насаждение. Сохранение после рубки живой фитомассы растений составляет всего лишь порядка 6,9–9,0 % в варианте с оставлением семенных деревьев и 0,7–1,6 % без семенных деревьев. «Вывоз» биомассы из насаждения при рубке, что рассматривается как факт «эмиссии» CO<sub>2</sub>, составил у *Pineta* насаждений порядка 73% при удалении и 68% не удалении порубочных остатков, у *Piceeta* соответственно 82 и 72%. Живой напочвенный покров сохраняется, примерно, на одной трети площади участка. Участки сплошной рубки являются непокрытыми лесом землями. Воспроизводство нового поколения леса началось с создания лесных культур. Выполнение участком сплошной рубки средозащитной и других экологических функций начнется спустя 7–8 лет, после перевода несомкнувшихся лесных культур в покрытые лесом земли.

Несплошная рубка выполняет ту же цель, что и сплошная: вырубку спелого материнского древостоя и воспроизводство новой генерации леса. Достижение цели при этом решается экологически щадящим способом воздействия на лесное насаждение. Сохранение за период рубки, в процессе последовательных приемов, живой фитомассы прогнозируется на 10–15 процентных пунктов больше, чем при сплошной рубке. Новая генерация леса естественного происхождения будет более адаптированной к наблюдаемым погодно-климатическим изменениям. Восстановление запасов углерода в лесном насаждении до его уровня на год рубки ожидается быстрее, чем при сплошной рубке. Участок несплошной рубки будет постоянно находиться в покрытом лесом состоянии и полноценно выполнять средозащитную функцию.

15. Порубочные остатки являются: дополнительным источником органических и минеральных веществ для питания леса; средством поддержки (защиты) и содействия в поддержании на должном уровне, возможно и расширения, разнообразия растительного покрова лесных экосистем; средством защиты формируемого сопутствующего и последующего возобновления леса от колебаний температуры воздуха и почвы, корней деревьев с поверхностной корневой системой на границе пасек и волоков.

Неудаленные порубочные остатки являются: техническим препятствием, снижающим выполнение работ при проведении минерализации почвы и ее подготовке для создания лесных культур; фактором увеличения пожарной опасности, развития очагов болезней и/или размножения вредителей в лесных насаждениях.

Удаление (сбор и вывозка) порубочных остатков с лесосеки является затратным мероприятием, требующим приобретения специализированной лесной техники.

16. К возрасту главной рубки древостой достигает объемов древесной массы (запаса), практически мало изменяющейся при последующем увеличении возраста. Предполагается, что на этом этапе в лесной экосистеме образуется максимальный баланс элементов питания (почва+лесная подстилка+фитомасса). Последующая главная рубка влечет за собой значительные потери лесной экосистемой органического вещества, азота и зольных элементов.

Из анализа баланса азота и зольных элементов вытекает, что для удовлетворения своих потребностей древостой поглощает значительные объемы элементов питания из глубоких слоев почвы. По этой причине сокращение азота и зольных элементов в верхних слоях почвы не становится критическим в почвенном питании насаждений.

17. Важным направлением деятельности является мониторинг сохранения биоразнообразия, который включает:

- мониторинг лесоводственно-таксационных показателей древостоев;
- оценку содержания углерода и питательных веществ в почве до проведения рубки главного пользования;
- мониторинг и регистрацию питательных веществ и углерода в 30-ти см слое почвы после рубки с удалением / неудалением порубочных остатков;
- мониторинг и регистрацию питательных веществ и углерода в порубочных остатках на участках рубок главного пользования;
- мониторинг и оценку биоразнообразия на участках сплошных и несплошных рубок главного пользования при различных способах очистки лесосек от порубочных остатков;
- мониторинг и регистрацию питательных веществ и углерода в биомассе лесного биоценоза (живой напочвенный покров, подрост подлесок, древостой).

18. Разработан План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции в лесах Республики Беларусь (далее – План), который предусматривает систему мероприятий, сроки их выполнения, исполнителей, а также прогнозных индикаторов их выполнения, которые могут уточняться с учетом реально складывающейся ситуации в лесном хозяйстве.

Предлагаемая система мероприятий основана на комплексном подходе, обусловленном необходимостью сохранения биоразнообразия, обеспечения оптимального содержания питательных веществ, минимизации эмиссии углекислого газа на участках, пройденных рубками главного пользования и увеличения объемов исполь-

зования отходов лесозаготовок в энергетических целях в связи с развитием сектора производства энергии из древесного топлива.

Для сохранения и увеличения биоразнообразия, обеспечения оптимального содержания питательных веществ и повышения углерододепонирующей функции лесных экосистем проводятся лесохозяйственные мероприятия, вводятся ограничения на лесохозяйственную деятельность и лесопользование, рекомендуются отдельные технологические приемы.

19. В разработанном Плане по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции лесов предусматриваются рекомендации по группам мероприятий, как:

- Лесохозяйственные мероприятия;
- Лесопользование, направленное на сохранение биоразнообразия;
- Организационные меры.

Конкретные виды мероприятий и действий привязаны к срокам их реализации, адресованы конкретным исполнителям (ГПЛХО и лесфондодержатели) с указанием объемов их проведения.

Перечень мероприятий, включенных в План, следующий:

19.1. Лесохозяйственные мероприятия охватывают: «Лесовосстановление и лесоразведение. Семеноводство» и «Охрану и защиту леса:

19.1.1. В разделе «*Лесовосстановление и лесоразведение. Семеноводство*» предусматривается:

- своевременное облесение вырубаемых площадей лесного фонда, передаваемых сельскохозяйственных земель и земель иного назначения;
- увеличение доли создания смешанных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение доли создания твердолиственных лесных культур от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение доли создания лесных культур ясеня от площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения;
- увеличение площади посадки лесных культур липы;
- оптимизация способов возобновления леса;
- создание лесных культур с закрытой корневой системой;
- создание лесных культур селекционным посевным и посадочным материалом;
- сохранение генетического потенциала лесов.

Мероприятия по повышению биоразнообразия при проведении работ по лесовосстановлению и лесоразведению решают следующие задачи – восстановление лесного покрова путем возвращения лесов на естественный путь развития, увеличение разнообразия древесных пород, придание древостоям структуры и облика естественного леса, достижение разнообразия условий обитания внутри лесного сообщества, создание древостоев сложной видовой и пространственной структуры, формирование насаждений редких и ценных лесных формаций, увеличение кормовой базы для лесной фауны, рост продуктивности лесных ресурсов.

19.1.2. В разделе «*Охрана и защита леса*» предусматривается:

- развитие системы раннего обнаружения лесных пожаров на основе дистанционных методов;
- лесопатологические обследования;
- проведение биологических мероприятий по защите леса. Сбалансированное применение различных средств и технологий в сочетании с действием природных ре-

гуляторов численности вредных организмов, применение научно обоснованных интегрированных систем защиты леса, учитывающих закономерности, действующие в лесных биоценозах. Мероприятия по борьбе с вредными организмами проводят с использованием наименее экологически опасных средств и технологий, исключающих или существенно ограничивающих негативное влияние на полезные компоненты лесного биоценоза – энтомофагов, теплокровных животных, человека, окружающую среду в целом.

19.2. Лесопользование, направленное на сохранение биоразнообразия, предполагает:

- проведение рубок главного пользования строго в пределах расчетной лесосеки;
- сокращение объемов рубок главного пользования при увеличении объемов лесозаготовок в связи с разработкой поврежденных пожарами, буреломами, насекомыми участков леса
- оставление на лесосеке оптимального объема порубочных остатков (с учетом экономической целесообразности их использования и лесопатологической ситуации в лесах);
- оптимизацию способов рубки;
- оставление при проведении сплошных и полосно-постепенных рубок главного пользования лесосеках, площадью более 1 га, для формирования сложных по составу и структуре лесов нового поколения спелые, здоровые деревья *Pin, Que, Fr, Ac, Til, Al.g.*.
- оставление при проведении сплошной рубки леса в целях его естественного возобновления, если не предусматривается создание лесных культур, семенных деревьев.

19.3. Организационные меры предполагают:

- выполнение требований FSC (международной) и PEFC (Европейской) систем сертификации лесопользования. Своевременное прохождение аудита;
- принятие нормативных правовых и локальных актов с учетом требований сохранения биоразнообразия;
- проведение мониторинга биоразнообразия;
- повышение уровня информированности, экологической грамотности и ответственности населения: проведение разъяснительной и обучающей работы среди населения (соц сети и др), привлечение к определенным видам хозяйственной деятельности через проведение акций «Неделя леса» и «Чистый лес» (посадка леса, уборка мусора, помощь в благоустройстве территории), активизация работы в социальных сетях (создание групп ВКонтакте, Instagram, Facebook), организация постоянного присутствия в СМИ страны (газеты, интернет-издания, радио, телевидение) посредством активной публикации информационных материалов о состоянии лесов.
- создание и оформление экологических троп с целью ознакомления населения с разнообразными экосистемами (леса, луга, болота, озера, реки, и пр.), отдельными элементами природного комплекса (виды растений, формы рельефа, геологические обнажения, валуны, деревья выдающихся размеров и пр.), культурно-историческими объектами (культовые сооружения, усадьбы, и пр.).

19.3.1. Целесообразно внести изменения и дополнения в стандарт СТБ 1360-2002 «Устойчивое лесопользование и лесопользование. Рубки главного пользования. Требование к технологиям», а именно:

- утилизационное использование порубочных остатков допускается на участках сплошных рубок главного пользования в эксплуатационной категории и полосно-

постепенных рубок в лесах водоохранных зон защитной категории лесов, за исключением лесосек, расположенных на трудно-доступных участках, избыточно увлажненных условий местопроизрастания и песчаных почвах лишайниковых и вересковых типов леса;

– дополнить/отредактировать пункты 3.29, 4.2, 5.2.3 в соответствии с предложениями изложенными в разделе 6.1.4 настоящего Отчета.

20. Сложившаяся в Республике Беларусь практика производства топливной щепы из порубочных остатков свидетельствует от отрицательной рентабельности ее реализации как на внутреннем (-14,4%), так и на внешнем (-4,9%) рынках (таблица 6.4). При этом отсутствует в республике возможность увеличения цены из ПО делают ее неконкурентной в условиях избытка предложений щепы из дров.

Считаем необходимым обсудить вопрос себестоимости и цены реализации щепы из ПО с учетом следующего:

– порубочные остатки, в отличие от дровяной древесины, не облагаются таксовой стоимостью;

– затраты на сбор порубочных остатков не включаются в себестоимость щепы из ПО, поскольку они включены ранее в очистку лесосек при рубках леса;

– целесообразность реализации порубочных остатков, упорядоченных после очистки мест рубок леса, непосредственно из лесосеки.

21. Результаты выполнения работ по Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18 от 24 августа 2019 года обсуждены на заседании секции Лесной экологии и лесоводства, Круглого стола №1 от 20 июня 2019 г. и Круглого стола №2 от 04 октября 2019 года. Отчеты рассмотрены на координационных советах по реализации мероприятий Проекта развития лесного сектора Республики Беларусь. Отчеты по Мероприятию 3.1.3.3 одобрены. Высказанные замечания и предложения учтены. Отчет по итогам Круглых столов будет представлен.

22. Отчет №4 по результатам этапов 5 и 6 Рабочего плана Мероприятия 3.1.3.3 составлен в объеме 88 страниц формата А4, одинарный интервал, шрифт, эквивалентный Times New Roman, 12 кеглем. Включает: Перечень основных сокращений, символов, единиц измерения, терминов с их определением; Список 24 таблиц; Список 8 рисунков; Введение; 4 раздела; Заключение; Литературу в количестве 29 Источников; Приложение на 5 страницах.

**ИТОГОВОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

*по результатам выполнения Контракта № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18*

**Мероприятие 3.1.3.3: Проведение оценки и мониторинга содержания питательных веществ и углерода в почве, а также состояния биоразнообразия на участках рубок главного пользования, на которых осуществляется заготовка древесины, а также порубочных остатков в соответствии с критериями, разработанными по инициативе Круглого стола по обеспечению устойчивого производства и использования биомассы. Оценка и ежегодный мониторинг и регистрация результатов будут осуществляться на ряде пилотных участков на протяжении всего периода реализации проекта.**

**Цель в рамках задания:**

Целью задания является анализ, получение достоверных данных и подготовка предложений по сохранению биоразнообразия и минимизации эмиссии углекислого газа при проведении разных видов рубок главного пользования с учетом баланса социально-экологических и экономических аспектов лесопользования. Анализ включает определение целесообразности и объема удаления порубочных остатков после проведения рубок главного пользования (сплошных и несплошных) для насаждений двух основных лесобразующих пород: сосна, ель, и по не менее двух типов леса для каждой из основных лесобразующих пород. Задание осуществляется с учетом разных способов очистки лесосек после проведения рубок главного пользования (сбор в кучи порубочных остатков и измельчение и равномерное разбрасывание порубочных остатков по площади). В процессе выполнения задания должна быть разработана и апробирована на пробных площадях методология проведения работ по оценке и мониторингу содержания питательных веществ и углерода в почве и порубочных остатках, состояния биоразнообразия на участках основных рубок главного пользования: сплошных и несплошных, на которых производится заготовка древесины а также удаление/ не удаление порубочных остатков, в том числе в насаждениях двух основных лесобразующих пород: сосна, ель и по основным типам леса (не менее двух типов леса для каждой из основных пород).

**Заказчик:**

Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь в лице Первого заместителя Министра лесного хозяйства Республики Беларусь Шатравко В.Г.

**Консультант:**

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» в лице ректора Войтова И.В.

**Представитель Заказчика:**

Экспертно-производственное Республиканское унитарное предприятие «Беллесэкспорт» в лице заместителя директора-руководителя филиала Минчука А.В.

Минск – 2019

**«Рубки главного пользования лесом: использование порубочных остатков, воспроизводство леса, минимизация эмиссии углекислого газа, мониторинг содержания питательных веществ в почве и состояния биоразнообразия»**

**1.** Реальные ресурсы спелой древесины, образующие источник заготовки древесины и порубочных остатков (ПО) в порядке рубок главного пользования (РГП), в Республике Беларусь по состоянию на 01.01.2019 года составляют по запасу 349,4 млн.м<sup>3</sup>.

Фактическая заготовка древесины на РГП по Республике Беларусь составляла в период 2014-2018 гг. в среднем 8240,5 тыс.м<sup>3</sup> ликвидной древесины в год. Прогнозируется увеличение к 2030 году до 16,7 млн.м<sup>3</sup> и 2050 году до 20,1 млн.м<sup>3</sup> в год. Рост обусловлен улучшением возрастной структуры лесов и повышением их продуктивности. В частности, средний запас спелых и перестойных насаждений (271 м<sup>3</sup>/га) увеличился в 1,31 раз по сравнению с 1983 годом (198 м<sup>3</sup>/га).

**2.** Лесные насаждения в возрасте главной рубки достигают показателей сырьевого, санитарно-гигиенического и экологического значения, которые мало изменяются при последующем увеличении возраста. На исследованных пилотных участках насаждений *Pineta-Piceeta pteridiosum-oxalidosum* отдельные из них следующие.

Запас ствольной древесины – от 377 до 507 и ПО – от 36,0 до 50,8 м<sup>3</sup>/га. Содержание элементов питания (N, P, K, Ca и Mg) в компонентах насаждений – от 15389 до 16579 и лесной подстилке – от 727 до 2443 кг/га. Депонирование углерода в фитомассе насаждений, лесной подстилке и почве (0-30см) – от 178,08 до 331,94 тС-эквивалента на одном гектаре.

Флористическое разнообразие соответствует лесотипологической категории «коренных лесов». Растительные сообщества представлены 33–43 видами. Распределение видов по жизненным формам следующее: *Phanerophytes* – от 6 до 8, *Chamaephytes* – от 1 до 3, *Hemicryptophytes* – от 4 до 6, *Cryptophytes* – от 11 до 19, *Therophytes* – 2, *Epiphytes* – 6–7 видов. *Silva succrescens* и *Subsilva* представлены малым количеством (до 2 тыс.шт/га). Все растения являются лесными видами и проходят все фазы развития.

**3.** На образование биомассы лесных насаждений из экотопа потребляются энергия и элементы питания. В результате, например, питание приспевающих насаждений *Pineta-Piceeta oxalidososa-pleuroziosa-pteridiosa-myrtilliosa* привело к уменьшению элементов питания в почве (0-30 см) в 2,2 раза за 17 лет (2001-2018 гг.). При этом уменьшение произошло в меньшем объеме, чем необходимое потребление. В исследуемых условиях запасы азота и зольных элементов перекрывали годовую потребность насаждений в них на 15 лет в 2001 году и за семнадцать лет сократились только на шесть – до 9 лет в 2018 году.

Значительную часть элементов питания древостой поглощает из более глубоких слоев почвы. Потребление также частично восполняется ежегодным поступлением опада, который формирует лесную подстилку. По этим причинам сокращение азота и зольных элементов в верхних слоях почвы не становится критическим в почвенном питании насаждений.

Динамика углеродного питания насаждений носит иной характер. Выявлена важная устойчивая тенденция лесной экосистемы на секвестрацию органического углерода в почве и, в меньшей степени, лесной подстилке. Секвестрация имеет место как у нормально функционирующих древостоев, так и усыхающих. Интенсивность секвестрации углерода древостоями составляла от 0,17 (усыхающие) до 0,68 тС-эквивалента на один гектар за год (нормально функционирующие).

**4.** Главная рубка приводит к значительным потерям органического вещества, азота и зольных элементов в лесной экосистеме. Эколого-экономические последствия сплошных и несплошных (постепенных и выборочных) РГП различаются, а именно.

Затраты на заготовку древесины на несплошных РГП выше в среднем на 20%. Применение несплошных РГП обеспечивает поддержание участков рубок в покрытом лесом состоянии, что позволяет повысить лесистость страны предположительно на 0,9 п.п. Отказ от методов искусственного возобновления на несплошных РГП обеспечит сохранение естественного генофонда лесообразователей на 23,9% площади лесного фонда и сокращение затрат на лесовосстановление до 40%. Сохранение живой фитомассы растений при сплошных РГП составляет до 6,9–9,0% в варианте с оставлением семенных деревьев и 0,7–1,6% без семенных деревьев. На участках несплошных РГП сохранение живой фитомассы на 10–15 п.п. выше. Отмечены некоторые различия при восстановлении живого напочвенного покрова, подлеска и подроста на участках сплошных и несплошных рубок. Однако, уже к возрасту сформированного после рубки древостоя 35–40 лет, восстанавливается характерная для каждого типа леса видовая структура всех ярусов лесного насаждения.

При сплошной/несплошной рубке по-разному происходит «эмиссия» углекислого газа. «Эмиссия» обусловлена вывозом заготовленной при рубке древесины. При сплошной рубке вместе с вырубкой древостоя уничтожаются и другие компоненты насаждения, что увеличивает «эмиссию» CO<sub>2</sub>. Для исследуемых пилотных стационаров *Pineta-Piceeta pteridiosum-oxalidosum* «эмиссия» в год рубки в вариантах несплошной рубки была ниже примерно на 61,5% (от 96 до 170 тС-эквивалента/га), чем на участках сплошных рубок. «Эмиссия» при несплошной рубке «растягивается» на последующий (до 20 и более лет) период. Величина «эмиссии» за период оборота рубки будет меньше на 15-20%; это равнозначно повышению секвестрации углерода на участках несплошных рубок.

**5.** Удаление/неудаление ПО влияет на элементы питания, углеродные потоки, флористическое разнообразие и экономические результаты рубок, а именно.

Вывоз элементов питания при удалении ПО не превышает 10% от его содержания в заготовленной ствольной древесине. Это не оказывает существенного влияния как на почвенное плодородие, так и на удовлетворение потребностей возобновляемого молодого поколения леса. Тем не менее, с учетом регулярного выноса элементов питания на рубках ухода и санитарных, целесообразно ограничивать изъятие лесосечных отходов в насаждениях, произрастающих на бедных почвах. Это благоприятно для сохранения лесного биоразнообразия и аккумуляции части углерода в фитомассе и почве. При этом повышается риск возникновения лесных пожаров и очагов распространения вредителей и болезней леса.

Период восстановления исходной массы углерода в насаждении после рубки составляет в вариантах: сплошная рубка с удалением ПО и созданием лесных культур – 49 лет, без удаления – 42 года; несплошная рубка с удалением ПО, сохранением подроста и мерами содействия естественному возобновлению – 41 год, без удаления – 35 лет. Т.о. удаление ПО увеличивает продолжительность «эмиссии» углерода на 6–7 лет, возобновление на путях «создания лесных культур» – на 7–8 лет.

Вопросы утилизации/неутилизации ПО малоинтересны широким слоям населения Беларуси. Проживающие в мелких и средних населенных пунктах положительно оценивают сбор и утилизацию ПО. Наименее приемлемым считают сжигание ПО.

Условием экономически оправданного использования ПО в топливных целях является наличие потребителя на расстоянии до 100 км. При высоких ценах на лекарственные препараты и витаминно-белковые концентраты, произведенные из биомассы ПО, определенный интерес также может представлять древесная зелень (хвоя, хвойная лапка, мелкие недревесневшие побеги) и кора.

**6.** В перспективе образование ПО зависит от объемов заготовки древесины на РГП. Объемы несплошных РГП предполагаются в доли 30,0%.

Прогнозируемые объемы ПО составят 4792,9 тыс.м<sup>3</sup> в 2030 году и 5763,8 тыс.м<sup>3</sup> в 2050 году. В составе ПО ветви, сучья, тонкие вершинки занимают 34,8% их объема, древесная зелень – 15,6%, пни и корни – 49,6%. Содержание углерода в ПО составит в 2030 году 177,94 тыс.тС-эквивалента и в 2050 году – 213,92. Долевое содержание углерода распределяется таким образом: пни и корни – 59%, сучья и ветви – 37%, древесная зелень – 4%.

Общий ресурс утилизационного использования биомассы ПО с учетом труднодоступности участков РГП прогнозируется на 2030 год в объеме 1533,9 тыс.м<sup>3</sup> и на 2050 год – 1848,5 тыс.м<sup>3</sup>. На долю сплошных РГП объем ПО составит 88,4%.

**7.** В целях оценки, анализа, объективного выбора способа обращения с ПО в зависимости от способа РГП и возобновления леса на условиях сохранения биоразнообразия, оптимального содержания питательных веществ в почве и минимизации эмиссии углекислого газа, предложен ряд методических рекомендаций, а именно.

Поэлементная «полевая» балльная оценка выполняется на основе таксационной характеристики участка РГП с учетом рекомендаций, полученных по Мероприятию 3.1.3.3. Оценке подлежат углеродные потоки, уровень природного биоразнообразия и экономические показатели.

Биомасса ПО рассчитывается исходя из корневого запаса древесины по материалам материально-денежной оценки лесосек. Для определения удельного веса ПО по фракциям используется метод разделки модельных деревьев.

Общее содержание органического углерода в ПО рассчитывается на основе их массы, плотности и долевого содержания углерода во фракциях биомассы ПО.

Содержание элементов минерального питания в ПО устанавливается на основе массы фракций ПО и данных химического анализа растительных образцов, выполненного в лаборатории, аккредитованной в Республике Беларусь.

Содержание органического углерода и минеральных элементов в почве устанавливается по Методике РУП «Белгослес», которая адаптирована с Руководством по методам и критериям согласованного отбора проб, оценке, мониторингу и анализу влияния загрязнения воздуха на лес (программа ICP Forest) и применялась при первичном обследовании лесных почв.

Оценка флористического разнообразия включает описание параметров живого напочвенного покрова, естественного возобновления, подроста и подлеска. Различие или общность в тенденциях сохранения/восстановления биоразнообразия на участках РГП устанавливается показателем сходства–коэффициентом Жаккара.

Предусмотренный Мероприятием 3.1.3.3 ежегодный мониторинг и регистрация результатов будут осуществляться на пилотных участках 1-16 WB/GEF в насаждениях *Pineta-Piceeta pteridiosum-oxalidosum*. Рекомендуются повторяемость, общая продолжительность мониторинга, перечень лесоводственно-таксационных показателей древостоев, параметры биоразнообразия, элементы воздушного, азотного и минерального питания в фитомассе, лесной подстилке и почве.

**8.** Уточнены оценки способов обращения с порубочными остатками, а именно.

Установлены положительные и негативные последствия способов обращения с ПО на лесообразовательный процесс для факторов: создание лесных культур, естественное возобновление, содержание элементов питания в почве, сохранение биоразнообразия и поглощение углекислого газа.

Сформулированы положительные и отрицательные мнения различных слоев населения о проведении рубок леса, очистки лесов от мертвой фитомассы. Установ-

лена низкая осведомленность людей о целях и задачах лесопользования, лесовыращивания, защиты и охраны лесов.

Выполнен анализ эффективности производства и реализации щепы топливной из порубочных остатков. Сделан вывод о недоучете лесхозами возможностей получения дополнительной выручки от реализации порубочных остатков. При расчете себестоимости щепы из ПО неучтены обстоятельства: бесплатная стоимость ПО, в отличие от дровяной древесины; также затраты на сбор ПО, ранее включенные в очистку лесосек при рубке леса.

**9.** Разработаны рекомендации по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и минимизации эмиссии углекислого газа на участках РГП. Лесохозяйственные мероприятия интегрированы с принятыми ранее в республике программными документами, как Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы и другие

Разработан План по сохранению биоразнообразия, обеспечению оптимального содержания питательных веществ и повышению углерододепонирующей функции лесов. Предусмотрены мероприятия по группам: лесохозяйственные, лесопользование и организационные. Виды мероприятий и действий планируются по срокам их реализации. Адресованы конкретным исполнителям (ГПЛХО и лесофондодержатели) с указанием объемов их проведения.

**10.** Целесообразно внести изменения и дополнения в стандарт СТБ 1360-2002 «Устойчивое лесопользование и лесопользование. Рубки главного пользования. Требования к технологиям», а именно:

– утилизационное использование порубочных остатков допускается на участках сплошных рубок главного пользования в эксплуатационной категории и полосно-постепенных рубок в лесах водоохранных зон защитной категории лесов, за исключением лесосек, расположенных на трудно-доступных участках, избыточно увлажненных условий местопроизрастания и песчаных почвах лишайниковых и вересковых типов леса;

– дополнить/отредактировать пункты 3.29, 4.2, 5.2.3.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лесной Кодекс Республики Беларусь, Минск, 2015.
2. Правила рубок леса в Республике Беларусь. Утверждены постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016 г. № 68.
3. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов, –М.; МГЭИК; ВМО, 2003.
4. Методика оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь. Утверждена и введена в действие приказом Минлесхоза Республики Беларусь от 28.03.2011 г. № 81 / Л.Н. Рожков [и др.]. – Минск: БГТУ, ЛРУП «Белгослес», 2011. Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь 3 марта 2003 года.
5. Рожков Л.Н. Углеродный баланс лесов: как рассчитать. Лесное и охотничье хозяйство – 2005, 3.
6. Рожков Л.Н. [и др.] Лесоуглеродный ресурс Беларуси, Минск, БГТУ, 2018, с. 27 – 28, 52.
- 7, В.Г. Шатравко, Н.В. Толкачева Исследования объемов порубочных остатков при рубках главного и промежуточного пользования в хвойных и широколиственных лесах. Труды БГТУ. 2011, № 1, Лесное хозяйство, с. 119 – 122.
8. Лесоводственно-экологическое обоснование использования биомассы лесосечных отходов в насаждениях основных лесобразующих пород Беларуси, Гомель, 2016. Институт Леса НАНБ.
9. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2019.
10. Правила определения и утверждения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах в Республике Беларусь. Утверждены постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 16.12.2016 г. №64.
11. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 06.12.2001 г. №1765 «О возрасте рубок леса».
12. СТБ 1360-2002. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Рубки главного пользования. Требования к технологиям.
13. Янушко А.Д., Зорин В.П., Шалимо П.В. Перспективы использования отходов лесозаготовок и деревообработки в лесном хозяйстве. – Обзорная информация, серия 68.47.75. – Мн., БелНИИТИ, 1989. – 42с.
14. Инструкция о порядке организации и содержании лесоустроительных работ, составе лесоустроительной документации и авторском надзоре за реализацией лесоустроительных проектов. Утверждена постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30.06.2017 г. № 13.
15. Отчет №2 по Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18 от 24 августа 2018 года.– Минск, 2019.– 95 с.
16. Niemela, T. Kaavat puiden sienet / T. Niemela. – Helsinki, 2005. – 320 p.
17. Сергиенко В.Г., Иванов А.М., Власов Р.В., Антонов О.И.. Древесный отпад и биоразнообразие на участках выборочных рубок в Ленинградской области. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства . Сер. биологических наук №3, 2015. С. 4–19.
18. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. Постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 19.12.2016 №79. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. 31.12.2016. 8/31603.
19. Рихтер И.Э. Лесная пирология с основами радиожкологии. – Мн.: БГТУ, 1996 – 59 с.

20. Климчик Г.Я., Рихтер И.Э., Бахур О.В. Потери органического вещества и азота в сосновых молодняках при различной интенсивности пожаров / Г.Я. Климчик, И.Э. Рихтер, О.В. Бахур // Труды БГТУ. Серия 1. Лесное хозяйство. Выпуск XIII. – Мн., 2005. – С. 55–57.
21. Рихтер И.Э. Климчик Г.Я., Бахур О.В. Экономические и экологические результаты низовых пожаров в приспевающих и спелых сосновых насаждениях. / И.Э. Рихтер, Г.Я. Климчик, О.В. Бахур // Труды БГТУ. Серия 1. Лесное хозяйство. Выпуск XIII. – Мн., 2005. – С. 76–78.
22. Климчик Г.Я., Рихтер И.Э., Шалимо П.В. Влияние лесных пожаров на лесные биоценозы. Минск: Вассамедиа. 2009. С. 40.
23. Отчет №3 по Контракту № BFDP/GEF/CQS/16/29-34/18 от 24 августа 2018 года.– Минск, 2019.– 59 с.
24. А.В. Ледницкий. Экономическая эффективность выработки тепловой и электрической энергии при сжигании древесного топлива. Труды БГТУ. Сер. №7. 2016. С. 82–86.
25. Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В. Фитомасса культур сосны и ели в Европейской части России. Архангельск. 2004. 112 с.
26. Шатравко В.Г. Экологические и экономические аспекты использования порубочных остатков. Труды БГТУ. Сер. №1. Лесное хозяйство. 2012. С. 130–132.
27. Национальный план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016-2020 годы: утв. Постановл. Совета Министров Респ. Беларусь 03.09.2015 №743
28. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы: утв. Заместителем Премьер-Министра Республики Беларусь от 23.12.2014 г. №06/201-271. – Минск, 2014.– 20с.
29. Экологоориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений/ И.В.Войтов [и др.]; под общ. ред. И.В. Войтова, В.Г. Шатравко. – Минск: БГТУ, 2019.– 201с.