



**ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ЛЕСАХ КАРЕЛИИ**



KARELIAN RESEARCH CENTRE  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE  
FOREST RESEARCH INSTITUTE



**SILVICULTURAL AND ECOLOGICAL ASPECTS  
OF ECONOMIC ACTIVITIES  
IN FORESTS OF KARELIA**

PETROZAVODSK  
2005

КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ ЛЕСА



**ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ЛЕСАХ КАРЕЛИИ**

ПЕТРОЗАВОДСК  
2005

УДК 630\* 64+630\* 18 (470/22)

ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛЕСАХ КАРЕЛИИ / Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 174 с.: табл. 65.

SILVICULTURAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF ECONOMIC ACTIVITIES IN FORESTS OF KARELIA / Petrozavodsk: Karelian research centre RAS: 2005, 174 p.: tabl. 65.

Научный редактор – д.с.-х.н. **В.И. Саковец**  
Рецензент – к.э.н. доцент ПетрГУ **Г.Е. Романов**

Scientific editor – **V.I. Sakovets**, DSc  
Reviewer **G.E. Romanov**, PhD, Assistant Professor

*Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами»*

ISBN 5-9274-0186-4

© Институт леса КарНЦ РАН, 2005

## CONTENTS

Foreword.....	7
<b>Sakovets V.I., Ivanchikov A.A.</b> Forest use dynamics and situation in the state forest fund in Karelia.....	8
<b>Matyushkin V.A.</b> Effects of mineral fertilizer application on the growth and establishment of a dwarf shrub-sphagnum pine forest growing on poor drained raised bog soil.....	19
<b>Matyushkin V.A., Skorokhodova O.N.</b> Changes in the formation processes and productivity of a herb-sphagnum pine stand growing on peaty soil induced by the set of forestry activities.....	34
<b>Ananiev V.A.</b> Growth and establishment of birch and birch-spruce stands upon drainage and felling.....	65
<b>Gavrilov V.N.</b> Establishment of coniferous stands on drained peatland soils using silvicultural methods.....	73
<b>Kozlov V.A., Kisternaya M.V., Aksenenkova Ya. A.</b> Effects of forestry activities on the quality of Scots pine wood: long-term forecasts.....	86
<b>Sin'kevich S.M.</b> Thinning effect on the growth of pine stands.....	101
<b>Sakovets V.I., Ananiev V.A., Matyushkin V.A., Sin'kevich S.M.</b> Changes in forest biodiversity in Karelia under the impact of forestry.....	123
<b>Guermanova N.I., Sakovets V.I.</b> Biological activity of drained peaty soils in middle taiga.....	147
<b>Sakovets V.I.</b> Changes in the nutrient (N, P, K) cycle in herb-sphagnum pine forests under the impact of forest drainage .....	161

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	7
<b>Саковец В.И., Иванчиков А.А.</b> Динамика лесопользования и состояние лесного фонда Карелии.....	8
<b>Матюшкин В.А.</b> Влияние внесения минеральных удобрений на рост и формирование сосняка кустарничково-сфагнового на бедной верховой осушенной торфяной почве.....	19
<b>Матюшкин В.А., Скороходова О.Н.</b> Изменение процессов формирования и продуктивности сосняка травяно-сфагнового на торфяной почве под воздействием проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий.....	34
<b>Ананьев В.А.</b> Рост и формирование березовых и березово-еловых древостоев после осушения и рубок.....	65
<b>Гаврилов В.Н.</b> Формирование хвойных древостоев на осушенных болотных почвах лесоводственными методами.....	73
<b>Козлов В.А., Кистерная М.В., Аксененкова Я.А.</b> Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной: долговременные прогнозы.....	86
<b>Синькевич С.М.</b> Влияние рубок ухода на рост сосновых насаждений.....	101
<b>Саковец В.И., Ананьев В.А., Матюшкин В.А., Синькевич С.М.</b> Изменение биоразнообразия лесов Карелии под воздействием лесохозяйственных мероприятий.....	123
<b>Германова Н.И., Саковец В.И.</b> Биологическая активность мелиорируемых торфяных почв средней тайги.....	147
<b>Саковец В.И.</b> Изменение круговорота питательных (N, P, K) веществ в сосняках травяно-сфагновых под влиянием гидролесомелиорации.....	161

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Начиная с 60-х годов прошлого столетия происходило интенсивное освоение лесов Карелии. Основными лесоводственными мероприятиями в этот период являлись рубки главного пользования, рубки ухода, лесовосстановление и гидролесомелиорация. Широкое антропогенное воздействие на лесные экосистемы выдвинуло кроме улучшения продуктивности лесов новые проблемы, такие как сохранение их естественного биоразнообразия, влияние лесохозяйственных мероприятий на устойчивость лесов, биосферные процессы и т.д.

Долголетние исследования (20–40 лет) Института леса Кар НЦ РАН на постоянных объектах по всему спектру лесохозяйственной деятельности позволили дать лесоводственную и экологическую оценку лесохозяйственным мероприятиям в динамике.

В данном сборнике приводятся оригинальные материалы исследований по лесоводственной эффективности и экологическим последствиям хозяйственной деятельности в лесах Карелии. В отдельных его статьях обсуждаются вопросы формирования насаждений, произрастающих на осушенных торфяных почвах, в связи с внесением удобрением, проведением комплекса лесохозяйственных мероприятий, рубка + удобрение, вопросы формирования хозяйственно-ценных естественных насаждений на осушенных болотах с последующим уходом за ними, переформирования березовых и березово-еловых древостоев в еловые путем рубок. Обсуждаются новые данные влияния лесохозяйственных мероприятий (осушение, рубки ухода, удобрения) на качество древесины сосны, произрастающей на торфяных почвах. Рассматривается влияние лесоводственных уходов на рост сосновых насаждений в наиболее распространенных типах леса на минеральных почвах. Кроме лесоводственных аспектов в сборнике рассматриваются экологические последствия различных лесохозяйственных мероприятий таких как:

- изменение биоразнообразия под воздействием различных видов рубок и гидролесомелиорации;
- биологическая активность мелиорируемых торфяных почв;
- изменение круговорота основных питательных (N, P, K) веществ под влиянием гидролесомелиорации.

Книга представляет интерес для работников лесного хозяйства, научных сотрудников, представителей вузов и студентов лесобиологического профиля.

## ДИНАМИКА ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОГО ФОНДА КАРЕЛИИ

*В.И.Саковец, А.А.Иванчиков*

Вопросы развития лесного хозяйства и лесной промышленности в Карелии начиная от времен Петра I и до 50-х годов прошлого столетия обстоятельно изложены в работе И.В. Первозванского (1). Он отмечает, что до Петра I эксплуатация лесов Карелии была крайне незначительной. Кроме одного-двух заводов, производивших чугуны, орудия и снаряды, для чего требовался древесный уголь, здесь не было крупных потребителей древесины. Петр I, придававший большое значение развитию металлургическому производству и созданию парусного флота, не мог не обратить внимание на олонечские сосновые боры. По его указам в отношении лесов начинают применяться охранительные меры. Лесоохранные меры хотя и с меньшей настойчивостью проводились и после Петра I. В 1932 г. в бассейнах Онежского и Ладожского озер на расстоянии 100 верст от больших рек и озер и 25 верст от малых была запрещена без ведома Адмиралтейства рубка сосновых деревьев. В 1798 г. все леса были переданы в ведение Лесного департамента при Адмиралтействе. В 1826 г. начинается организация казенных лесничеств.

Эксплуатация карельских лесов по существу началась только в 60-х годах XIX столетия вместе с развитием лесопильного производства.

Так, в 1874–1878 г.г. было заготовлено 656 тыс. м<sup>3</sup> древесины, в 1889–1893 г.г. – 835 тыс. м<sup>3</sup>, в 1904–1908 г.г. – 2056 тыс. м<sup>3</sup>. Можно сказать, что к 1909 году заготавливалось пиловочника и дров около 500 тыс. м<sup>3</sup> в год. К 1913 г. объем лесозаготовок достиг 1,7 млн. м<sup>3</sup> в год.

Начало интенсивной эксплуатации карельских лесов в послереволюционное время было положено в 1925 году, когда было заготовлено 2,6 млн. м<sup>3</sup> древесины. Далее объемы лесозаготовок неуклонно растут. К 1930 году отпуск леса достиг 5 млн. м<sup>3</sup>. С 1932 по 1937 годы он увеличился с 6,6 млн. м<sup>3</sup> до 9,7 млн. м<sup>3</sup>, а в 1939 г. объем лесозаготовок составил 15 млн. м<sup>3</sup>, в 1940 г. снизился до 10 млн. м<sup>3</sup>.

В годы Великой Отечественной войны объем заготовок сократился до минимума. В 1942 году он составлял 450 тыс. м<sup>3</sup>, но уже к 1944 году увеличился до 1400 тыс. м<sup>3</sup>.

До начала тридцатых годов прошлого столетия в лесах Карелии применялись подневольно-выборочные, приисковые и наряду с ними сплошные узколесосечные рубки с шириной лесосек до 100 м.

При выборочных рубках того времени в древостоях выбирались крупномерные высококачественные деревья и преимущественно сосны. Количество деревьев, вырубаемых на единице площади, было относительно небольшим. Эти рубки мало изменяли породный состав и возрастную структуру коренных лесов. Но увеличивалась фаутность древостоев, возрастала доля лиственных пород в сосняках, в ельниках уменьшалось участие сосны в составе древостоев. Лесозаготовки носили сезонный характер и производились только в зимний период. Заготовка леса осуществлялась с помощью ручных инструментов, вывозка – гужевым транспортом.

В начале 30-х годов в связи с развитием деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности и потребностью в больших количествах сортиментов разных размеров и качества начали применяться концентрированные условно-сплошные рубки с шириной лесосек 1–2 км. При этих рубках на корню оставлялись деревья лиственных пород и фаутные деревья хвойных. Лесозаготовки постепенно начинают переходить от сезонных к круглогодичным. На лесозаготовительных операциях начинают применяться машины и механизмы.

В послевоенный период требовалось большое количество древесины для восстановления народного хозяйства страны и республики. Объем заготовок леса в Карелии стал стремительно возрастать и увеличился с 7,0 млн. м<sup>3</sup> в 1950 году до 18,5 млн. м<sup>3</sup> в 1965 г. (табл.1). Максимальной величины отпуск леса достиг в 1967 году и составил около 20 млн.м<sup>3</sup>. В 1965–75 годах объем лесозаготовок превышал расчетную лесосеку. Переруб расчетной лесосеки происходил в лесах II и III групп и за счет хвойного хозяйства. По объективным и субъективным причинам расчетная лесосека в лесах I группы использовалась в весьма ограниченных размерах.

Главное пользование в эксплуатационных лесах Карелии осуществлялось сплошными концентрированными рубками с непосредственным примыканием лесосек. Размеры лесосек определялись действующими правилами рубок главного пользования в равнинных лесах Европейской части России, в лесах II группы – 0,5 км × 2,0 км, в лесах III группы – 1,0 км × 2,0 км. Долгое время велись условно сплошные рубки.

В лесах I группы применялись в основном узколесосечные рубки. Известно, что для этой группы лесов наиболее приемлемы несплошные рубки (добровольно-выборочные, постепенные). В Карелии научно-исследовательскими организациями совместно с производством в 1970–80 годах проводились испытания и внедрение несплошных рубок в лесах I группы на базе существующей лесозаготовительной тех-

ники. Однако, широкого распространения эти рубки не получили и проводились скорее как исключение, чем правило. Причин этому много. Мелкоконтурность участков спелого леса, зачастую отсутствие дорог, высокая себестоимость заготовленной древесины, трудоемкость отвода лесосек (клеймение деревьев, вынос технологической схемы разработки лесосек в натуру и т.д.) и др.

Т а б л и ц а 1  
Динамика объема лесозаготовок по главному пользованию

Показатели	Годы										
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Расчетная лесосека, млн. м <sup>3</sup>	32,8	24,6	19,3	14,3	14,3	14,3	12,0	9,8	9,5	9,5	9,3
Объем лесозаготовок, млн. м <sup>3</sup>	7,0	12,9	17,4	18,5	15,6	14,3	11,0	10,4	9,3	6,0	6,4
Площадь вырубок, тыс. га	35,1	109,4	146,4	136,1	118,2	106,7	81,5	29,9	31,3	33,9	32,3

В качестве обсеменителей на вырубках оставлялись семенные куртины сосны и ели площадью 0,25, 0,5 га и в редких случаях – семенные деревья. Источниками обсеменения служили также участки леса в границах лесосек не подлежащие рубке (молодняки, средневозрастные и приспевающие насаждения) и стены леса. На лесосеках с подростом хвойных пород применялась технология лесосечных рубок, обеспечивающая сохранение подроста.

Руководство республики предприняло все возможные меры, чтобы объемы заготовки леса ограничить расчетной лесосекой. И это было достигнуто. Вопросам использования и воспроизводству лесных ресурсов в Карелии посвящены многие публикации (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Неоднократно они обсуждались на научно-практических конференциях. С началом разного рода перестроек и реформ в 1991 году лесной комплекс республики оказался в кризисном состоянии. Объемы заготовки и переработки леса резко сократились и в 1996 году они были минимальными – 5,3 млн.м<sup>3</sup>. В последние годы отпуск леса несколько стабилизировался и составлял 6 – 7 млн. м<sup>3</sup> в год. Расчетная лесосека использовалась на 60–70 %.

В таблице 2 приводятся данные об использовании расчетной лесосеки в 2003 году. Фактический объем заготовки леса в среднем составил 66.1 % по отношению к расчетной лесосеке. В меньшей мере по сравнению с лесами II и III групп использована лесосека в лесах I группы (63,3 %).

Т а б л и ц а 2

**Использование расчетной лесосеки главного пользования в 2003 году**

Группа лесов	Утвержденная расчетная лесосека, тыс. м <sup>3</sup>		Фактически вырублено, тыс. м <sup>3</sup>		Площадь сплошной рубки, га
	Всего	в т.ч. хвойное хозяйство	Всего	в т.ч. хвойное хозяйство	
I	1381,6	971,2	874,8	604,0	3097
II	3134,5	1935,4	2262,4	1374,1	11107
III	4693,6	4010,2	2954,2	2612,2	17743
Итого	9209,7	6916,8	6091,4	4590,3	31947

С 1994 года рубки главного пользования в Карелии проводятся на основе правил рубок главного пользования в равнинных лесах Европейской части России, утвержденные в 1993 г. и региональных правил рубок главного пользования в лесах Республики Карелия, утвержденных в 1995 году. Последние составлены с учетом климатических и лесорастительных условий Карелии. Как общероссийскими, так и карельскими региональными правилами рубок главного пользования установлены меньшие параметры лесосек по сравнению с правилами 1980 года и увеличены сроки примыкания лесосек. Эти и другие элементы сплошно-лесосечных рубок дифференцированы по лесохозяйственным округам. В Карелии два округа: северотаежный и среднетаежный.

В таблице 3 приводятся данные по возрасту главной рубки в разрезе лесохозяйственных округов и древесных пород.

Т а б л и ц а 3

**Возраст главной рубки в эксплуатационных лесах II и III групп**

Преобладающая порода	I округ	II округ
	Среднетаежная подзона	Северотаежная подзона
Сосна и ель	101–120 лет (VI кл. возр.) и выше	121–140 лет (VII кл. возр.) и выше
Береза	61–70 лет (VII кл. возр.) и выше	61–70 лет (VII кл. возр.) и выше
Осина	51–60 лет (VI кл. возр.) и выше	51–60 лет (VI кл. возр.) и выше

В защитных полосах лесов вдоль железных и шоссейных дорог возраст главной рубки на один класс выше, чем в эксплуатационных лесах.

Интенсивность хозяйственной деятельности оказывала значительное влияние на структуру лесного фонда.

Площадь лесных земель за период с 1956 г. по 1998 г. увеличилась на 1 % (табл.4). Это произошло в основном за счет осушения

безлесных болот и, частично передачи земель других землепользователей в лесной фонд. Покрытая лесом площадь за 10 лет с 1956 г. по 1966 г. уменьшилась на 5,9 %, а затем в результате восстановления леса на вырубках и сокращения объема лесозаготовок к 1998 г. удельный вес её в общей площади лесных земель повысился на 7,7 % и составил 62,8 %.

Т а б л и ц а 4  
Структура лесного фонда Республики Карелия (%)

Категория земель	1932	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998
Лесные земли	64,4	64,7	64,8	64,9	64,7	64,8	65,3	65,7
в т.ч. покрытые лесом	62,6	59,2	53,3	55,1	56,1	59,4	60,7	62,8
непокрытые лесом	1,8	5,5	10,3	7,8	6,4	3,0	2,6	1,7
несомкнутые культуры	–	–	1,2	2,0	2,2	2,4	2,0	1,2
нелесные земли	35,6	35,3	35,2	35,1	35,3	35,2	34,7	34,3

Максимум непокрытых лесом земель приходится на 60-е годы, т.е. в годы самых высоких объемов лесозаготовок. Доля нелесных земель за рассматриваемый период изменилась незначительно, и опять таки за счет осушения болот. Изменилось распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам. Уменьшилась доля насаждений с преобладанием сосны и ели и увеличилась площадь лиственных насаждений (табл.5). В лесах преимущественно южной Карелии (среднетаежная подзона) на значительной части вырубках произошла смена хвойных пород на лиственные, в основном березу. Многие березняки с вторым ярусом из ели. Значительные площади этих вторичных лесов достигли возраста главной рубки и составляют немалую долю в расчетной лесосеке по лиственному хозяйству.

Т а б л и ц а 5  
Распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам (%)

Преобладающая порода	1932	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998
Сосна	68,6	64,4	59,6	59,0	58,9	60,2	63,9	63,8
Ель	27,3	27,1	28,7	28,0	27,9	27,3	25,6	25,1
Лиственные	4,1	8,5	11,7	13,0	13,2	12,5	10,5	11,1

В последние 15–20 лет наблюдается тенденция сокращения площади лиственных насаждений за счет их реконструкции и отчасти пото-

му, что к хвойным стали относить смешанные молодняки, где участие сосны и ели в составе составляет только 30–40 %. Предполагается, что путем рубок ухода (осветлений, прочисток и прореживания) в таких насаждениях будет обеспечено преобладание хвойных пород.

За период с 1956 по 1983 год общий запас насаждений снизился с 1020,4 млн. м<sup>3</sup> до 786,6 млн. м<sup>3</sup>, а затем к 1998 году увеличился до 919,2 млн. м<sup>3</sup> (табл.6).

За 42 года вырублено 54 % площади спелых и перестойных сосновых насаждений и 44 % еловых. Площадь спелых и перестойных насаждений сократилась на 2,5 млн. га, а запас на 339,3 млн. м<sup>3</sup>. За этот период площадь молодняков сосны увеличилась более чем в 4 раза, ели в 5 раз. Площадь средневозрастных насаждений сосны увеличилась в 1,5 раза, ели и березы – в 2 раза. Площадь приспевающих насаждений сосны и ели осталась на одном уровне, березовых – увеличилась в 1.4 раза. Изменились и показатели запасов древесины на единицу площади. Так, в 1956 году средний запас древесины на 1 га лесопокрытой площади составлял 123 м<sup>3</sup>, к 1983 году он снизился до 89 м<sup>3</sup>, а затем к 1998 году повысился до 99 м<sup>3</sup> (табл.7). Средний запас сосновых насаждений снизился с 121 м<sup>3</sup>/га до 89 м<sup>3</sup>/га, еловых – со 146 м<sup>3</sup>/га до 122 м<sup>3</sup>/га, а лиственных – наоборот, повысился с 60 м<sup>3</sup>/га до 95 м<sup>3</sup>/га.

Немаловажное значение имеет прижизненное использование сосновых древостоев, т.е. подсочка и осмолподсочка деревьев с целью получения терпентина (живицы и барраса).

Подсочное производство в Карелии имеет давнюю историю. Оно начало развиваться с конца 20-х годов прошлого столетия. В 1928 году было заподсочено 480 га и добыто 16 т живицы. В предвоенные 1939–1940 годы в подсочке находилось 4,2–4,6 тыс. га и было добыто 261 и 285 т живицы. В послевоенное время освоения сосновых лесов подсочкой началось с 1954 г. Первый химлесхоз организованный по инициативе треста «Ленхимлес» в Олонецком районе в 1954 году добывал 69 т живицы. В 1955–1956 годах на юге Карелии было организовано 5 химлесхозов. В 1957 году для руководства подсочкой в Карелии создается трест «Карелхимлесзаг». С этого года началось быстрое продвижение подсочки в северные районы республики. В 1963 году была установлена новая граница обязательной подсочки сосны, которая проходила в основном по 64-ой параллели. На территории Карелии работало 15 химлесхозов. В подсочке ежегодно находилось от 130 до 185 тыс. га сосновых насаждений. Начиная с 1965 по 1985 год ежегодно добывалось от 5 до 6.5 тыс. тонн. В связи с перестройками и реорганизациями подсочное производство в Карелии перестало существовать. Осмолподсочка низкобонитетных (Va – Vб класс бонитета) сосняков в Карелии была развита слабо.

Т а б л и ц а   6  
**Сведения о лесфонде Карелии по данным учета лесфонда**  
(Числитель – площадь тыс. га, знаменатель – запас млн. м<sup>3</sup>)

1	Годы учета							
	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998	2003
2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Сосна</b>								
Молодняки	<u>624,4</u> 14,9	<u>781,6</u> 19,1	<u>1203,2</u> 30,5	<u>1615,4</u> 39,6	<u>2211,3</u> 44,1	<u>2591,5</u> 72,5	<u>2718,2</u> 93,7	<u>2798,3</u> 97,6
Средне-возрастные	<u>752,6</u> 90,3	<u>891,8</u> 108,3	<u>1032,2</u> 123,1	<u>960,2</u> 116,9	<u>1030,0</u> 131,3	<u>1095,9</u> 139,7	<u>1162,8</u> 149,5	<u>1234,1</u> 161,6
Приспевающие	<u>421,6</u> 72,5	<u>376,5</u> 63,7	<u>335,3</u> 55,8	<u>343,5</u> 57,4	<u>300,5</u> 50,8	<u>355,9</u> 59,3	<u>392,7</u> 70,0	<u>408,1</u> 74,2
Спелые и перестойные	<u>3558,8</u> 465,4	<u>2618,3</u> 345,2	<u>2304,8</u> 283,4	<u>1993,3</u> 241,2	<u>1775,0</u> 212,6	<u>1661,8</u> 214,4	<u>1640,5</u> 216,1	<u>1517,5</u> 201,8
Итого	<u>5357,4</u> 641,1	<u>4668,2</u> 536,3	<u>4875,5</u> 492,8	<u>4912,4</u> 455,1	<u>5316,8</u> 438,8	<u>5705,1</u> 485,9	<u>5914,2</u> 528,7	<u>5958,0</u> 535,2
<b>Ель</b>								
Молодняки	<u>85,1</u> 1,3	<u>182,3</u> 3,8	<u>295,6</u> 5,3	<u>475,7</u> 9,0	<u>640,0</u> 13,4	<u>643,9</u> 13,5	<u>629,2</u> 17,1	<u>645,8</u> 17,7
Средне-возрастные	<u>216,4</u> 21,9	<u>270,7</u> 34,9	<u>331,1</u> 42,7	<u>361,4</u> 41,6	<u>404,7</u> 59,0	<u>434,6</u> 55,1	<u>440,0</u> 56,6	<u>460,2</u> 59,9
Приспевающие	<u>188,6</u> 24,1	<u>184,2</u> 35,8	<u>191,1</u> 38,6	<u>193,2</u> 35,1	<u>183,0</u> 24,6	<u>199,7</u> 37,6	<u>214,7</u> 43,5	<u>138,9</u> 28,3
Спелые и перестойные	<u>1763,4</u> 290,3	<u>1610,7</u> 230,3	<u>1496,4</u> 211,0	<u>1296,6</u> 194,5	<u>1174,5</u> 171,8	<u>1013,6</u> 155,7	<u>1048,2</u> 168,1	<u>986,4</u> 160,5
Итого	<u>2253,5</u> 337,6	<u>2247,9</u> 304,8	<u>2314,2</u> 297,6	<u>2326,9</u> 280,2	<u>2402,2</u> 268,8	<u>2291,8</u> 261,9	<u>2332,1</u> 285,3	<u>2231,3</u> 266,4
<b>Лиственные</b>								
Молодняки	<u>251,1</u> 2,0	<u>345,6</u> 4,1	<u>454,2</u> 5,4	<u>473,3</u> 5,1	<u>436,2</u> 4,2	<u>250,9</u> 3,6	<u>175,8</u> 2,3	<u>181,5</u> 3,4
Средне-возрастные	<u>200,3</u> 11,4	<u>275,6</u> 22,7	<u>330,7</u> 26,5	<u>330,8</u> 26,0	<u>332,6</u> 26,7	<u>375,6</u> 29,2	<u>438,1</u> 34,8	<u>481,8</u> 41,0
Приспевающие	<u>80,8</u> 8,7	<u>87,4</u> 13,3	<u>88,2</u> 12,8	<u>91,3</u> 12,6	<u>105,8</u> 13,4	<u>99,6</u> 13,0	<u>114,2</u> 16,2	<u>110,2</u> 18,1
Спелые и перестойные	<u>209,6</u> 19,6	<u>207,8</u> 23,9	<u>201,2</u> 32,2	<u>205,6</u> 32,2	<u>222,7</u> 26,7	<u>207,6</u> 33,9	<u>291,5</u> 51,7	<u>270,1</u> 46,3
Итого	<u>741,8</u> 41,7	<u>916,4</u> 64,0	<u>1074,3</u> 76,9	<u>1101,0</u> 75,9	<u>1097,3</u> 79,0	<u>933,7</u> 79,7	<u>1019,6</u> 105,1	<u>1043,6</u> 108,8
<b>Всего</b>								
Молодняки	<u>960,6</u> 18,2	<u>1309,5</u> 27,0	<u>1953,0</u> 41,2	<u>2564,4</u> 53,7	<u>3287,5</u> 61,7	<u>3486,3</u> 89,6	<u>3523,2</u> 113,1	<u>3625,6</u> 118,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средне-возрастные	<u>1169,3</u> 123,6	<u>1438,1</u> 165,9	<u>1694,0</u> 192,3	<u>1652,4</u> 184,5	<u>1767,3</u> 217,0	<u>1906,1</u> 224,0	<u>2040,9</u> 240,9	<u>2176,1</u> 262,5
Приспевающие	<u>691,0</u> 105,3	<u>648,1</u> 112,8	<u>614,6</u> 107,2	<u>628,0</u> 105,1	<u>589,3</u> 88,8	<u>655,2</u> 109,9	<u>721,6</u> 129,7	<u>657,2</u> 120,6
Спелые и перестойные	<u>5531,8</u> 775,3	<u>4436,8</u> 599,4	<u>4002,4</u> 526,6	<u>3495,5</u> 467,9	<u>3172,2</u> 411,1	<u>2883,0</u> 404,0	<u>2980,2</u> 435,9	<u>2774,0</u> 408,6
Итого	<u>8352,7</u> 1020,4	<u>7832,5</u> 905,1	<u>8264,0</u> 867,3	<u>8340,3</u> 811,2	<u>8816,3</u> 786,6	<u>8930,6</u> 827,5	<u>9265,9</u> 919,1	<u>9232,9</u> 910,4

Т а б л и ц а   7  
Показатели запасов древесины, м<sup>3</sup>/га

Год	Сосна		Ель		Лиственные		Итого	
	Все-го	в т.ч. спелые и перестойные	Все-го	в т.ч. спелые и перестойные	Все-го	в т.ч. спелые и перестойные	Все-го	в т.ч. спелые и перестойные
1956	121	133	146	161	60	98	123	141
1966	114	132	138	144	71	119	116	136
1973	102	123	129	141	70	161	100	132
1978	93	121	122	150	69	161	98	134
1983	83	118	109	143	72	178	89	131
1993	85	126	114	156	86	169	93	139
1998	89	131	122	160	95	172	99	146

Рубки ухода (рубки промежуточного пользования) и санитарные выборочные рубки начали проводиться в лесах Карелии в начале 50-х годов прошлого столетия. В 1955 году ими уже было охвачено 2,4 тыс. га (табл.8). В последующее десятилетие объемы работ по уходу за лесом возрастали и в 1965 г. они были проведены на площади 20,6 тыс. га, в т.ч. 5,4 тыс. га выборочных санитарных рубок. Было заготовлено 100,5 тыс. м<sup>3</sup> ликвидной древесины. Применение химических способов ухода за молодняками, использование на проходных и санитарных рубках лесозаготовительной техники привело к значительному росту объемов рубок ухода и санитарных выборочных рубок. В 1975 г. уход за молодняками был выполнен на площади 52,9 тыс. га. К 1980 г. объем заготовки ликвидной древесины при рубках ухода и санитарных достиг 583 тыс. м<sup>3</sup> и составил 4,6 % по отношению к объему заготовки древесины по главному пользованию. В 80-е годы прошлого столетия рубки ухода ежегодно выполнялись на площади 50–55 тыс. га, из которых 85–88 % приходилось на

уход за молодняками. Директивными органами республики намечалось увеличить к середине 80-х годов промежуточное лесопользование до 2 млн. м<sup>3</sup> в год в связи с ростом внутреннего потребления древесины и снижением объемов заготовки леса по главному пользованию. Однако это оказалось невыполнимым. Наибольший объем заготовки ликвидной древесины по промежуточному пользованию в эти годы составил около 700 тыс. м<sup>3</sup> и в основном за счет проведения санитарных выборочных рубок.

В 1995–2003 годах рубки ухода ежегодно проводились на площади 25–30 тыс. га, санитарные рубки на площади 0,4–0,5 тыс. га. Площадь осветлений, прочисток составляет более 80 % общей площади рубок ухода. Прореживание насаждений проводилось на площади от 100 до 400 га в год. Площадь проходных рубок составляла от 3,9 до 5,3 тыс. га в год. При рубках ухода и санрубках ежегодно заготавливали 350–400 тыс. м<sup>3</sup> ликвидной древесины, в основном за счет проведения проходных рубок.

Т а б л и ц а   8  
Динамика развития рубок ухода за лесом и санитарных выборочных рубок

Годы	Площадь, тыс. га			
	Уход за молодняками	Прореживание	Проходные рубки	Санитарные выборочные рубки
1955	0,1	0,1	0,2	2,0
1960	4,1	1,2	0,9	4,2
1965	13,5	0,5	1,2	5,4
1967	22,9	0,9	4,1	7,5
1970	47,3	0,7	5,2	3,9
1975	52,9	1,3	6,5	5,5
1980	48,2	1,0	6,7	6,2
1983	49,6	0,8	6,4	4,5

В целом площадь рубок ухода и санитарных рубок в Карелии в последние годы составляла примерно 1/3 площади определенной лесоустройством и 1/4 – по заготовке ликвидной древесины. В таблице 9 содержатся сведения о рубках ухода выполненных в 1995 и 2003 годах.

Т а б л и ц а 9  
Объемы рубок ухода в настоящий период.

Виды рубок ухода	1995				2003			
	Объем, установленный лесоустройством		Фактически выполнено		Объем, установленный лесоустройством		Фактически выполнено	
	Площадь, тыс. га	Выбираемый запас, тыс. м <sup>3</sup>	Площадь, тыс. га	Выбираемый запас, тыс. м <sup>3</sup>	Площадь, тыс. га	Выбираемый запас, тыс. м <sup>3</sup>	Площадь, тыс. га	Выбираемый запас, тыс. м <sup>3</sup>
Уход за молодняками	44,5	311,7	26,0	146,6	39,0	374,1	22,2	151,4
Прореживание	22,1	775,3	0,5	24,4	35,5	1066,3	0,4	19,0
Проходные рубки	17,9	828,2	5,3	394,5	18,0	899,6	5,9	407,7
Выборочные санитарные рубки	7,9	293,9	0,36	21,3	4,9	189,8	0,4	17,8
Рубки обновления и переформирования	–	–	0,25	24,1	5,3	278,6	4,2	227,2
<b>ВСЕГО</b>	<b>92,4</b>	<b>2209,1</b>	<b>32,4</b>	<b>610,9</b>	<b>107,7</b>	<b>2805,7</b>	<b>33,1</b>	<b>822,5</b>

Таким образом, интенсивное лесопользование оказало существенное влияние на структуру лесфонда и в первую очередь на возрастную структуру лесов. Среди насаждений преобладающими оказались молодые насаждения. Увеличились площади лиственных насаждений. Снизились запасы древесины на единице лесопокрытых земель. Дальнейшая лесохозяйственная деятельность в республике должна быть направлена на интенсификацию ведения лесного хозяйства, неистощительное использование ресурсов, рациональное природопользование. При этом должны шире использоваться региональные научные разработки.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Первозванский И.В.* Очерки по развитию лесного хозяйства и лесной промышленности Карелии // Вопросы рационального использования лесов Карелии. Петрозаводск, 1959. С.5–75.
2. *Валентик И.Я.* Развитие лесной деревообрабатывающей и гидролизной промышленности Карельской АССР в шестой пятилетке и на ближайшие 10–15 лет // Материалы научно-технической конференции по развитию лесной промышленности и лесного хозяйства Карельской АССР. Петрозаводск, 1958. С.6–30

3. *Нечаев В.А.* О состоянии и задачах лесного хозяйства Карельской АССР // Материалы научно-технической конференции по развитию лесной промышленности и лесного хозяйства Карельской АССР. Петрозаводск, 1958. С.31–50.
4. *Прилепо Н.М.* Пути интенсификации лесного хозяйства и перспективы использования лесов в Карельской АССР // Материалы научно-технической конференции по вопросам сохранения, восстановления и экономного использования лесных ресурсов Карельской АССР. Петрозаводск, 1970. С.5–21.
5. *Кабанов В.В.* О состоянии лесных ресурсов и перспективах лесопользования в Карельской АССР // Материалы научно-практической конференции по вопросам комплексного лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов Карельской АССР. Петрозаводск, 1985. С.132–141.
6. *Щербаков Н.М., Волков А.Д.* Лесные ресурсы Карельской АССР их использование и воспроизводство. Петрозаводск, 1985. 30 с.
7. *Валентик И.Я., Козлов А.Ф., Некрасов М.Д.* Экономические основы интенсификации лесного хозяйства Карельской АССР. Петрозаводск, 1986. 137 с.

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ СОСНЯКА КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО НА БЕДНОЙ ВЕРХОВОЙ ОСУШЕННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ**

*В.А. Матюшкин*

В Карельской АССР лесосушительная мелиорация была проведена довольно в больших масштабах на заболоченных землях с торфяно-болотными почвами верхового и верхово-переходного типов, для которых характерна бедность элементами минерального питания. Согласно «Техническим указаниям по осушению лесных площадей» (1) не рекомендуется осушать болота с бедными торфами, как объекты, отличающиеся слабым лесорастительным эффектом. Однако, при составлении проектов осушения, верховые болота практически невозможно полностью исключить из состава осушаемых объектов, поэтому при осушении низинных и переходных торфяных почв, которые обладают достаточным потенциальным плодородием, неизбежно происходит накопление осушенных площадей с бедными верховыми почвами, отличающимися крайней олиготрофностью. Кроме того, экономическая эффективность не является единственным критерием при назначении болот к осушению. В ряде случаев решающим является эстетическое, санитарно-гигиеническое или иное значение гидролесомелиоративных мероприятий, и тогда верховые болота становятся непосредственно объектами осушения ( в зеленых зонах, лесопарках, при строительстве дорог и т.п.), согласно «Основным положениям по гидролесомелиорации» (2).

Лесоводственная эффективность осушения верховых торфяных почв Карелии без искусственного повышения их плодородия очень низкая, на таких почвах в зависимости от климатических зон ( южная, средняя, северная ) формируются древостои IV – V<sup>a</sup> классов бонитета. Ранее проведенными исследованиями (3) было установлено, что лесоводственная эффективность осушения верховых торфяных почв без применения удобрений при зольности торфа менее 2,5–3,0% в условиях северо-западных областей РСФСР очень низкая, в более суровых климатических условиях (северная и частично средняя подзона тайги) для формирования высокопродуктивных насаждений зольность торфа должна быть не ниже 4% (4). Накопление в республике значительных площадей осушенных верховых торфяных почв с низкобонитетными насаждениями вызвало необходимость разработки системы методов выращивания на таких болотах высокопродуктивных насаждений. Важное место в этой системе должны занимать мероприятия по искусственному повышению плодородия бедных торфяных почв. Вот почему насаждения на бедных верховых почвах являются основным объектом для изучения эффективности применения удобрений.

В Карелии на момент начала исследований имелся лишь небольшой опыт по удобрению лесных культур сосны на осушенных торфяно-болотных почвах (5,6). В качестве объекта исследований, с целью выявления влияния внесения минеральных удобрений на рост и производительность сосновых насаждений на малопродуктивных торфяно-болотных почвах, был выбран сосняк кустарничково-сфагновый на бедной торфяной почве верхово-переходного типа расположенный на территории Киндасовского лесничества Пряжинского лесхоза. Осушение выполнено в 1969 году, расстояние между осушителями 115 метров, глубина каналов в период закладки опытного участка составляла 0,7–0,9 метра. Мощность торфяного слоя на момент заложения опыта составляла 0,6–0,9 метра. Торф подстилают песчаные отложения, местами встречаются уплотненные бурые суглинки. Торфяная залежь неоднородная по составу. Верхний слой до глубины 20 см верховой сфагново-мочажинный со степенью разложения 5%, от 20 до 40 см – сфагново-пушицевый верховой со степенью разложения 35%, а ниже переходный со степенью разложения более 50%. Зольность торфа в корнеобитаемом слое (0–30 см) 2,9–3,3%.

Первичная подкормка минеральными удобрениями была проведена через 10 лет после осушения в июле месяце, когда уровень почвенно-грунтовых вод находился на довольно большом расстоянии от поверхности (30–35 см), что значительно уменьшило вынос питательных веществ с водой в каналы и способствовало закреплению их в корнеобитаемом слое. Удобрения внесены путем равномерного разбрасывания по поверхности, в дозе  $N_{75}P_{100}K_{75}$  по действующему веществу. В качестве азотного удобрения использовалась аммиачная селитра, фосфорного - суперфосфат, калийного – хлористый калий.

Состав древостоя на момент первичной подкормки на опытном участке был 10С ед. Б, береза появилась на кавальерах каналов после осушения. Древостой редкостойный, абсолютно разновозрастный, возраст колебался от 15 до 120 лет, имелись единичные деревья более старшего возраста – 160–200 лет, запас был около 8 м<sup>3</sup>/га. Густота сосны и распределение её по категориям высот на начало опыта приведены в таблице 1. Как видно из таблицы, общая густота древесной растительности по вариантам колебалась от 7,5 до 8,5 тыс. шт. на 1 га, причем около половины древесных растений составлял подрост, появившийся после осушения, высотой около 1 метра. По существу формирование древостоя началось после осушения, т. к. до этого здесь был облесённый окраек болота с низкорослой сосной. Преобладающее количество деревьев имело возраст не более 40 лет.

Травяно-кустарничковый покров на момент внесения удобрений был хорошо развит. После осушения обильно разрослась карликовая береза (Сор2), особенно вблизи каналов, много голубики (Сор1), подбела (Сор1), встречалась кассандра (Sp), багульник (Sp), пушица влагалищная (Sp), клюква (Sp), осока (*Carex globularis*) (Sp), степень проективно-

го покрытия – 70%. Сфагновые мхи занимали почти сплошь всю поверхность почвы (90%), лишь на кочках росли мох Шребери и политрихум стриктум (5%), изредка встречались лишайники.

Т а б л и ц а 1  
Густота древостоя и распределение древесной растительности по категориям высот в сосняке кустарничково-сфагновом

Категории высот, м	Средний возраст, лет	Контроль		N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> R <sub>75</sub>	
		густота, шт/га	%	густота, шт/га	%
0,1–0,5	8	3836	50,6	3753	44,0
0,51–1,0	15	1244	16,5	1974	23,1
1,01–1,5	23	1019	13,5	1307	15,3
1,51–2,0	29	347	4,6	436	5,1
2,01–3,0	42	677	9,0	735	8,6
3,01–5,0	51	297	3,9	100	1,2
5,01–7,0	73	122	1,6	195	2,3
7,01–9,0	112	26	0,3	38	0,4
Всего		7548	100,0	8537	100,0
в т.ч. высотой более 1,5 м		1469		1504	

На данном объекте был организован постоянный мониторинг с целью изучения влияния осушения и внесения минеральных удобрений на ход роста сосны и процесс формирования насаждения.

В течение первых 4 лет после первой подкормки проводились исследования за изменениями происходящими в почве и почвенной микрофлоре. Было установлено, что внесение удобрений оказало положительное влияние на все компоненты болотных экосистем: увеличилась концентрация элементов питания в почвенном растворе в доступных для растений формах, содержание их в хвое сосны и растениях напочвенного покрова. Внесение минеральных удобрений оказывает большое влияние на агрохимические показатели корнеобитаемого слоя верховой почвы (табл. 2). Исследованиями было установлено, что внесение удобрений почти не сказалось на изменении актуальной и обменной кислотности почвы. Наиболее существенное воздействие подкормка оказала на фосфатный фонд почвы, заметно повышая количество доступных фосфатов. На следующий год после внесения удобрений в верхнем 10-сантиметровом слое количество подвижных фосфатов значительно увеличилось – в 5–7 раз. Содержание калия в почве увеличилось незначительно, что объясняется более интенсивным потреблением его растениями при лучшем обеспечении почвы фосфатным питанием. При внесении комплексных минеральных удобрений создается благоприятный пищевой режим для роста растений.

Т а б л и ц а 2  
Влияние удобрений на свойства верховой торфяной почвы

Глубина, см	рН водный										рН солевой									К <sub>2</sub> О, мг/100 г почвы										
	1 год			2 год			3 год			до			1 год			2 год			3 год			до		1 год		2 год		3 год		
	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год	до	год	год
0-15	Годы наблюдений																													
	Контроль																													
	4,1	4,2	4,0	2,6	2,9	2,8	2,8	2,8	10,8	6,7	8,0	8,2	65,3	24,4	58,5	18,1														
15-30	Удобрения																													
	Контроль																													
	4,0	4,0	4,3	2,7	3,0	2,9	2,9	7,8	10,9	5,8	10,4	26,4	5,3	25,8	13,5															
30-40	Удобрения																													
	Контроль																													
	4,3	3,9	4,0	2,8	3,1	3,1	3,1	3,9	8,6	5,3	4,2	4,2	3,5	15,3	9,5															
0-15	Удобрения																													
	Контроль																													
	4,3	4,2	4,0	3,9	2,9	3,1	2,7	9,6	57,0	52,3	37,9	71,1	27,0	61,8	57,9															
15-30	Удобрения																													
	Контроль																													
	4,4	4,3	4,0	4,0	2,9	3,2	2,9	7,3	28,8	5,6	4,9	21,0	16,3	11,4	15,9															
30-40	Удобрения																													
	Контроль																													
	4,1	4,2	4,2	4,6	3,0	3,2	3,0	2,9	5,5	7,8	4,4	3,0	5,3	5,6	6,6	17,2														

За счет более активной трансформации органического вещества повысилась зольность верхнего слоя почвы. Удобрения, при правильном подборе и внесении в требуемых количествах, представляют весьма действенное средство повышения плодородия почвы и соответственно увеличения производительности условий местообитания. Установлено, что минеральные удобрения на торфяных почвах не только восполняют недостаток элементов питания в доступной для растений форме, но и создают условия для ускорения минерализации торфа почвенной микрофлорой (7). Снижение дефицита в минеральном питании после внесения удобрений приводит к увеличению численности большей части микробной биоты. Активизация микрофлоры усиливает процессы накопления аминного азота и разрушения целлюлозы, соответственно белки и углеводы растительных остатков минерализуются быстрее, высвобождающиеся элементы минерального питания вновь включаются в биологический круговорот веществ. К сожалению, после четырех лет по ряду причин, эти исследования были прекращены.

Внесение минеральных удобрений оказало прежде всего большое влияние на изменение ассимиляционного аппарата сосны, что выразилось в увеличении сухого веса 100 пар хвоинок и длины хвои, указанные параметры особенно возросли по сравнению с контролем на второй год после внесения удобрений, хотя в последствии эта разница несколько сократилась, но оставалась достоверной на протяжении 5 лет (табл. 3,4).

Т а б л и ц а   3  
Изменение сухой массы 100 пар хвоинок сосны, г

Вариант опыта	1 год		2 год		3 год		4 год	
	M + m	%ог кон-роля						
Расстояние от канавы 0–25 метров								
Сосна 25–50 – летнего возраста								
Контроль	1.10±0.04	100	1.00±0.05	100	1.92±0.06	100	3.14±0.07	100
Удобрения	1.44±0.04	130	3.36±0.24	336	3.30±0.14	172	3.44±0.07	110
Сосна 60–80 – летнего возраста								
Контроль	1.66±0.03	100	2.18±0.57	100	2.42±0.09	100		
Удобрения	1.90±0.04	114	5.04±0.08	231	3.80±0.24	157		0
Расстояние от канавы 26–57 метров								
Сосна 25–50 – летнего возраста								
Контроль	1.28±0.04	100	1.34±0.05	100	1.78±0.07	100	2.80±0.14	100
Удобрения	1.30±0.02	102	2.74±0.18	204	3.26±0.23	183	3.06±0.10	109
Сосна 60-80 – летнего возраста								
Контроль	1.78±0.02	100	1.74±0.06	100	2.46±0.11	100		
Удобрения	1.80±0.02	101	3.40±0.04	178	3.22±0.12	131		

Т а б л и ц а   4  
Изменение длины хвоя сосны, см

Вариант опыта	1 год		2 год		3 год		4 год	
	M + m	%от кон-троля						
Расстояние от канавы 0–25 метров								
Сосна 25–50 – летнего возраста								
Контроль	2.7±0.04	100	3.3±0.06	100	3.0±0.04	100	4.1±0.05	100
Удобрения	2.8±0.03	104	4.3±0.05	187	4.7±0.06	157	5.0±0.04	122
Сосна 60–80 – летнего возраста								
Контроль	3.0±0.04	100	3.3±0.08	100	3.3±0.04	100		
Удобрения	3.7±0.06	123	6.0±0.11	182	5.2±0.11	158		
Расстояние от канавы 26–57 метров								
Сосна 25–50 – летнего возраста								
Контроль	2.5±0.04	100	2.5±0.05	100	3.3±0.04	100	4.0±0.04	100
Удобрения	2.6±0.02	104	3.5±0.08	140	4.8±0.06	145	4.7±0.05	118
Сосна 60–80 – летнего возраста								
Контроль	2.7±0.03	100	2.8±0.06	100	3.3±0.04	100		
Удобрения	3.0±0.03	111	4.6±0.10	164	4.2±0.06	127		

Увеличение параметров хвои сосны положительно сказалось на изменении роста деревьев в высоту и по диаметру. Прирост в высоту у молодой сосны (20–50 лет) на второй год после проведения подкормки увеличился на 75% и оставался примерно на том же уровне в течение ещё трех лет, затем начал постепенно снижаться и на десятый год выровнялся с приростом сосны в контрольном насаждении (табл.5). Наибольшие значения приростов по диаметру у молодой сосны на удобренном варианте отмечены на второй и третий годы (226–239% к контролю), затем наблюдалось резкое снижение, к седьмому году до 107%. На десятый год прирост на удобренном варианте был равен приросту сосны контрольного варианта (табл.6). В среднем за 10 лет увеличение приростов 20–50-летней сосны под влиянием внесения минеральных удобрений составило : в высоту – 133,1%, по диаметру –136,1% по отношению к контролю.

Максимум увеличения прироста в высоту у сосны старшего поколения (60–80 лет) на удобренном варианте отмечен на второй-третий год (209–206% к контролю), и довольно высоким он оставался ещё на протяжении 4 лет, а затем резко снизился до размеров прироста сосны в контрольном насаждении (см. табл. 5). Примерно такая же картина наблюдалась и с приростом по диаметру (см. табл. 6). В среднем за 10 лет увеличение приростов 60–80 летней сосны составило: в высоту – 143,4 и по диаметру – 130,0% по отношению к контролю.

Т а б л и ц а 5

**Изменение прироста по высоте у сосны разного возраста после  
внесения минеральных удобрений в сосняке кустарничково-сфагновом**

Годы	Прирост по высоте, см.					
	Сосна 20-50 лет			Сосна 60-80 лет		
	Варианты		%	Варианты		%
	Контроль	N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>		Контроль	N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	
<b>Первая подкормка</b>						
1 <sup>ый</sup> год	14,8	16,4	110,8	20,6	22,8	110,7
2 <sup>ой</sup> год	13,4	23,4	174,6	20,6	26,4	128,2
3 <sup>ий</sup> год	19,2	34,8	181,2	17,2	36,0	209,3
4 <sup>ый</sup> год	22,4	41,2	183,9	19,8	40,8	206,1
5 <sup>ый</sup> год	24,6	40,2	163,4	22,8	41,6	182,5
6 <sup>ой</sup> год	25,6	33,2	129,7	28,0	39,4	140,7
7 <sup>ой</sup> год	32,0	35,6	111,2	27,2	40,0	147,1
8 <sup>ой</sup> год	35,8	39,2	109,5	31,0	40,6	131,0
9 <sup>ый</sup> год	31,2	34,6	110,9	28,0	31,6	112,9
10 <sup>ый</sup> год	25,4	26,6	104,7	26,0	26,8	103,1
Среднее	24,4	32,5	133,1	21,9	31,4	143,4
<b>Вторая подкормка</b>						
1 <sup>ый</sup> год	20,2	23,2	114,9	23,4	26,8	114,5
2 <sup>ой</sup> год	21,8	31,4	144,0	25,2	32,6	129,4
3 <sup>ий</sup> год	21,2	30,0	141,5	18,0	31,6	175,6
4 <sup>ый</sup> год	21,0	33,2	158,1	21,6	31,2	144,4
5 <sup>ый</sup> год	21,0	31,0	147,6	20,4	26,2	128,4
6 <sup>ой</sup> год	17,0	29,4	172,9	16,8	27,2	161,9
7 <sup>ой</sup> год	17,6	28,2	160,2	18,4	25,8	140,2
8 <sup>ой</sup> год	18,2	25,0	137,4	19,2	25,0	130,2
9 <sup>ый</sup> год	19,6	30,6	156,1	17,6	25,4	144,3
10 <sup>ый</sup> год	19,8	29,8	152,0	16,8	22,8	135,7
11 <sup>ый</sup> год	20,0	23,4	117,0	17,0	24,4	143,5
Среднее	21,7	31,5	145,0	18,8	27,2	139,4

Подкормка оказало большое влияние и на процесс формирования насаждения. За счет увеличения приростов в высоту и по диаметру подрост молодой сосны на участке с внесением минеральных удобрений достиг пересчетных размеров, густота сосны увеличилась за 10 лет на 2133 шт/га, тогда как в контрольном насаждении на 1106 шт/га. В составе насаждения на удобренном варианте возросло количество березы до 148 шт/га, на контроле её количество значительно меньше – 17 шт/га. За счет проведения подкормки полным минеральным удобрением в сосняке кустарничково-сфагновом дополнительный прирост по запасу за 10 лет составил 14,2 м<sup>3</sup>/га (табл.7.)

Полученные результаты свидетельствовали о том, что на 9 год после внесения минеральных удобрений, прирост по высоте и диаметру сосны

Т а б л и ц а 6

**Изменение приростов по диаметру на высоте груди у сосны  
разного возраста после внесения минеральных удобрений  
в сосняке кустарничково-сфагновом**

Годы	Прирост по диаметру на высоте груди, см.					
	Сосна 20-50 лет			Сосна 60-80 лет		
	Варианты		%	Варианты		%
	Контроль	N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	к контролю	Контроль	N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	к контролю
Первая подкормка						
1 <sup>ый</sup> год	2,26	2,70	119,5	2,81	3,32	118,1
2 <sup>ой</sup> год	2,10	4,75	226,2	2,92	3,92	134,2
3 <sup>ий</sup> год	1,96	4,68	238,8	2,13	3,91	183,6
4 <sup>ый</sup> год	2,94	4,98	169,4	2,70	4,29	158,9
5 <sup>ый</sup> год	3,42	4,34	126,9	3,30	4,30	130,3
6 <sup>ой</sup> год	3,54	4,02	113,6	2,92	3,91	133,9
7 <sup>ой</sup> год	3,08	3,30	107,1	2,69	3,21	119,4
8 <sup>ой</sup> год	2,76	2,90	105,1	2,60	3,00	115,4
9 <sup>ый</sup> год	2,78	2,91	104,7	2,51	2,72	108,4
10 <sup>ый</sup> год	2,38	2,44	102,5	2,41	2,52	104,6
Среднее	2,72	3,70	136,1	2,70	3,51	130,0
Вторая подкормка						
1 <sup>ый</sup> год	2,24	2,74	122,3	2,78	3,14	112,9
2 <sup>ой</sup> год	1,62	2,40	148,1	2,12	2,84	134,0
3 <sup>ий</sup> год	1,24	2,06	166,1	1,78	2,76	155,1
4 <sup>ый</sup> год	1,04	1,66	159,6	1,68	2,28	135,7
5 <sup>ый</sup> год	1,14	1,60	140,4	1,56	1,74	111,5
6 <sup>ой</sup> год	0,84	1,46	183,3	1,46	1,54	105,5
7 <sup>ой</sup> год	1,04	1,54	148,1	1,60	1,86	116,3
8 <sup>ой</sup> год	1,00	1,10	110,0	1,32	1,48	112,1
9 <sup>ый</sup> год	1,00	1,22	122,0	1,20	1,34	111,7
10 <sup>ый</sup> год	1,26	1,36	107,9	1,54	1,62	105,2
11 <sup>ый</sup> год	1,48	1,48	100,0	1,72	1,96	114,0
Среднее	1,39	1,86	134,0	1,71	2,05	120,0

различного возраста на контрольном и удобренном вариантах в сосняке кустарничково-сфагновом на бедной верховой торфяной почве выровнялся. Это совпадает с данными ряда авторов полученных несколько ранее (8,9), что эффект от внесения полных минеральных удобрений прослеживается в течение 7–8 лет. По мнению У. А. Валка (10), влияние полного минерального удобрения на рост деревьев на олиготрофных почвах продолжается 5–7 лет, а по данным В.А. Ипатьева (11), влияние продолжается 8–10 лет.

В связи с прекращением последствий подкормки путем равномерного разбрасывания по поверхности почвы были повторно внесены минеральные удобрения в том же составе и в той же дозе, что и при первичной подкормке, (см. выше).

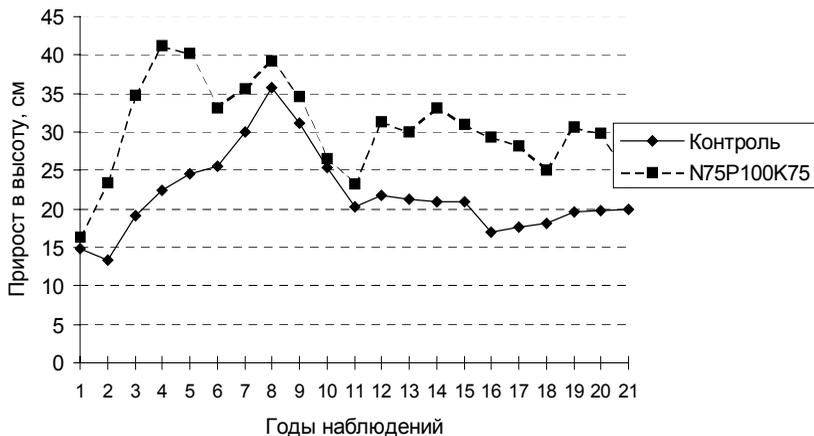
**Изменение таксационной характеристики контрольного и удобренного вариантов  
сосняка кустарничково-сфагнового**

Год	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, шт/га	Полнога		Запас, м <sup>3</sup> /га		Бонитет		Приме- чание
			Д <sub>1,3м</sub> , см	Н, м		абс., м <sup>2</sup> /га	отн.	Расту- щей	Сухосе- той	Общий	Теку- щий	
Контроль												
В год закладки	10С ед.Б	15-120			1469				8,0		Уа	
Через 10 лет	3,3С	40	4,0	3,9	2049	2,6		8,2		Уа	IV	Сухостой 83 шт/га
	2,8С	70	6,7	5,4	326	1,2	0,40	4,4	0,9			
	3,8С	>100	11,0	7,0	200	1,9		7,5				
Через 21 год	0,1Б		5,4	5,7	17	0,0		0,2		Уа	IV	Сухостой 70 шт/га
	4,3С	50	5,1	5,7	2410	4,9	0,58	15,6	0,9			
	2,3С	80	9,1	7,4	309	2,0	0,57	7,5				
	3,4С	>110	12,5	7,6	204	2,5		9,8				
	ед.Б		6,5	7,0	17	0,1		0,3				
Удобрения (N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> )												
В год закладки	10С ед.Б	15-120			1504			8,0		Уа		
Через 10 лет	4,1С	40	4,2	4,7	3129	4,4		13,8		У <sub>5</sub>	II	Сухостой 43 шт/га
	2,0С	70	9,0	7,2	291	1,9	0,58	6,3	1,2			
	3,5С	>100	13,7	8,8	217	3,2		12,8				
Через 21 год	0,4Б		6,0	6,5	148	0,4		1,6		У	II	Сухостой 766 шт/га
	4,8С	50	5,9	7,0	2932	7,8	0,78	30,3	3,4			
	1,9С	80	11,1	9,1	278	2,7	0,78	12,1				
	2,6С	>110	14,9	10,0	200	3,5		16,3				
	0,7Б		8,7	10,5	150	0,8		4,3				

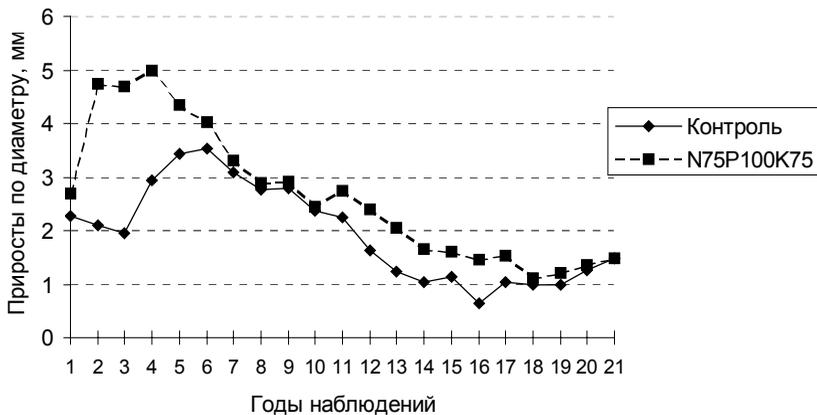
Как уже было сказано ранее, при подкормке минеральными удобрениями прежде всего изменяется ассимиляционный аппарат сосны, что выражается в увеличении сухой массы 100 пар хвоинок, параметров хвои и изменении её окраски. Степень изменений связана с условиями местопроизрастания, интенсивностью осушения и возрастом деревьев. Масса 100 пар хвоинок сосны 30–60-летнего возраста в первые три года после проведения повторной подкормки возросла в 1,2–1,8 раза, а сосны 60–90-летнего возраста всего лишь в 1,02–1,3 раза. Заметны различия и в длине хвои. Уже на 2<sup>ой</sup> год после подкормки длина хвои молодой сосны увеличилась на 70%, а сосны старшего возраста на 32%. К концу 4-го года наблюдений масса 100 пар хвоинок и длина хвои, в независимости от возраста, уменьшилась до размеров контрольного варианта.

Повторное внесение минеральных удобрений оказало большое влияние на развитие кустарничково-травяного яруса. У некоторых видов (голубика, осоки) было отмечено изменение окраски листьев (с бледно-зеленой на темно-зеленую), увеличение массы и проективного покрытия площади занятой этими видами. Фитомасса надземной части кустарничково-травяного яруса на следующий год после подкормки увеличилась на 15%, однако уже через три года наблюдается резкое уменьшение, почти в 2 раза. Уменьшение фитомассы и процента проективного покрытия кустарничково-травяного яруса вызвано не только снижением влияния минеральной подкормки, но и угнетающим влиянием древостоя, за счет увеличения относительной полноты и сомкнутости крон. На рост и развитие сфагнумов минеральная подкормка оказала отрицательное влияние. Внесение минеральных удобрений является токсичным для сфагнумов и в результате этого занятая ими площадь и их масса значительно уменьшились, на 30-40%. Отмечено некоторое увеличение проективного покрытия и массы кукушкиного льна и Плеуроциум Шребери, на 5–10%.

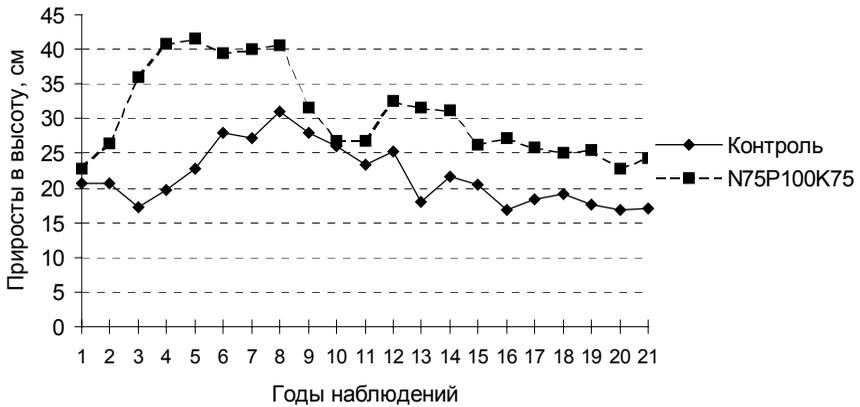
Как показали исследования, выполненные через 10 лет, вторичная подкормка полным минеральным удобрением оказала положительное влияние на рост насаждения. Уже на второй год после подкормки произошло увеличение приростов в высоту и по диаметру у всех деревьев, на 30–50%. Реакция на внесение минеральных удобрений у деревьев разного возраста не равнозначная. У молодой части насаждения (возраст деревьев 20-50 лет) на второй год после подкормки прирост в высоту возрос более чем на 40%, по сравнению с контрольным насаждением, оставался стабильно высоким в течение 10 лет и лишь на одиннадцатый год снизился до 117% (см. табл.5, рис. 1).



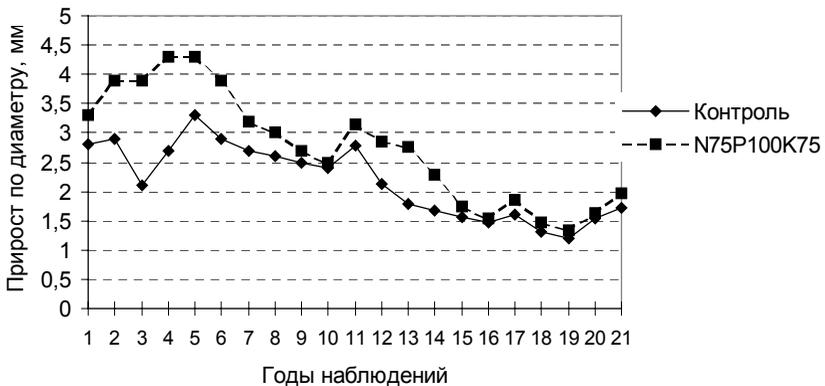
Р и с . 1. Изменение прироста в высоту после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 20–50-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом



Р и с . 2. Изменение прироста по диаметру после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 20–50-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.



Р и с . 3. Изменение прироста в высоту после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 60–90-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.



Р и с . 4. Изменение прироста по диаметру после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 60–90-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.

По диаметру на высоте груди у молодых деревьев сосны значительное увеличение прироста наблюдалось в течение 7 лет, а затем прирост постепенно снижается и на одиннадцатый год выравнивается с приростом на контрольном варианте (см. табл.6, рис.2.) Максимальное увеличение приростов в высоту и по диаметру у молодых деревьев сосны удобренного древостоя отмечено на шестой год после повторного внесения полного минерального удобрения.

У деревьев сосны старшего возраста (60–90 лет) на удобренном варианте максимальный прирост в высоту (175%, по сравнению с контрольным насаждением) зафиксирован на третий год после проведения повторной подкормки, затем он снизился до 140% и оставался на том же уровне и на одиннадцатый год (см. табл.5, рис. 3.). Значительное увеличение прироста по диаметру на высоте груди у деревьев старшего поколения на удобренном участке отмечено лишь первые четыре года после повторной подкормки (133–156%, по сравнению с контролем). Затем наблюдается некоторое его снижение и стабилизация на уровне 105–112% на протяжении всего периода наблюдений, одиннадцати лет (см. табл. 6., рис.4). Срок действия повторной подкормки более 11 лет.

Результаты исследований подтверждают ранее высказанное мнение (12), что расстояние 115 метров между каналами а сосняках кустарничково-сфагновых на бедной олиготрофной торфяной почве в условиях Карелии не обеспечивает необходимой нормы осушения. Прирост по высоте и диаметру на высоте груди, как в контрольном древостое так и на удобренном варианте, за весь период наблюдений (20 лет) в приканальной зоне (0–30 м) значительно выше (на 20–30%), чем посредине межканальной полосы (табл.8). В последние годы отмечено снижение темпов роста деревьев, как в зоне экстенсивного осушения, так и в зоне интенсивного осушения, которое объясняется ухудшением состояния осушительной сети, уменьшением глубины каналов за счет зарастания дна их мхами. Полученные данные позволяют сделать вывод, что в условиях лучшего водного режима наблюдается более сильное влияние внесения минеральных удобрений.

Т а б л и ц а 8  
Среднегодичный прирост в высоту и по диаметру сосны  
20-50 - летнего возраста при разном удалении от канавы

Вариант	Расстояние до канавы, м	Прирост по высоте, см	% к контролю	Прирост по диаметру, мм	% к контролю
Контроль	0–30	22,6	100	1,43	100
N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	0–30	34,1	150,9	2,00	140,0
Контроль	30–57	16,7	100	1,05	100
N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	30–57	23,1	138,3	1,40	133,3

Анализ прироста по высоте, диаметру и объему показал, что молодые деревья сосны, в возрасте 20–50 лет, в сосняке кустарничково-сфагновом интенсивнее реагируют на проведение повторной подкормки полным минеральным удобрением, чем сосна более высокого возраста, 60–80 лет. Среднегодичный прирост по высоте у сосны молодого поколения за период наблюдений на удобренном участке составил 29,2 см, тогда как на контрольном варианте 19,7 см, прирост по диаметру на высоте груди, соответственно, 1,72 и 1,24 мм. У сосны старшего поколения прирост по высоте на опытном варианте был равен 27,5 см, на контроле 19,7 см, прирост по диаметру на высоте груди, соответственно, 2,06 и 1,70 мм (табл. 9)

Как показали проведенные повторные учеты, осушение оказало большое положительное влияние на рост и формирование сосняка кустарничково-сфагнового. Значительно увеличился прирост по высоте и диаметру, особенно у молодой сосны, насаждение после осушения растет по V классу бонитета, до осушения был V<sup>a</sup> класс бонитета. Подрост, имевшийся до осушения и появившийся в первые годы после осушения, в условиях благоприятного водно-воздушного режима достиг пересчетных размеров, густота на контрольном участке продолжает увеличиваться. За последние десять лет густота молодой сосны возросла на 341 штук на 1 га. Общий запас увеличился на 60%, относительная полнота на 0,17 и составляет в настоящее время 0,57 (см. табл.7.).

Т а б л и ц а 9

**Среднегодичный прирост деревьев сосны разного возраста  
в высоту и по диаметру за десять лет после повторной подкормки**

Вариант опыта	Возраст деревьев, лет	Прирост по высоте, см	% к контролю	Прирост по диаметру, мм	% к контролю
Контроль	20–50	19,7	100	1,24	100
N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	20–50	29,2	148,2	1,72	138,3
Контроль	60–80	19,7	100	1,70	100
N <sub>75</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub>	60–80	27,5	139,6	2,06	120,8

На удобренном участке в результате положительного влияния первичной подкормки были созданы оптимальные условия для роста сосны. Густота её, за счет перехода подроста в основной ярус, на момент повторной подкормки была 3785 шт./га, в 1,5 раза больше чем в контрольном варианте. Как показали учеты, проведенные через 10 лет после повторной подкормки, на удобренном участке наблюдался отпад сосны всех поколений, наибольший у молодой сосны, идет процесс естественного самоизреживания, что подтверждается наличием большого количества сухостоя (см. табл.7.) На удобренном варианте к

настоящему времени сформировалось насаждение, в котором доминирующее положение занимает сосна в возрасте 30–60 лет. Относительная полнота составляет 0,78. Сосна молодого поколения растет по II классу бонитета. Проведение повторной подкормки полным минеральным удобрением позволило получить дополнительный прирост по запасу  $1,56 \text{ м}^3/\text{га}$  в год, в основном за счет молодого поколения, тогда как у сосны старшего поколения (возраст > 110 лет), несмотря на положительную реакцию на внесение удобрений, запас мало изменился, что объясняется уменьшением числа стволов.

Лесоводственная эффективность проведения повторной подкормки полным минеральным удобрением в сосняке кустарничково-сфагновом на бедной торфяной почве могла быть значительно выше. В данном случае большое отрицательное влияние оказало резкое ухудшение состояния осушительной сети, вызванное засорением проводящей сети, что привело к сильному зарастанию каналов мхами и подъему уровня почвенно-грунтовых вод. Непременным условием применения минеральных удобрений на осушенных землях является обеспечение достаточной степени осушения. Только создав благоприятный водный режим в почве можно ожидать хорошей реакции древесных растений на подкормку минеральными удобрениями (13). Высокий уровень почвенно-грунтовых вод ослабляет жизнедеятельность корневых систем, препятствует их углублению, а значит, ухудшает условия корневого питания. Кроме того, высокий уровень почвенно-грунтовых вод способствует усилению выноса минеральных удобрений в проводящую сеть, уменьшая их концентрацию в корнеобитаемом слое в доступной для растений форме.

Подкормки, как первичная так и повторная, прежде всего оказывают влияние на ассимиляционный аппарат сосны, что выражается в увеличении массы 100 пар хвоинок и длины хвои. Увеличение параметров хвои на удобренном участке наблюдалось в течении 3–4 лет, затем они уменьшаются до размеров хвои контрольного участка.

В первые два года после подкормки, фитомасса и процент проективного покрытия кустарничково-травяного яруса увеличивается, на 3–4-ый год происходит резкое их уменьшение, как за счет снижения влияния минеральных удобрений, так и угнетающего влияния сформировавшегося древостоя (увеличения относительной полноты и сомкнутости крон полога, изменения условий освещенности и конкуренции за питательные вещества).

Внесение минеральных удобрений и положительная реакция древостоя на подкормку оказывают отрицательное влияние на сфагновые мхи, происходит их отмирание. Образовавшуюся экологическую нишу постепенно занимают зеленые мхи (кукушкин лен, Плеуроциум Шребери), их фитомасса и процент проективного покрытия увеличиваются.

Отзывчивость сосны молодого поколения на внесение минеральных удобрений значительно выше, чем у сосны старшего поколения, что выражается в более высоком приросте по высоте, диаметру и запасу.

За счет улучшения водно-воздушного режима после проведения гидроресомелиоративных работ на месте бывшего облесённого окрайка болота с низкорослой сосной в контрольном варианте, по истечении 30 лет после осушения, формирование насаждения продолжается, густота древостоя увеличивается. На удобренном варианте, за счет создания благоприятного пищевого режима, сформировалось высокополнотное насаждение, идет процесс естественного изреживания.

Срок действия первичной подкормки 9 лет, повторной более 11 лет, дополнительный прирост за 20 лет наблюдений составил 30 м<sup>3</sup>/га.

#### Л и т е р а т у р а

1. Технические указания по осушению лесных площадей. М., 1971. 214с
2. Основные положения по гидроресомелиорации. С.-Петербург, 1995, 60с.
3. *Вомперский С.Э.* Биологические основы эффективности лесосоосушения. М., 1968, 312с.
4. *Пятецкий Г.Е.* Потенциальная лесоводственная производительность болот // Болота и заболоченные земли Карелии. Петрозаводск, 1964, С.114–131.
5. *Ионин И. В.* Эффективность применения удобрений на осушенных землях // опросы комплексного изучения болот. Петрозаводск, 1973, С. 165–173.
6. *Пятецкий Г.Е., Ионин И.В., Жарова Л.П.* Лесохозяйственное освоение осушенных болот. Петрозаводск, 1976, 129с.
7. *Загуральская Л.М., Клейн Л.А.* Изменение микробиологических процессов в торфяной почве переходного типа под влиянием рубок//Научные основы повышения эффективности использования болот Карелии. Петрозаводск, 1982, С. 29–35.
8. *Янишевска З.Я.* Изменение количества питательных веществ в удобренных почвах верховых болот (осушенных)//Торф в лесном хозяйстве. Рига, 1977. С. 45—52.
9. *Морозова Р.М., Медведева В.М., Ионин И.В., Федорец Н.Г., Матюшкин В.А., Кукушкин Е.Н.* Эффективность использования апатит-штаффелитовой руды в лесных насаждениях//Болотные биогеоценозы и их изменения в результате антропогенного воздействия. Л., 1983, С. 115–148.
10. *Валж У.А.* Опыт по удобрению насаждений в Эстонской ССР//Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюз. совещ. Архангельск, 1986. С.5–6.
11. *Ипатьев В.А., Смоляк Л.П., Блинцов И.К.* Ведение лесного хозяйства на осушенных землях. М., 1984, 144с.
12. *Медведева В.М., Матюшкин В.А.* О степени осушения заболоченных лесных земель// Заболоченные лесные земли Северо-Запада СССР и их лесохозяйственное освоение. Петрозаводск, 1981, С. 88–101.
13. *Корчагина М.П., Матюшкин В.А.* Применение минеральных удобрений в сосняках кустарничково-сфагновых на осушенных торфяных почвах//Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюзного сов. Архангельск, 1986, С.152–153.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЯКА ТРАВЯНО-СФАГНОВОГО НА ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

*В.А. Матюшкин, О.Н. Скороходова*

Осушение заболоченных и болотных лесов является первым этапом рационального использования этих площадей. На осушаемых покрытых лесом площадях преобладают главным образом насаждения мало пригодные для их дальнейшего выращивания после проведения гидролесомелиорации. Поэтому без дальнейших лесохозяйственных мероприятий в них не всегда можно получить лесоводственный эффект, соответствующий потенциальному плодородию почв.

Научные основы ведения лесного хозяйства в насаждениях на осушаемых торфяных почвах не разработаны. Работ по этому вопросу мало (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Для эффективного ведения лесного хозяйства на осушенных землях, необходимо накопление данных об изменении роста деревьев, породного состава, полноты, продуктивности древостоев и процессов естественного возобновления после проведения различных лесохозяйственных мероприятий (рубки ухода за составом, рубки переформирования, сплошные рубки, внесение минеральных удобрений), как по отдельности, так и в комплексе, в течении длительного времени, т. к. с увеличением давности проведения мероприятий меняется и ход происходящих преобразований в насаждениях.

Ранее проведенными исследованиями (4, 8, 9, 10) было выявлено, что насаждения сосны на торфяных почвах нуждаются в первую очередь в фосфоре. Это совпадает с давно существующим в Скандинавских странах мнением о том, что недостаток фосфора в торфяных почвах является основным фактором, лимитирующим рост растений (11). Острый дефицит фосфора в торфяно-болотных почвах наряду с большим варьированием и часто недостаточным содержанием азота и калия приводит к несбалансированности элементов питания в древесных растениях. Ликвидировать дисбаланс в элементах питания можно применяя минеральные удобрения. Важную роль при внесении удобрений играет интенсивность осушения торфяных почв, так как при недостаточной степени осушения, из-за сильной обводнённости верхнего горизонта, существенная часть вносимых удобрений растворяется в воде и выносится со стоком в осушительную сеть.

При несбалансированности элементов питания в осушенных торфяно-болотных почвах удаление березы в сосново-лиственных насаждениях ещё больше усугубляет положение, так как почва лишается не только опада, но и корневых выделений, что в значительной мере уменьшает круговорот элементов питания. Поэтому при проведении рубок по уходу за составом, когда вырубаются деревья мягколиственных пород, необходимо для увеличения производительности древостоев внесение минеральных удобрений. Благодаря применению удобрений увеличивается количество элементов питания, находящихся вместе с опадом в биологическом круговороте, а также ускоряется процесс разложения опада.

С целью изучения влияния проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий на рост и продуктивность сосново-лиственных насаждений на осушенных торфяных почвах осенью 1984 года заложен опыт. Было предусмотрено четыре варианта: а) контроль – непройденный рубкой древостой; б) рубка – изреженный древостой; в) удобрения – непройденный рубкой древостой с внесением удобрений; г) рубка + удобрения – изреженный древостой с внесением удобрений. Варианты опыта расположены на одной межканавной полосе в пределах выдела и исходно имели близкую таксационную характеристику (табл.1). Для проведения исследований был выбран сосняк травяно – сфагновый, произрастающий по определению Р.М. Морозовой (12), на торфяной низинной обедненной почве подстилаемой глиной, осушенный в 1972 году, с расстоянием между каналами 72 метра. Мощность торфа на момент закладки опыта составляла 1,2 м. Удобрения внесены 4 июня 1985 года в дозе  $N_{75}P_{125}K_{75}$  по действующему веществу. В качестве азотного удобрения использован карбамид, фосфорного – двойной суперфосфат, калийного – хлористый калий.

При рубках была выбрана вся береза и частично очень старая сосна (150–200 лет), что составило по числу стволов 50%, по запасу – 42%. Для наблюдений за появлением и ходом роста подроста, были заложены учетные ленты шириной 4 метра на расстоянии 10 метров от осушителей и посередине межканавной полосы. В течение первых шести лет велись наблюдения за изменением уровня почвенно-грунтовых вод и температурой почвы. Измерения уровня почвенно-грунтовых вод производились по створам скважин расположенным по середине каждого варианта на удалении 5, 10, 20 и 36 метров от осушителей. Наблюдения за температурой почвы в слое 5–20 см проводились по Савиновским, а на поверхности почвы по максимальным, минимальным и срочным термометрам, установленным посередине межканавной полосы. Уровень почвенно-грунтовых вод и температура почвы измерялись с мая по октябрь месяцы включительно, два раза в неделю.

Т а б л и ц а 1  
Таксационная характеристика сосняков травяно-сфагновых по вариантам опыта,

Вариант	Год	Породный состав и возрастная структура древостоя	Средние		Густота шт./га	Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га	Общий	Текущий
			Н, м	Д <sub>г3м6</sub> , см		абс, м <sup>2</sup> /га	отн,			
Контроль	1984	1,9С <sub>62</sub> ,2С <sub>95</sub> 1,3С <sub>125</sub> 3,9Б <sub>60</sub> ед.Е	12,2	12,8	1518	17,4	0,73	98,9	У	У
	1990	1,6С <sub>70</sub> 2,7С <sub>100</sub> 1,2С <sub>130</sub> 4,5Б <sub>65</sub> ед.Е	12,7	14,3	1826	24,5	1,08	145,3	IV.5	IV
	2000	1,4С <sub>80</sub> 2,5С <sub>110</sub> 1,1С <sub>140</sub> 4,9Б <sub>75</sub> 0,1Е <sub>25</sub>	13,8	16,2	1518	27,7	1,18	172,8	IV	III
Рубка	1984	1,9С <sub>65</sub> 3,0С <sub>95</sub> 1,4С <sub>125</sub> 3,7Б <sub>60</sub> *	11,8	13,0	1655	17,5	0,73	103,2	У	У
		3,0С <sub>65</sub> 4,9С <sub>95</sub> 2,1С <sub>125</sub>	12,7	14,4	883	10,9	0,37	60,3	У	У
	1990	2,9С <sub>70</sub> 5,0С <sub>100</sub> 1,2С <sub>130</sub> ед.Б <sub>20</sub> ед.Е <sub>25</sub>	13,4	17,8	974	17,0	0,58	89,7	IV.5	IV
Удобрения	2000	2,6С <sub>80</sub> 4,8С <sub>110</sub> 1,2С <sub>140</sub> 0,3Б <sub>20</sub> 0,2Е <sub>25</sub>	14,5	19,7	1129	20,1	0,70	118,9	IV	III
	1984	1,9С <sub>62</sub> 4С <sub>95</sub> 1,8С <sub>125</sub> 3,9Б <sub>60</sub>	12,4	14,4	1525	18,4	0,78	106,2	У	У
	1990	2,1С <sub>70</sub> 2,2С <sub>100</sub> 1,4С <sub>130</sub> 4,3Б <sub>65</sub> ед.Е	13,5	15,0	1698	24,0	0,99	146,9	IV.5	III
Рубка + Удобрения	2000	1,7С <sub>80</sub> 2,5С <sub>110</sub> 1,2С <sub>140</sub> 4,5Б <sub>75</sub> 0,1Е <sub>25</sub>	14,4	17,9	1513	29,9	1,21	190,5	IV	II
	1984	1,9С <sub>62</sub> 2,2С <sub>95</sub> 1,9С <sub>125</sub> 4,0Б <sub>60</sub> *	12,0	13,6	1639	18,1	0,80	103,4	У	У
		3,2С <sub>65</sub> 3,8С <sub>95</sub> 3,0С <sub>125</sub>	12,8	15,3	830	10,4	0,38	58,6	У	У
Удобрения	1990	3,3С <sub>70</sub> 4,0С <sub>100</sub> 2,2С <sub>130</sub> ед.Б <sub>20</sub> ед.Е <sub>25</sub>	14,1	18,3	902	16,0	0,52	93,6	IV.5	III
	2000	3,4С <sub>80</sub> 4,0С <sub>102</sub> 2,2С <sub>140</sub> ед.Б <sub>20</sub> 0,4Е <sub>25</sub>	14,4	19,3	1083	23,0	0,79	136,4	IV	1,5

Примечание: \* - в числителе - до рубки, в знаменателе - после рубки.

Через 2 года, 5 и 15 лет после закладки опыта были выполнены учеты фитомассы напочвенного покрова. Для этого, на каждом варианте опыта производились в указанные годы, в период массового разрастания основных видов травяно-кустарничкового яруса укосы на площадках размером 0,25 м<sup>2</sup> в количестве 40 штук, с разборкой растений по видам и отбором образцов на влажность.

В течение первых трех лет и на пятнадцатый год отбирались образцы хвои сосны по вариантам по каждой возрастной группе для определения изменения её параметров и весовых характеристик под влиянием проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий.

Раз в пять лет выполнялись повторные таксационные работы, согласно общепринятой методике, с дополнениями к изменению условия после осушения. В 2000 году были отобраны модельные деревья по породам, а для сосны и по возрастным группам, с целью определения приростов по высоте, диаметру и объему, кроме этого у сосны отбирались керны для уточнения приростов по радиусу, на каждом варианте по возрастным группам. Также в 2000 году было проведено определение фитомассы надземной части фитоценозов на всех опытных участках, согласно общепринятых методик (13, 14).

Интенсивное изреживание насаждения оказало заметное влияние на уровень почвенно-грунтовых вод и температурный режим торфяных почв на опытных участках. Годы наблюдений отличались по метеорологическим условиям, дождливыми были 1982, 1984, 1986, 1987, 1988, 1990 годы – количество осадков превысило среднее многолетнее на 20–60%. Остальные годы были относительно сухими. Среднемесячные температуры воздуха были ниже средних многолетних, исключение 1988 год. Разница в уровнях воды была заметна между вариантами, особенно в первые три года. Уровень воды в изреженных насаждениях посредине межканавной полосы находился на 3–8 см выше к поверхности, чем в насаждениях непройденных рубкой, а в 10 метрах от осушителя эти различия были ещё существеннее (табл.2). Это объясняется уменьшением транспирации, связанное с полной вырубкой березы. Известно, что интенсивность транспирации в течение всего вегетационного периода у березы в 1,5–2,0 раза выше, чем у сосны обыкновенной (15, 16). В последующие годы разница в уровнях воды по вариантам нивелируется, так как развитие мощного напочвенного покрова в изреженных насаждениях значительно увеличивает расход воды на транспирацию, интенсивность транспирации растениями напочвенного покрова, особенно травянистой растительностью, в несколько раз выше, чем древесными породами. На вариантах с внесением минеральных удобрений уже через 8 лет после проведения мероприятия

наблюдался эффект «биологической мелиорации», когда за счет увеличения массы листьев, хвои и растений напочвенного покрова интенсивность транспирации увеличивается и уровень почвенно-грунтовых вод опускается ниже на 2–5 см по сравнению с аналогичными неудобренными вариантами.

Т а б л и ц а 2  
Среднемесячный уровень почвенно-грунтовых вод  
в осушенном травяно-сфагновом сосняке по вариантам, см

Варианты	Год наблюдений	Месяц						Средне-летний уровень
		25,05	V	VI	VII	VIII	IX	
Контроль	1983	14,0	11,2	35,7	59,2	72,9	67,2	51,9
	1984	12,0	11,9	38,2	52,7	64,7	56,6	41,9
	1985	14,0	9,7	19,0	26,5	49,2	46,2	33,3
	1986	13,0	10,0	22,1	46,9	46,2	18,9	29,5
	1987	9,0	6,5	13,0	25,0	15,6	9,6	16,5
	1988	9,0	5,8	21,0	37,3	16,6	11,3	20,1
	1989	27,0	19,4	44,1	64,8	72,2	62,2	48,3
	1990	15,0	12,0	17,5	38,8	29,5	26,5	27,3
Рубка	1983	14,0	12,4	29,3	40,0	51,6	45,8	37,4
	1984	11,0	13,3	29,3	35,8	46,1	39,0	30,6
	1985	13,0	8,8	17,3	23,3	40,2	39,0	29,4
	1986	13,0	9,2	19,9	37,5	35,1	13,5	24,0
	1987	8,0	5,0	11,4	23,1	13,0	9,1	14,6
	1988	5,0	3,8	19,2	29,8	13,6	12,0	17,6
	1989	30,0	21,7	44,1	65,0	76,0	54,4	47,2
	1990	17,0	13,0	16,5	36,5	29,0	25,5	25,4
Удобрения	1985	18,0	16,0	27,7	37,5	56,7	53,6	36,4
	1986	19,0	16,8	33,8	54,7	55,4	28,3	38,7
	1987	17,0	16,7	15,9	36,0	25,2	16,1	27,1
	1988	19,0	12,3	31,7	47,9	23,0	20,8	30,8
	1989	47,0	38,7	57,9	75,2	83,8	72,7	60,0
	1990	16,0	21,2	29,2	50,3	39,2	39,0	38,7
Рубка + удобрения	1985	18,0	16,0	27,7	37,5	56,7	53,6	36,4
	1986	19,0	16,8	33,8	54,7	55,4	28,3	38,7
	1987	17,0	16,7	15,9	36,0	25,2	16,1	27,1
	1988	19,0	12,3	31,7	47,9	23,0	20,8	30,8
	1989	47,0	38,7	57,9	75,2	83,8	72,7	60,0
	1990	16,0	21,2	29,2	50,3	39,2	39,0	38,7

Анализ среднемесячных данных по температуре верхнего 20-сантиметрового слоя торфа показал, что в течение 3 лет температура почвы за вегетационный период в изреженных насаждениях была выше на 0,5°–0,9° градуса, чем в насаждениях непройденных рубками (табл.3).

Среднемесячные температуры торфяной почвы в осушенном травяно-сфагновом сосняке по вариантам: контроль (К), рубка (Р), удобрения (Уд.), рубка+удобрения (Р.+Уд.)

Ме- сяц	Глубина, см															
	5				10				15				20			
	К.	Р.	Уд.	Р.+Уд.	К.	Р.	Уд.	Р.+Уд.	К.	Р.	Уд.	Р.+Уд.	К.	Р.	Уд.	Р.+Уд.
1985 год																
V	6,4	6,6	6,2	6,5	4,8	5,1	4,7	4,9	4,5	4,9	4,5	4,9	3,8	4,2	3,7	4,0
VI	10,9	11,7	9,2	10,0	9,5	11,0	8,7	10,0	8,9	9,8	7,0	8,3	8,0	9,2	6,7	7,8
VII	12,3	12,6	11,7	12,5	11,2	12,3	10,4	12,4	10,9	11,3	10,2	11,0	10,3	11,1	9,6	10,6
VIII	13,9	15,3	13,5	14,2	13,3	14,3	12,7	13,9	12,9	13,4	12,3	13,9	12,3	13,3	11,9	12,8
IX	8,7	8,4	9,0	8,3	9,6	9,2	9,0	9,3	9,7	9,4	9,1	9,6	9,5	9,5	9,0	10,4
Сред- нее	11,0	11,8	11,4	11,9	10,3	11,4	10,6	11,7	10,1	10,6	10,3	11,0	9,4	10,3	9,9	10,9
1989 год																
V	6,8	6,5	6,4	6,2	6,6	6,5	6,5	6,3	6,9	6,3	6,5	5,9	6,2	5,6	6,3	5,9
VI	12,0	12,0	11,7	12,0	11,7	11,6	11,6	11,7	11,3	11,1	11,3	11,0	10,7	10,4	11,0	10,7
VII	13,6	13,5	13,9	13,6	13,4	13,4	13,2	13,5	13,2	13,2	13,1	13,2	13,0	12,6	13,0	13,0
VIII	12,6	12,4	12,0	12,4	12,4	12,3	12,1	12,7	12,5	12,6	12,1	12,5	12,0	12,2	12,2	12,5
IX	9,4	8,9	8,8	9,0	9,2	9,2	9,0	9,4	9,1	9,4	9,0	9,4	9,3	9,1	9,3	9,5
Сред- нее	10,4	10,1	9,9	10,1	10,1	10,0	10,0	10,1	9,8	9,9	9,9	9,8	9,7	9,7	9,8	9,7

Наибольшая разница в прогревании почвы по вариантам наблюдалась в мае-июне месяце. Лучше всего прогревался верхний слой торфяной почвы в июле-августе месяце. Амплитуда колебаний температуры почвы на одной и той же глубине в течение летних месяцев и по годам сравнительно небольшая. Более резко изменялась температура воздуха у поверхности почвы, даже в течение июля-августа перепады в срочной температуре достигали  $10^{\circ}$ – $15^{\circ}$ . Наибольшие абсолютные значения максимальных и минимальных температур наблюдались в изреженных насаждениях. Количество заморозков с температурой  $0^{\circ}$  и ниже на поверхности почвы за май-сентябрь месяцы в изреженных насаждениях в первые 3 года отмечено в 1,5 раза больше и минимальные значения были на  $2,5$ – $4^{\circ}$  ниже, чем в насаждениях непройденных рубками. На удобренных вариантах отмечено понижение температуры верхнего горизонта почвы на  $0,2^{\circ}$ – $0,5^{\circ}$  градуса, по сравнению с неудобренными. Это связано с изменением уровня почвенно-грунтовых вод под влиянием проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий. Ранее проведенными исследованиями (17, 18) было выявлено, что при более высоком уровне почвенно-грунтовых вод, торфяные почвы прогреваются быстрее и лучше, при понижении уровня почвенно-грунтовых вод прогревание происходит медленнее и температура верхнего горизонта торфа в течение всего вегетационного периода ниже. По мере увеличения густоты изреженных насаждений, сомкнутости верхнего полога, появления и формирования подроста и подлеска, а также развития мощного напочвенного покрова различия в температурном режиме почв между опытными вариантами нивелируются.

Для баланса питательных веществ и их круговорота немаловажное значение имеют изменения жизнедеятельности микроорганизмов и биологических процессов в корневой системе, вызванные применением удобрений. Микроорганизмы относятся к быстрореагирующим компонентам экосистемы и являются чутким индикатором изменения микропроцессов. Л. М. Загуральской (19) в течение первых трех лет были проведены исследования по оценке экологических последствий проведения комплекса лесохозяйственных мероприятия на почвенную биоту. Были изучены: изменение численности, состава биохимической активности основных физиологических групп микроорганизмов. Полное удаление березы привело к значительному увеличению освещенности под пологом леса в  $1,5$ – $1,8$  раза, и запасов влаги за счет ослабления роли древесного полога в задержании осадков и уменьшения транспирации, изменению температурного режима и взаимоотношения компонентов напочвенного покрова. Кроме этого удаление березы

изменяет не только количество опада, но и его компонентный состав. Отсутствие в опаде листьев березы уменьшает его доступность для микроорганизмов и в какой-то мере определяет интенсивность и направленность биохимической трансформации органического вещества. Интенсивная выборка деревьев приводит к снижению численности всех эколого-трофических групп микроорганизмов, за исключением микромицетов. При изреживании древостоя почва лишается не только опада, но и корневых выделений, оказывающих позитивное влияние на микронаселение. Поэтому при проведении различных видов лесохозяйственных мероприятий для увеличения производительности древостоев на торфяных почвах необходимо внесение минеральных удобрений. Снижение дефицита в минеральном питании после внесения удобрений приводит к увеличению численности большей части микробной биоты. В первые годы после внесения действие минеральных удобрений на микрофлору в нетронutom и изреженном древостоях мало различаются, в дальнейшем же оно сильнее проявляется в пройденном рубкой и удобренном насаждении. Активизация микрофлоры усиливает процессы накопления аминного азота и разрушения целлюлозы, соответственно белки и углеводы растительных остатков минерализуются быстрее, высвобождающиеся элементы минерального питания вновь включаются в биологический круговорот веществ.

Осушение сильно изменяет исходные биогеоценозы переувлажненных лесов, понижается уровень почвенно-грунтовых вод, изменяется температурный режим верхнего горизонта почвы, улучшается аэрация в корнеобитаемом слое при увеличении его мощности, происходит более или менее быстрое изменение всех взаимосвязанных почвенных факторов, морфологических и аналитических признаков почвы.

Одним из показателей этих изменений является реакция нижних ярусов фитоценоза: травяно-кустарничкового и мохового. Растительному покрову присуще наиболее быстрое и чуткое реагирование на различного рода изменения экологических факторов в лесных биогеоценозах, подвергшихся антропогенному воздействию при интенсивном хозяйственном использовании участков, в данном случае, после осушения, проведения рубки и внесения минеральных удобрений. Видовой состав напочвенного покрова очень динамичен и его изменение зависит от изменения породного состава, полноты и возраста древостоев.

Живой напочвенный покров является одной из основных составляющих фитоценоза. Видовой состав, высота растений и процент проективного покрытия напочвенного покрова оказывают большое

влияние на появление всходов древесных пород и их рост и развитие в первые годы. Исследованиями установлено (20, 21), что активность поглощения единицей поверхности корней трав в десятки раз выше, чем древесных. Травянистая растительность благодаря активной поглотительной и выделительной деятельности корневых систем значительно обогащает почву подвижными элементами питания. Растения выделяют в окружающую среду до 70–90% от общего количества поглощенных веществ. Опад травянистых растений быстро и полностью разлагается, способствует активизации микробиологических процессов, в результате чего улучшается плодородие почвы. Улучшение почвенного питания оказывает большое влияние на процессы роста древесных пород и тем самым повышает продуктивность насаждений.

К моменту закладки опыта под влиянием осушения (за 12 лет) в напочвенном покрове произошли существенные изменения (22), из состава травяно-кустарничкового яруса почти исчезли представители олиготрофных болот, большинство гигрофильных и гидрофильных видов мезотрофных и эфтрофных болот, оставшиеся представители этой группы имели слабую жизненную форму. Изменение условий водно-воздушного и пищевого режима создало условия для поселения здесь мезотрофных лесных видов травяно-кустарничкового яруса, ранее здесь не встречающихся, таких как: *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Veronica chamaedrys*, *Majanthemum bifolium*, *Solidago virgaurea*. Значительно увеличилось обилие *Rubus arcticus*. Особенно большие изменения произошли в моховом покрове. Значительно сократилось присутствие мхов олиготрофных болот (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. magellanicum*, *Sph. nemoreum*). Усилилось влияние лесных мхов, поселились новые виды (*Polytrichum commune*, *Rhutiadelphus squarrosus*).

Как показали проведенные учеты фитомассы и описания растительности, в осушенном сосняке травяно-сфагновом не затронутом лесохозяйственными мероприятиями по мере увеличения полноты насаждения, сомкнутости крон, доли участия в составе древостоя березы и массы листовного опада, уменьшается процент проективного покрытия и биомасса травяно-кустарничкового и мохового яруса (табл. 4,5). В кустарничковом ярусе лидирующее положение занимает *Vaccinium vitis-idaea*, в травяном *Rubus arcticus* и *Calamagrostis canescens*, в моховом ярусе преобладают *Dicranum*, *Pleurozium Schreberi*. В настоящее время распределение напочвенного покрова на участке носит мозаичный характер, большую часть площади занимает мертвый покров (полуразложившийся листовный опад).

**Изменение видового разнообразия напочвенного покрова в сосняке травяно-сфагновом  
под воздействием проведения различных мероприятий**

Виды	Контроль				Рубка				Удобрения				Рубка+Удобрения					
	1986		1989		2002		1986		1989		2002		1986		1989		2002	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
1																		
	Кустарничково-травяной ярус																	
	<i>Виды олиготрофных болот</i>																	
<i>Chara</i>	10	5		20	30		15	10		15	10		15	10		15	10	
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	10	10	15	30	15	15	10	10		5	10		10	10		10	10	
<i>Oxycoccus palustris</i>	5			5	10		5											
<i>Eriophorum vaginatum</i>	5	10	+		5	10	5	15										
<i>Vaccinium uliginosum</i>				+		10												
<i>Ledum palustre</i>						10												
<i>Andromeda polifolia</i>				+				5										
	<i>Лигрофильные и гидрофильные виды мезотрофных и евтрофных болот</i>																	
<i>Calamagrostis canescens</i>	5	15		10	5		15	+		5	+		30	20		5		
<i>Carex lasiocarpa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+		+		
<i>Comarum palustre</i>	5	+	+	+			5	+						5				
<i>Equisetum fluviatile</i>																		
<i>Naumburgia thyrsiflora</i>	+	+	+	+			+											
<i>Epilobium flustre</i>	+																	
	<i>Мезофильные и мезогидрофильные виды мезотрофных и евтрофных болот</i>																	
<i>Salix myrtilloides</i>	5																	
<i>Carex dioica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+		+		
<i>Dryopteris cristata</i>	+			+	+	+	+	+		+	+		15	+		+		40
<i>Rubus arcticum</i>	20	10	5	20	10	5	15	10		10	10		30	25		5		
<i>Stellaria nemorum</i>																		
<i>Melampyrum silvaticum</i>	+	5		+	5	+	+	5		+	+		+	+		+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Мезотрофные лесные виды</i>												
<i>Смачунок angustifolium</i>	+	10	+	+	+			+	+	5	15	+
<i>Mianthemum bifolium</i>							+		+			
<i>Monesia uniflora</i>	+			+						+		
<i>Pyrola rotundifolia</i>	+			+			5	+				
<i>Solidago virgaurea</i>			+									
<i>Trientalis europaea</i>	5	5	5	+	+	5	+	5	10	5	5	5
<i>Lycopodium annotinum</i>	5	+	5	+		5						
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>									+			+
<i>Rubus idaeus</i>												+
<i>Oxalis acetosella</i>												+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5	+	15			15		5	10	5	10	10
<i>Vaccinium myrtillus</i>	20	16	15	18	13	12	16	17	17	16	13	18
Общее покрытие кустарничково-травяного яруса	80	75	60	85	75	70	75	75	75	100	100	70
Моховой ярус												
<i>Мхи oligотрофных болот</i>												
<i>Sphagnum angustifolium</i>	25	20	15	40	40	35	20	15	+	5	+	+
<i>S. peyogevum</i>	25	15	15	20	20	15	20	15	5	5	5	5
<i>Лесные мхи</i>												
<i>Dicranum polysetum</i>	10	5	10	10	10	10	15	25	30	10	15	35
<i>Hylacomium splendens</i>		+	5			5	+	5	10	10	10	10
<i>Pleurozium schreberi</i>	10	5	10	10	10	10	10	10	10	30	30	10
<i>Polytrichum commune</i>	+	5	10	5	5	10	5	5	5	10	10	10
<i>Rhizidiadelphus squarrosus</i>			+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Mnium cuspidatum</i>	5	+	5	5	5	5	5		5	5	5	10
<i>Rhizidium rugosum</i>			+			+			+		+	+
Общее покрытие мохового яруса	6 75	7 50	9 70	6 90	7 90	9 90	7 75	7 75	9 65	8 75	9 75	9 80

## Фитомасса напочвенного покрова, А, С, В, кг/га

Виды	Контроль			Рубка			Удобрения						Рубка+Удобрения				
	1986	1989	2003	1986	1989	2003	1986	1989	1986	1989	2003	1986	1989	2003	1986	1989	2003
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13				
1																	
	Кустарничковый ярус																
<i>Смеладарне salicifolia</i>	60,6	22,3	9,4	169,2	578,1	50,6	82,0	54,9	18,9			325,1	145,3				
<i>Охососус palustris</i>	25,1	29,8	38,4	169,1	225,1	91,0	57,6	62,1	37,7			63,9	102,0				
<i>Андромеда polifolia</i>	0,6			6,4			2,8	26,5				0,6	0,8				
<i>Carex myrtilloides</i>	13,0							0,5				6,8					
<i>Vaccinium uliginosum</i>	14,3	61,8			21,4	52,3	22,1	98,4									
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	7,3	10,8	317,0			483,4		12,3	288,8			47,6	216,9	267,0			
<i>Vaccinium myrtillus</i>	12,8		21,5			48,4		34,0	73,4					84,7			
<i>Ledum palustre</i>						11,9											
Всего кустарничковый ярус	120,3	138,1	386,3	344,7	824,6	737,5	164,5	288,7	418,8			444,0	465,0	354,4			
	Травяной ярус																
<i>Chamaenerion andustifolium</i>		9,9		1,5								0,8					
<i>Rubus arcticus</i>	57,7	20,2	15,7	70,5	66,9	1,0	30,7	64,1	3,7			26,7	233,8	2,0			
<i>Calamagrostis canescens</i>	8,6	26,9	3,0	45,6	27,3	1,4	20,2	4,6	0,2			167,6	231,9	34,4			
<i>Comarum palustre</i>	4,3	0,7	3,9	2,3			4,7	6,9					40,2				
<i>Trisetalis europaea</i>	6,5	11,0	10,1	1,0	0,9	13,9	3,4	14,7	12,4			6,7	27,3	40,6			
<i>Carex lasiocarpa</i>	0	4,1		1,0	49,8	0,9						0,9	4,9	11,9			
<i>Melampyrum silvaticum</i>	0,4	10,0	3,7	0,4	5,2		0,6	6,9	2,0			0,6	6,0	4,0			
<i>Dryopteris cristata</i>	0,2		19,7		0,2	36,6			120,7			0,6	0,3	203,8			
<i>Eriophorum vaginatum</i>	7,1			7,1	2,8	1,4	2,1					10,8					
<i>Pyrola rotundifolia</i>				0,7				0,8									
<i>Naumburgia thyrsiflora</i>	4,3	4,8		1,2			0,9		0,3								2,8
<i>Lycopodium annotinum</i>	17,6	3,0	10,6	0,3		80,9											
<i>Monesia uniflora</i>	0,2			0,6			1,9					0,4					
<i>Peucedanum palustre</i>	0			0,2													
<i>Epilobium palustre</i>	1,2						0,3					0,2					

продолжение таблицы 5

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I												
<i>Equisetum palustre</i>				2,0								
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>												14,2
<i>Rubus idaeus</i>												4,2
Всего трав	108,1	90,6	67,4	133,7	156,6	136,1	64,8	98,8	139,3	375,3	883,5	328,4
Всего	228,4	228,7	453,7	478,4	981,2	873,6	229,3	387,5	558,1	819,3	1348,5	682,8
Моховой ярус												
Сфагнумы												
<i>Sphagnum angustifolium</i>	126,4	125,2	171,4	601,3	578,7	602,8	64,7	121,6	144,9	10,9	24,4	66,9
<i>Sphagnum nemoreum</i>	184,5	72,3	151,1	267,6	259,9	304,1	71,7	103,4	131,3	19,5	24,3	77,4
Всего сфагнумов	310,9	197,5	322,5	868,9	838,6	906,9	136,4	225,0	276,2	30,4	48,7	144,3
Зеленые мхи												
<i>Dicranum polysetum</i>	27,9	20,4	214,2	90,2	102,4	274,2	83,3	101,3	500,2	91,6	129,1	670,2
<i>Pleurozium Schreberi</i>	87,9	54,4	89,6	180,0	542,5	159,9	130,4	162,5	194,6	108,1	200,2	194,9
<i>Polytrichum commune</i>	3,4		4,9	49,8		128,3	0,1		79,7	2,8		82,9
<i>Aulacomnium palustre</i>	5,1		66,1			27,6	6,9					116,7
<i>Cladonia sylvatica</i>	2,8	24,8	5,4	24,5	65,8	6,6	7,5	28,2		30,1	9,8	7,7
Всего зеленых мхов	127,1	99,6	380,2	344,5	710,7	596,6	228,2	292,0	724,5	232,6	339,1	1072,4
Итого мхов	438,0	297,1	702,7	1213,4	1549,3	1503,5	364,6	517,0	1000,7	263,0	387,8	1216,7
Итого напочвенного покрова	666,4	525,8	1156,4	1691,8	2530,5	2377,1	593,9	904,5	1558,8	1082,3	1736,3	1899,5

Ухудшение водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы, уменьшение конкуренции за элементы питания, изменение условий освещенности в результате вырубki березы оказало большое влияние на развитие напочвенного покрова. На четвертый год после проведения рубки резко увеличилось обилие, проективное покрытие и биомасса кустарничков (см. табл. 4,5), особенно разрослись *Chamaedaphne calyculata* и *Oxycoccus palustris*, чему способствовало поднятие уровня почвенно-грунтовых вод за счет уменьшения транспирации. Биомасса и видовое разнообразие трав за это время изменились незначительно, отмечено некоторое увеличение показателей у *Rubus arcticus* и *Calamagrostis canescens*. Но более всего изменение условий отразилось на развитии мохового яруса, процент проективного покрытия и биомасса как сфагнумов, так и зеленых мхов увеличились почти в три раза. В последующие три года биомасса и процент проективного покрытия трав и кустарничков увеличивается в основном за счет ранее описанных видов. Фитомасса сфагнумов остается на том же уровне, а зеленых мхов увеличивается больше чем в два раза, за счет разрастания *Pleurozium Schreberi*.

К настоящему времени, т.е. за 14 лет, ситуация резко изменилась, проективное покрытие и биомасса *Chamaedaphne calyculata* и *Oxycoccus palustris* уменьшилась в 3–10 раз, обильно разрослись *Vaccinium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*. В моховом покрове преобладают: *Dicranum*, *Pleurozium Schreberi*, общая биомасса мхов увеличилась в 1,5 раза, при этом масса сфагновых мхов не меняется.

Внесение минеральных удобрений улучшает пищевой режим, при этом в первые годы после подкормки условия освещенности и водно-воздушного режима верхнего слоя почвы практически идентичны условиям произрастания контрольного насаждения, что отражается на процессе формирования ярусов напочвенного покрова. Процент проективного покрытия и фитомасса травяно-кустарничкового яруса на удобренном участке и в контрольном насаждении почти равны, при этом отмечено небольшое увеличение роли кустарничков (за счет тех же видов) и уменьшения травянистой растительности (*Rubus arcticum*). Заметно уменьшается обилие и фитомасса сфагновых мхов (в 2,3 раза), за счет вымирания некоторых видов, и увеличение (в 1,8 раза) процента проективного покрытия и фитомассы зеленых мхов (в основном за счет *Pleurozium Schreberi*). В последующие три года на удобренном участке разрастаются *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium vitis-idaea* появляется *Vaccinium myrtillus*, фитомасса кустарничков увеличивается. Наблюдается небольшое увеличение массы трав, за счет *Rubus arcticum* и *Trientalis europaea*. Несколько увеличивается масса сфагнумов и зеленых мхов.

За последние 14 лет и на этом варианте в напочвенном покрове произошли существенные изменения. В кустарничковом ярусе преобладают *Vaccin-*

*ium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*, участие *Chamaedaphne calyculata* и *Охуссоцус palustris* сократилось в 2–3 раза. В травяном покрове лидирующее положение занял *Dryopteris cristata*, Биомасса травяно-кустарничкового яруса, за это время, увеличилась в 2,5 раза. В моховом покрове преобладают *Dicranum* и *Pleurozium Schreberi*, несколько увеличилась масса сфагнумов, в целом же биомасса мохового яруса увеличилась в 2,5 раза (см. табл. 4,5).

Наиболее существенные изменения условий местопроизрастания в осушенном сосняке травяно-сфагновом происходят при проведении комплекса лесохозяйственных мероприятий (рубка и внесение минеральных удобрений), что оказывает влияние на процесс формирования напочвенного покрова. Уже на второй год после проведения мероприятий наблюдается бурное разрастание светолюбивых растений, таких как: *Chamaedaphne calyculata*, *Rubus arcticum*, *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis canescens*, *Trientalis europaea*, *Carex viganata*, *C. pallescens*. Появляются виды требовательные к богатству почв *Chamaenerion angustifolium*, *Athyrium filix-femina*. Биомасса травяно-кустарничкового яруса увеличивается по сравнению с контролем в 3,6 раза. Тогда как проективное покрытие и фитомасса сфагнумов сокращается более чем в 10 раз, сказывается угнетающее влияние внесения минеральных удобрений, а зеленых мхов увеличивается в два раза.

В последующие годы отмечена смена лидеров в кустарничковом ярусе, полностью исчезли *Chamaedaphne calyculata* и *Охуссоцус palustris*, обильно разрослись *Vaccinium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*, биомасса несколько уменьшилась.

В травяном покрове в течении 7 лет наблюдалось разрастание *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus arcticum*, *Calamagrostis canescens*. Как показал последний учет, по мере увеличения густоты, высоты и сомкнутости подроста, состоящего из березы и подлеска, из крушины и ивы ( за время наблюдений в 5<sup>м</sup>6 раз), ухудшения условий освещения проективное покрытие *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus arcticum*, *Calamagrostis canescens* уменьшилось в 5<sup>м</sup>6 раз, а их биомасса в 8–30 раз. В травяном покрове преобладают: *Dryopteris cristata* и *Trientalis europaea*. Масса трав уменьшилась в 2,7 раза.

В моховом покрове тоже произошли большие изменения, несколько увеличилась биомасса сфагновых мхов, но по сравнению с контролем она всеравно остается меньше в 2,2 раза, наблюдается обильное разрастание *Dicranum*, *Pleurozium Schreberi* и гипновых мхов. В целом за время наблюдений масса мхов увеличилась в 4,6 раза, а биомасса напочвенного покрова в 1,8 раза (см. табл. 4,5).

На момент закладки опыта под пологом сосняка травяно-сфагнового насчитывалось подрост сосны от 2,5 до 4,6 тыс. шт/га высотой около метра, в том числе появившегося после осушения от 1,4 до 2,7 тыс. шт/га (табл. 6). Подрост ели появился после осушения, его количество составляло 380–630 шт/га, высотой 0,3 метра. Больше всего под пологом было подрост березы, от 4,1 до

6,4 тыс. шт/га. Проведение мероприятий оказало существенное влияние на количество и состояние подроста. В настоящее время под пологом насаждениях во всех вариантах опыта практически отсутствует подрост сосны (табл. 7). На вариантах где были проведены рубки он частично перешел в состав верхнего полога, в основном это подрост появившийся после осушения, а подрост старшего поколения, имевшийся под пологом на момент осушения, погиб из-за резкого изменения светового режима после выборки всей березы. В насаждениях непройденных рубкой, по мере увеличения полноты древостоев, сомкнутости крон и ухудшения условий освещенности и питания, подрост всех поколений погиб. Хотя, как показали промежуточные учеты, в семенные годы под пологом появлялось большое количество самосева сосны (до 10–15 тыс. шт/га), но через год-два он погибал. Отсутствие соснового подроста, появившегося после рубки, в насаждениях пройденных рубкой, можно объяснить появлением мощного напочвенного покрова, разившегося сразу же после проведения рубки.

**Т а б л и ц а 6**  
**Густота и средняя высота подроста в сосняке травяно-сфагновом в год закладки опыта, шт/га**

Вариант опыта	Сосна			Ель			Береза
	до осушения	после осушения	Всего	до осушения	после осушения	Всего	Всего
Контроль	925	1375	2300	10	375	385	6450
Рубка	1310	2400	3710	45	330	375	4090
Удобрения	1925	2710	4635	35	635	670	5925
Рубка+ удобрения	1310	1900	3210	30	380	410	5205

**Т а б л и ц а 7**  
**Густота и средняя высота подроста в сосняке травяно-сфагновом через 16 лет**

Вариант опыта	Сосна			Ель				Береза
	до 16 лет	17–28 лет	Всего	до 16 лет	17–28 лет	>28 лет	Всего	Всего
Контроль	$\frac{1350}{0,15}$ *	$\frac{20}{5,4}$	$\frac{1370}{0,25}$	$\frac{580}{0,3}$	$\frac{420}{1,9}$	$\frac{8}{2,5}$	$\frac{1020}{1,0}$	$\frac{3260}{1,1}$
Рубка	$\frac{70}{0,4}$	$\frac{35}{4,4}$	$\frac{105}{1,6}$	$\frac{320}{1,2}$	$\frac{160}{3,2}$	$\frac{35}{2,5}$	$\frac{515}{1,8}$	$\frac{18930}{2,1}$
Удобрения	$\frac{150}{0,3}$		$\frac{150}{0,3}$	$\frac{450}{0,9}$	$\frac{545}{2,3}$	$\frac{30}{2,5}$	$\frac{1025}{1,6}$	$\frac{3400}{1,5}$
Рубка+ удобрения		$\frac{5}{3,5}$	$\frac{5}{3,5}$	$\frac{250}{1,0}$	$\frac{160}{3,2}$		$\frac{415}{1,8}$	$\frac{22950}{1,4}$

в числителе – количество, шт/га;

в знаменателе – средняя высота в метрах.

За прошедшие 16 лет под пологом древостоев появилось от 300 до 600 шт/га подроста ели, причем количество её на вариантах непройденных рубкой почти в два раза больше чем в изреженных насаждениях. Средняя высота её в настоящий момент на контроле составляет 0,3 метра, на остальных вариантах около метра. Разницу в высотах ели между вариантами можно объяснить конкуренцией за питание. Часть подроста ели, имевшегося под пологом древостоя на момент проведения мероприятий, благодаря улучшению светового и пищевого режимов, достигла пересчетных размеров и перешла в состав верхнего полога, остальная перейдет в ближайшие 5–10 лет. Количество подроста березы под пологом нетронутых насаждений сократилось, он частично погиб не выдержав конкуренции за питание и свет, а на вариантах с проведением рубок густота подроста возросла в 3–4 раза, за счет улучшения светового режима и условий питания (см. табл. 6,7)

Под пологом насаждения в год закладки опыта имелось большое количество мелкого подлеска (крушина, ива), высотой 0,5–0,7 метра (табл.8). По мере увеличения сомкнуто с рубками наблюдался большой отпад растений подлеска и к настоящему времени его количество сократилось в 1,5–2,0 раза, он находится в угнетенном состоянии. В изреженном древостое количество растений подлеска увеличилось в 1,5 раза, а его средняя высота 2,0–2,2 метра. В удобренном изреженном насаждении количество растений подлеска увеличилось в 3 раза, а его средняя высота составляет 2,0–2,6 метра. Формирование в изреженных насаждениях, сразу же после проведения рубок мощного густого подлеска и яруса березового подроста оказало негативное влияние на появление самосева сосны и рост соснового подроста, сохранившегося после рубки, и создало благоприятные условия для роста елового подроста, состояние его хорошее.

Т а б л и ц а 8  
Густота и средняя высота подлеска

Вариант опыта	В год закладки			Через 16 лет		
	Крушина	Ива	Рябина	Крушина	Ива	Рябина
Контроль	<u>1250</u> 0,7	<u>280</u> 0,6	<u>40</u> 0,3	<u>860</u> 1,0	<u>85</u> 0,7	<u>80</u> 1,0
Рубка	<u>1370</u> 0,6	<u>320</u> 0,5		<u>2030</u> 2,0	<u>570</u> 2,2	
Удобрения	<u>1320</u> 0,7	<u>210</u> 0,5	<u>40</u> 0,5	<u>1180</u> 1,0	<u>15</u> 0,8	<u>50</u> 1,7
Рубка + удобрения	<u>1460</u> 0,6	<u>260</u> 0,5		<u>5000</u> 2,9	<u>350</u> 2,6	

Исследованиями было установлено, что на проведение любых лесохозяйственных мероприятий, будь то рубка или внесение минеральных удобрений, или комплекс мероприятий, в первую очередь реагирует ассимиляционный аппарат сосны. Степень реакции зависит от вида проведенного мероприятия и возраста деревьев, при равных почвенных условиях. В первые три года после вырубki березы у сосны старшего поколения наблюдалось уменьшение длины и массы 100 пар хвоинок. В последующем морфологические параметры хвои сосны старшего поколения в изреженном древостое постепенно увеличиваются, и как показали измерения, на 15 год после проведения рубки они на 10–15% больше, чем у сосны в насаждении непройденном рубкой (табл. 9). Морфологические параметры сосны молодого поколения на варианте с полной выборкой березы увеличиваются уже на второй год на 8–10% и эта разница сохраняется и через пятнадцать лет. Внесение минеральных удобрений в неизреженном насаждении привело к повышению морфологических характеристик фотосинтетического аппарата сосны всех поколений уже в первые годы на 10–19%, в сравнении с контролем, а комплексное воздействие рубок и удобрений увеличило параметры сосны более существенно – на 20–44%. Реакция деревьев молодого поколения сосны на проведение лесохозяйственных мероприятий значительнее, чем у деревьев старшего возраста.

Т а б л и ц а 9

**Изменение морфологических параметров хвои сосны в связи с проведением комплекса лесохозяйственных мероприятий осушенном сосняке травяно-сфагновом**

Вариант опыта	до проведения опыта		через 3 года		через 15 лет	
	Длина хвои, см	Масса 100 пар хвоинок, г	Длина хвои, см	Масса 100 пар хвоинок, г	Длина хвои, см	Масса 100 пар хвоинок, г
<i>Деревья в возрасте 50-80 лет</i>						
Контроль	5,64	5,90	5,09	3,68	5,09	4,46
Рубка	5,81	5,91	5,09	4,05	5,33	4,82
Удобрения	5,84	5,74	6,06	3,99	6,49	5,26
Рубка + удобрения	5,64	5,99	6,27	5,28	6,53	5,28
<i>Деревья в возрасте 90-130 лет</i>						
Контроль	6,03	7,63	5,39	4,60	5,44	4,06
Рубка	5,98	6,84	5,14	3,88	6,16	4,70
Удобрения	5,96	7,31	6,46	5,42	5,93	4,32
Рубка + удобрения	5,60	6,71	6,49	5,97	6,28	4,90

Замеры морфологических параметров хвои сосны выполненные через 15 лет показали, что в настоящее время они выше на опытных участках, чем в контрольном насаждении. Разница зависит от возраста деревьев и вида проведенного мероприятия, но больше всего в изреженном древостое с внесением минеральных удобрений, что позволяет сделать вывод, срок действия внесения минеральных удобрений в осушенном сосняке травяно-сфагновом пройденном рубкой, произрастающем на обедненной низинной торфяной почве, больше 15 лет.

Изменение светового режима, почвенных условия, параметров фотосинтетического аппарата после проведения рубок и внесения минеральных удобрений оказало влияние на прирост деревьев в высоту, по диаметру и объему. Причем, значение проведенных лесохозяйственных мероприятий не равнозначно и зависит от породы деревьев, а также возраста их на момент опыта. Изучение хода роста модельных деревьев показало, что сосна на всем опытном участке до проведения лесохозяйственных мероприятии росла в одинаковых условиях, в приростах по высоте и диаметру у сосны одинакового возраста, как за период до осушения, так и после его проведения различий почти нет (табл. 10). Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что полная вырубка березы не оказывает существенного влияния на прирост сосны в высоту. Увеличение приростов в высоту у сосны всех поколений за весь период наблюдений, по сравнению с контролем, незначительное (см. табл. 10). У сосны младшего поколения (до 80 лет) в первые пять лет после рубки отмечено даже уменьшение приростов в высоту, что можно объяснить резким изменением светового режима и ей потребовалось время для перестройки ассимиляционного аппарата, затем они несколько увеличились. На снижение приростов у сосны подчиненного полога в первые годы после рубки обратили внимание и другие исследователи (23, 24).

Внесение минеральных удобрений оказало положительное влияние на приросты сосны в высоту, особенно у сосны в возрасте 90–130 лет. В целом за весь период наблюдений, при проведении данного мероприятия, прирост сосны младшего поколения (до 80 лет) увеличился на 8,6%, а сосны в возрасте 90–130 лет – на 14,3% (см. табл. 10). Максимум приростов сосны всех возрастов в высоту на варианте с внесением минеральных удобрений наблюдался в первое пятилетие после проведения мероприятия. Это можно объяснить тем, что береза, произрастающая в большом количестве, перехватывает основную массу вносимых элементов питания и они выбывают из биологического круговорота питательных элементов. Ранее проведенными исследованиями (16, 20) было установлено, что интенсивность транспирации в течение

ние всего вегетационного сезона у березы в 1,5–2,0 раза выше, чем у сосны и характеризуется большой интенсивностью поглощения элементов питания из почвы. Береза может быть опасным конкурентом в соревновании за пищевые ресурсы среды, она при равном участии в составе (5Б5С) в 12,8 раза активнее поглощала меченный фосфор. Так же было установлено, что береза на протяжении всего вегетационного периода накапливает значительно больше N, P, Ca и K, чем сосна. На производство одного килограмма биомассы береза затрачивает питательных веществ почти в два раза больше, чем сосна.

**Т а б л и ц а 1 0**  
**Среднегодовые и среднепериодические (по пятилетиям) приросты по высоте сосны разного возраста в сосняке травяно-сфагновом по опытным вариантам, см в год**

Годы	Варианты опыта							
	Контроль		Рубка		Удобрения		Рубка+ удобрения	
	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет
1985	34,0	39,3	33,0	38,3	47,7	43,0	33,2	31,8
1986	33,7	28,7	30,7	34,7	37,0	45,0	35,8	32,0
1987	36,7	38,7	34,3	35,3	40,0	43,3	39,6	34,8
1988	31,7	29,3	33,7	28,7	36,3	38,0	37,6	35,8
1989	40,7	36,7	40,3	40,7	42,0	43,0	46,0	49,0
Средний	35,3	34,5	34,4	35,5	40,6	42,5	38,4	36,7
% увеличения	100,0	100,0	97,5	102,9	115,0	123,2	108,8	106,2
1990	31,7	38,3	37,7	35,3	38,7	39,8	42,6	47,5
1991	40,0	37,3	37,0	37,5	40,0	41,0	45,8	45,3
1992	35,7	35,7	33,7	37,7	35,0	41,0	38,8	44,0
1993	33,7	32,7	35,7	37,5	34,3	40,5	39,8	45,3
1994	29,7	33,3	31,5	33,6	31,3	30,8	33,0	39,3
Средний	34,2	35,5	35,1	36,3	35,9	38,6	40,0	44,3
% увеличения	100,0	100,0	102,8	102,3	105,0	108,7	115,8	114,7
1995	28,0	30,3	29,3	29,3	28,0	31,0	36,8	42,5
1996	29,3	29,3	27,7	24,3	25,0	33,0	35,6	36,0
1997	21,0	22,3	25,7	24,5	23,7	26,3	26,6	31,0
1998	28,7	27,3	28,7	32,7	30,3	31,0	34,2	40,3
1999	19,0	20,7	22,0	24,0	21,0	22,0	23,2	30,3
2000	21,0	23,7	30,0	32,7	27,7	27,8	32,6	36,0
Средний	24,5	25,6	27,2	27,9	26,0	28,5	31,5	36,0
% увеличения	100,0	100,0	111,2	109,0	105,9	116,4	128,6	140,7
Средний за 16 лет	30,9	31,5	31,9	33,0	34,2	36,0	36,3	38,8
% увеличения	100,0	100,0	103,3	104,7	110,6	114,3	117,5	123,2

Наиболее результативным было проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий (внесение минеральных удобрений в изреженном древостое). Увеличение прироста в высоту у сосны в возрасте до 80 лет за 16 лет составило 15,2%, а сосны в возрасте 90–130 лет – 23,2% (см. табл. 10). Минимальную реакцию в первое пятилетие, можно объяснить резким изменением светового режима после выборки всей березы, и адаптацией сосны к изменившимся условиям. Максимум приростов в высоту у сосны на данном варианте опыта наблюдался в третьем пятилетии, что подтверждает вывод о том, что длительность положительного влияния проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий в данных условиях произрастания больше 16 лет. В работах шведских и финских авторов указывается на положительное воздействие на рост осушенных сосновых древостоев на переходных торфах фосфорно-калийных удобрений в течение 15–20 лет.

Наибольшее увеличение приростов сосны по радиусу, в первые 10 лет после осушения, на всех вариантах отмечено у деревьев в возрасте до 80 лет, в 4,2–5,5 раза, тогда как у деревьев старше 130 только в 2,7–2,9 раза (табл. 11). В последующие 16 лет на контрольном варианте у сосны в возрасте до 80 лет наблюдалось постепенное уменьшение приростов по радиусу. У сосны в возрасте старше 90 лет прирост по радиусу увеличивался ещё в течении 5 лет, последующие 5 лет он оставался примерно на том уровне, затем снижается.

Проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий не однозначно отразилось на увеличении приростов по радиусу у деревьев разного возраста. Изреживание древостоя (выборка всей березы) привела к незначительному увеличению прироста по радиусу у сосны в возрасте до 130 лет, на 7–13% в среднем за 16 лет, у сосны в возрасте старше 130 лет, особенно в первые пять, отмечено уменьшение приростов по радиусу. Внесение минеральных удобрений также по разному действовало на приросты по радиусу сосны разного возраста. В среднепериодический прирост по радиусу за 16 лет у сосны в возрасте до 80 лет увеличился на 26,2%, 90–130 лет – 12,6%, старше 130 лет – 2,3%. Проведение комплекса мероприятий (рубка + удобрения) наиболее существенно повлияло на приросты по радиусу. Увеличение составило у деревьев сосны в возрасте до 80 лет – 48,6%, 90–130 лет – 20,0%, старше 130 лет – 7,1%. При этом следует отметить, что на удобренных вариантах прирост по радиусу у сосны в возрасте до 130 лет и в третьем пятилетии, выше чем в контрольном насаждении. Это ещё раз подтверждает вывод о том, что срок действия минеральной подкормки в данных условиях более 16 лет. В абсолютных значениях наибольшие приросты по радиусу отмечены у сосны в возрасте

90–130 лет на всех вариантах опыта. Скорее всего это связано с тем, что деревья этого возраста преобладают в составе насаждения и занимают господствующее положение, сосна младшего возраста в основном находится под пологом, в подчиненном ярусе, а деревья старше 130 лет не обладают эластичностью корневых систем и не могут приспособиться к изменившимся условиям. Ранее проведенными исследованиями (11) было установлено, что деревья находящиеся в угнетении и имеющие недостаточно развитые кроны, независимо от возраста, очень слабо реагируют на внесение минеральных удобрений.

**Т а б л и ц а 11**  
**Среднегодовые и среднепериодические (по пятилетиям) приросты по радиусу сосны разного возраста в сосняке травяно-сфагновом по опытным вариантам, мм в год**

Годы	Варианты опыта							
	Контроль		Рубка		Удобрения		Рубка+ удобрения	
	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет	До 80 лет	90–130 лет
1985	1,20	1,41	1,77	1,65	1,13	1,43	1,94	1,57
1986	1,40	1,72	1,84	1,98	1,64	1,59	1,96	1,81
1987	1,15	1,24	1,55	1,33	1,48	1,57	2,17	1,55
1988	1,34	1,58	1,33	1,81	1,71	1,84	2,16	1,78
1989	1,33	1,69	1,35	2,01	1,67	1,63	2,00	2,06
Средний	1,28	1,53	1,57	1,76	1,53	1,61	2,05	1,75
% увеличения	100,0	100,0	122,1	114,9	118,8	105,5	159,3	114,8
1990	1,20	1,67	1,33	1,91	1,47	1,88	1,50	1,86
1991	1,05	1,53	1,25	1,63	1,29	1,70	1,45	1,81
1992	1,00	1,57	1,02	1,53	1,46	1,76	1,48	1,81
1993	0,83	1,33	0,91	1,44	1,33	1,59	1,23	1,73
1994	0,84	1,39	0,85	1,32	1,13	1,54		1,94
Средний	0,98	1,50	1,07	1,57	1,34	1,69	1,42	1,83
% увеличения	100,0	100,0	108,9	104,5	135,8	113,1	144,5	122,2
1995	0,64	0,95	0,81	0,73	1,05	1,02	1,05	1,16
1996	0,58	0,71	0,62	0,80	0,73	0,80	0,76	0,79
1997	0,66	0,91	0,62	0,99	0,96	1,10	0,71	1,23
1998	0,65	0,95	0,61	1,03	0,61	1,34	0,91	1,24
1999	0,65	0,94	0,68	0,93	0,68	1,16	0,84	1,47
2000	0,81	1,25	0,78	1,27	1,00	1,62	1,07	1,24
Средний	0,67	0,95	0,69	0,96	0,84	1,17	0,89	1,19
% увеличения	100,0	100,0	103,3	100,7	126,1	123,3	133,8	124,9
Средний за 16 лет	0,98	1,33	1,11	1,43	1,23	1,49	1,45	1,59
% увеличения	100,0	100,0	113,4	107,6	126,2	112,6	148,6	120,0

Как показал анализ хода роста модельных деревьев, под влиянием внесения минеральных удобрений в насаждении не пройденном рубкой произошло увеличение приростов у березы в высоту и по диаметру, в среднем за весь период наблюдений – в высоту на 17,6% (максимальное увеличение во втором пятилетии), по диаметру на 14,7% (максимальное увеличение в третьем), по сравнению с контролем (табл. 12).

Т а б л и ц а 12

**Изменение среднепериодического прироста березы по высоте и диаметру в осушенном сосняке травяно-сфагновом под влиянием внесения удобрений**

Варианты	Годы			
	1985-1989	1990-1994	1995-2000	Среднее
Среднепериодический прирост по высоте, см				
Контроль	34,0	34,0	21,7	29,9
Удобрения	38,0	44,0	24,2	35,4
% увеличения	111,8	129,4	111,5	117,6
Среднепериодический прирост по диаметру, мм				
Контроль	3,34	2,5	1,62	2,49
Удобрения	3,6	2,7	2,08	2,79
% увеличения	107,8	108,0	128,4	114,7

Изменение водно-воздушного и пищевого режимов в результате проведения гидролесомелиоративных работ оказывает большое влияние на формирование сосняка травяно-сфагнового. Как показали проведенные учеты, в осушенном насаждении в первые годы после проведения работ увеличивается густота (см. табл. 1). Количество стволов сосны возрастает незначительно, на 5%, а березы почти в два раза, за счет перехода в перелетную часть подроста, имевшегося под пологом на момент осушения. В составе древостоя увеличивается доля участия березы. По мере сомкнутости верхнего полога, увеличения полноты, начинается изреживание древостоя. Особенно уменьшается число стволов сосны, так как береза оказывает на неё отрицательное влияние. Анализ данных перечета сухостоя и его возраст, показал, что в отпад идет сосна всех поколений, в первую очередь находящаяся под пологом сосна молодого поколения и старая сосна, несумевшая приспособиться к новым условиям.

В результате выборки всей березы на опытном участке улучшается световой режим, ослабевает конкуренция за питательные вещества, создаются благоприятные условия для роста соснового подроста, имевшегося под пологом. В насаждении пройденном рубкой в первые годы густота возрастает, за счет перехода в перелетную часть соснового подроста (см. табл. 1). В последующий период общая густота про-

должает увеличиваться, за счет березы и ели, береза и ель из подроста достигают перечетных размеров и выходят в состав верхнего полога. Количество стволов сосны несколько снижается, отпад наблюдается у сосны всех поколений.

На варианте с внесением минеральных удобрений в неизреженном насаждении густота в первые годы несколько увеличивается за счет березы, тогда как количество стволов сосны уменьшается (см. табл. 1). Доля участия березы в составе древостоя увеличивается, она занимает лидирующее положение и оказывает угнетающее влияние на сосну. В последующий период общая густота насаждения снижается, в отпад идет сосна всех поколений, тогда как число стволов березы не меняется.

Проведение рубки и внесение минеральных удобрений оказали положительное влияние на рост подроста, имевшегося под пологом на момент проведения мероприятий. Уже в первые годы увеличивается густота сосны верхнего полога за счет соснового подроста (см. табл. 1). Через 10–15 лет после проведения комплекса мероприятий, подрост ели, имевшийся под пологом в начале проведения опытных мероприятий, достигает высоты верхнего полога и начинает принимать в нем участие, количество стволов ели в составе насаждения увеличивается. Общая густота насаждения возрастает, при этом наблюдается уменьшение количества стволов сосны, которое идет в основном за счет молодого поколения, причина отпада, повреждение лосями.

Изменение приростов деревьев в высоту и по диаметру, густоты и состава древостоев в процессе проведения мероприятий оказало большое влияние и на продуктивность насаждений. Характер текущего среднепериодического изменения запасов зависел от вида выполненного мероприятия. В осушенном насаждении в первые годы наблюдений накопление запасов идет в основном за счет березы, что нашло отражение в увеличении доли её участия в составе древостоя. В последующие годы ежегодный текущий прирост уменьшается, у сосны на 12%, у березы на 36% (табл. 13). Если тенденция изменения запасов не изменится, то можно предположить, что в данном насаждении будет происходить изменение состава древостоя, увеличение доли участия сосны и уменьшения доли березы. Это объясняется тем, что береза в основном перестойная, возраст её более 80 лет, и её ежегодный прирост по запасу резко уменьшается, начинается отпад, а пополнения за счет подроста в ближайшее время происходить не будет, так как березовый подрост практически отсутствует (см. табл.7).

Т а б л и ц а 13

**Текущее среднепериодическое изменение запасов насаждений сосняков  
травяно-сфагновых под влиянием осушения, рубки  
и внесения минеральных удобрений**

Вариант опыта	Порода	Текущее среднепериодическое изменение запасов, м <sup>3</sup> /га в год		
		за период между наблюдениями		за весь период наблюдений 16 лет
		6 лет	10 лет	
Контроль	Сосна	2,61	2,31	2,44
	Береза	3,06	1,95	2,37
	Ель	0,01	0,05	0,03
	ИТОГО	5,68	4,31	4,84
Рубка	Сосна	3,67	4,34	4,02
	Береза	0,01	0,26	0,17
	Ель	0,02	0,24	0,12
	ИТОГО	3,70	4,84	4,31
Удобрения	Сосна	2,90	2,60	2,71
	Береза	3,82	2,24	2,83
	Ель	0,00	0,14	0,09
	ИТОГО	6,72	4,98	5,63
Рубка + удобрения	Сосна	4,58	4,83	4,74
	Береза	0,02	0,01	0,01
	Ель	0,02	0,48	0,31
	ИТОГО	4,62	5,32	5,06

В насаждении, где была вырублена береза, ежегодное накопление запаса идет за счет более ценной в хозяйственном отношении сосны и темпы его постепенно увеличиваются. И в настоящее время хозяйственно-ценный прирост по запасу на данном варианте опыта больше чем в контрольном насаждении. Формируется сосновой древостой с небольшим участием в составе березы и ели, но так как береза сильно отстает в росте, то можно ожидать, что она в будущем конкуренции сосне не составит (см. табл. 1).

На варианте с внесением минеральных удобрений без рубки характер накопления запасов идентичен контролю, только увеличение запаса идет более быстрым темпом. Ежегодный прирост, за весь период наблюдений (16 лет), сосны по запасу увеличился на 0,27 м<sup>3</sup>/га, у березы на 0,46 м<sup>3</sup>/га, а в целом по насаждению увеличение составляет 0,73 м<sup>3</sup>/га (см. табл. 13).

Внесение минеральных удобрений в насаждении пройденном рубкой (выбрана вся береза) оказало большое положительное влияние на накопление запасов. Уже через шесть лет после проведения мероприятий ежегодный прирост по запасу на данном варианте был выше, чем в контрольном насаждении, и накопление запаса идет за счет хозяйственно-ценных пород - сосны и ели. За счет внесения минеральных удобрений, в сравне-

нии с насаждением пройденном рубкой без подкормки, получен дополнительный прирост за период наблюдений (16 лет)  $17 \text{ м}^3/\text{га}$  (см. табл. 1).

Полученные данные позволяют сделать вывод, что через 10–15 лет запасы древесины на варианте рубок и контроле сравняются, а на опытных участках с внесением минеральных удобрений будут намного выше, чем в контрольном насаждении.

Исходя из того что таксационная характеристика участков на начало опытных работ была примерно равна, то и фитомасса тоже приблизительно была равна. Проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий в осушаемых сосняках травяно-сфагнового типа леса оказало большое влияние, как на общее количество надземной фитомассы в фитоценозах, так и на её структурный состав.

Согласно учета проведенного в 2000–2002 годах, на участке пройденном рубкой, где была выбрана вся береза и старая сосна, (42% общего запаса) фитомасса древостоя составляет 66,5% от фитомассы древостоя контрольного участка (табл. 14), это ещё раз подтверждает ранее приведенные данные об увеличении приростов сосны в высоту, по диаметру и объему после уборки березы.

На варианте с внесением минеральных удобрений, по сравнению с контролем, фитомасса увеличилась на 8,3%, в основном за счет массы стволов и кроны сосны.

На участке пройденном рубкой с внесением минеральных удобрений фитомасса древостоя составляет 79,5%, от фитомассы древостоя контроля, что значительно больше, чем на варианте пройденном только рубкой.

При этом отмечено повышение массы ассимиляционного аппарата на вариантах рубок (33,9–36,3% от общей фитомассы древостоя), по сравнению с вариантами непройденными рубками (30,3%), что обусловлено улучшением светового режима и несомненно оказывает положительное влияние на прирост насаждений по объему на этих участках.

Высокая полнота, большая сомкнутость крон на участках непройденных рубками оказывают отрицательное влияние на рост и развитие подроста, подлеска и напочвенного покрова, что сказывается и на их фитомассе. Фитомасса подроста и подлеска на этих участках составляет всего 1,8–2,2% от общей, а напочвенного покрова 1,0–1,1%, тогда как на участках с полной выборкой березы, соответственно, 10% и 1,7–2,4%. масса мертвой части кроны на всех вариантах примерно равна, тогда как масса сухостоя на участках, непройденных рубкой в 2,5 раза больше, чем на вариантах рубки (см. табл. 14). Это подтверждает ранее высказанное мнение о том что насаждения на участках без рубки достигли максимальной полноты и начинается усиленный отпад.

Т а б л и ц а 14

**Изменение фитомассы осушенных сосняков травяно-сфагновых  
под влиянием проведения лесохозяйственных мероприятий, ц/га А. С. В**

Фракции	Не пройден- ный рубкой	Пройден- ный рубкой	Не пройден- ный рубкой удобренный	Пройден- ный рубкой удобрен- ный
<b>Древостой</b>				
Стволы				
Сосна: древесина	455,4	588,9	525,0	663,2
кора	28,8	37,2	33,0	42,0
Береза: древесина	444,6	16,2	451,2	1,0
кора	66,6	2,4	67,2	0,2
Ель: древесина	2,3	9,1	5,7	18,7
кора	0,2	0,7	0,5	1,3
<b>Всего стволов</b>	<b>997,9</b>	<b>654,5</b>	<b>1082,6</b>	<b>726,4</b>
Крона:				
Сосна: древесина сучьев	54,7	73,2	55,4	83,3
кора сучьев	20,5	27,4	20,7	31,2
Береза: древесина сучьев	32,2	3,1	41,6	1,0
кора сучьев	12,2	1,2	15,3	0,4
Ель: древесина сучьев	0,8	4,1	3,0	16,0
кора сучьев	0,1	0,4	0,3	1,6
Годичные побеги: сосна	6,9	9,2	7,0	9,9
береза	2,2	0,2	2,7	0,1
ель	0,0	0,2	0,1	0,6
Хвоя: сосна	40,7	54,4	41,2	61,9
ель	1,1	5,2	3,8	20,3
Листья березы	14,9	1,4	18,6	0,3
Мертвая часть: сосна	21,7	24,8	24,0	33,1
береза	6,3	0,3	1,4	0,2
<b>Всего кроны</b>	<b>214,3</b>	<b>205,1</b>	<b>235,1</b>	<b>259,9</b>
Сухостой: сосна	48,9	23,0	44,2	24,2
береза	9,6	–	13,8	–
<b>ВСЕГО древостой</b>	<b>1270,7</b>	<b>882,6</b>	<b>1375,7</b>	<b>1010,5</b>
<b>Подрост и подрост</b>				
др-на стволиков и сучьев	11,5	65,8	16,5	73,3
кора стволиков и сучьев	3,5	18,8	4,2	21,6
Листья	0,9	8,3	1,1	9,0
Хвоя	2,0	3,0	5,2	2,8
Мертвая часть	5,8	4,3	3,7	6,8
<b>Всего подрост и подрост</b>	<b>23,7</b>	<b>100,2</b>	<b>30,7</b>	<b>113,5</b>
<b>Напочвенный покров</b>				
Кустарнички	3,9	7,4	4,2	3,5
Травы	1,7	1,4	1,4	3,3
Мхи	7,0	15,0	10,0	12,2
<b>Всего</b>	<b>12,6</b>	<b>23,8</b>	<b>15,6</b>	<b>19,0</b>
<b>ИТОГО надземная часть</b>	<b>1308,0</b>	<b>1006,6</b>	<b>1422,0</b>	<b>1143,0</b>
% к контролю	100,0	76,9	108,7	87,3
% к неудобренной рубке		100,0		111,4

## Выводы

Проведение лесохозяйственных мероприятий в осушенных сосняках травяно-сфагнового типа оказывает большое значение на ход роста и структуру насаждений:

1. В осушенном древостое полнота достигает предельных размеров (1,2 ед.), начинается резко уменьшаться число стволов, в основном в отпад идет сена, как молодая, так и старая, участие березы в составе возрастает.

2. В осушенном древостое пройденном рубкой (выбрана вся береза) густота сосны увеличивается, накопление запаса идет более высокими темпами, чем в насаждений нетронутым рубкой. Формируется хозяйственно-ценный сосновый древостой с участием ели.

3. В осушенном древостое после внесения минеральных удобрений значительно увеличился прирост сосны в высоту, по диаметру и объему. За время наблюдений получен дополнительный прирост 0, 73 м<sup>3</sup>/га в год. Под пологом формируется второй ярус из ели. В последние годы отмечено резкое падение приростов в высоту и по диаметру у березы, участие её в составе древостоя в ближайшие годы должно значительно уменьшится. Влияние внесения минеральных удобрений на приросты сосны уже не столь существенно.

4. В осушенном древостое, где была выбрана вся береза и внесены минеральные удобрения накопление запасов идет более высокими темпами, чем в осушенном и осушенном с выборкой березы, но несколько ниже, чем в осушенном с внесением удобрений. Формируется хозяйственно-ценное сосновое насаждение, под пологом которого много (около 0,5 тыс. шт/га) крупного елового подроста. Можно ожидать, что в ближайшие 10–15 лет запасы древостоя на этом варианте будут равны запасам осушенного древостоя, так как влияние внесения минеральных удобрений продолжается.

## Л и т е р а т у р а

1. Красильников Н.А. Основные подходы к разработке системы рубок на осушенных землях // Гидролесомелиорация: наука – производству. – Санкт-Петербург, 1996, С. 41–44.

2. Дружинин Н.А., Зеленко А.П., Шлёнкин Н.А. Реакция хвойных насаждений с разновозрастной структурой древостоя на осушение // Гидролесомелиорация: наука – производству. – Санкт-Петербург, 1996, С. 46–47.

3. Матюшкин В.А. Изменение густоты и породного состава сосновых насаждений в связи с осушением // Гидротехническая мелиорация земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. – Санкт-Петербург. 1997, С.57–59.

4. Столяров Д.П., Книзе А.А. О возрасте рубки осушенных древостоев // Лесохозяйственное использование осушенных земель. - Л., 1980, С.33–34.

5. Федюков В.И., Рубцов В.Г. Рубки ухода в осушенных ельниках // Лесное хозяйство. 1980, №3. С.24–26.

6. Медведева В.М. Формирование лесов на осушенных землях среднетаежной подзоны. – Петрозаводск, 1989, 168с.

7. Медведева В.М., Матюшкин В.А. Опыт реконструкции сосновых древостоев // Исследования по лесному болотоведению и мелиорации. – Петрозаводск, 1978, С.108–122.

8. Ионин И.В., Корчагина М.П., Егорова Н.В. К вопросу о составе и дозах минеральных удобрений при первичной подкормке культур сосны на осушенных почвах // Заболоченные лесные земли Северо-Запада СССР и их лесохозяйственное освоение. – Петрозаводск, 1981, С. 129–150.

9. Корчагина М.П. К оценке обеспечения элементами минерального питания сосняков на осушенных торфяных почвах / Исследование лесных почв Карелии. – Петрозаводск, 1987, С. 154–165.

10. Морозова Р.М., Медведева В.М., Ионин И.В., Матюшкин В.А., Корчагина М.П., Кукушкин Е.Н. Эффективность использования апатит-штафелитовой руды в лесных насаждениях // Болотные биогеоценозы и их изменение в результате антропогенного воздействия. Л., 1983, С.115–148.

11. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу. – М., 1983, 96с.

12. Морозова Р. М. Лесные почвы Карелии. Л.,1991, 184 с.

13. Родин Л.Е., Ремизов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968, 140 с.

14. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов средней Сибири и Якутии. Красноярск, 1969, 155 с.

15. Залитис П.П. Гидрологический режим и продуктивность чистых сосновых и смешанных березово-сосновых лесов // Береза в сосняках. – Рига, 1989, С.29–40.

16. Мартинович Б.С., Кабашикова Г.И., Болотских Т.Н. Водный режим древесных растений в насаждениях различного состава // Межвидовые и внутривидовые отношения растений в искусственных фитоценозах. – Минск, 1987, С.16–30.

17. Матюшкин В.А., Горбунова Б.А. Влияние рубок на УГВ и температуру верхнего слоя почвы на осушенных землях // Тез. докл. конф. Вопросы экспериментальной ботаники и зоологии. – Петрозаводск, 1981, С.36–38.

18. Медведева В.М., Матюшкин В.А. Изменение некоторых экологических факторов в насаждениях под влиянием осушения и рубок // Природа болотно-лесных систем Карелии и пути их освоения. – Петрозаводск, 1982, С. 146–155.

19. Загуральская Л.М. Влияние мелиорации на жизнедеятельность микроорганизмов // Изменение биологической активности торфяных почв под воздействием мелиорации. Л., 1982, С. 15–57.

20. Якушев Б.И. О механизме поглощения растениями элементов минеральной пищи из почвы // Эколого-физиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах. Минск, 1976, С.117–123.

21. Рахтеенко И.Н., Мартинович Б.С., Крот Л.А., Кабашикова Г.И. Взаимоотношения древесных пород в чистых и смешанных насаждениях // Эколого-фи-

зиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах. – Минск, 1976, С.23–94.

22. *Матюшкин В.А., Кузнецов О.Л.* Изменение напочвенного покрова в сосняке травяно-сфагновом под влиянием осушения и рубок//Исследования осушенных лесоболотных биоеценозов Карелии. – Петрозаводск, 1989, С.70–81.

23. *Сбоева Р.М., Михайлова З.Ф.* Особенности роста сосны в вегетационный период 1972 года // Тез. докл. Научная конф. биологов Карелии, посвященная 250-летию Академии наук СССР: Лесоводство, лесохимия, ботаника. – Петрозаводск, 1974, С.67–69.

24. *Бузыкин А.И., Пишеничникова Л.С.* Рубки ухода в сосново-лиственных молодняках Юго-Западного Приангарья//Формирование и продуктивность древостоев. – Новосибирск, 1981, С.91–116.

## **РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕЗОВЫХ И БЕРЕЗОВО-ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ И РУБОК**

*В. А. Ананьев*

В южной части Карелии 8% заболоченных лесов представлено насаждениями с преобладанием березы. Березняки наряду с сосняками и ельниками широко вовлекались в осушение. На безлесных участках лесного фонда Карелии – болотах – после осушения облесение идет как хвойными, так и лиственными породами. В южной ее части площадь березняков на осушенных болотах составляет около 40%.

Среди исследований, посвященных осушенным березнякам, следует отметить работу В.М.Медведевой [1], в которой проанализированы в статике (т.е. на момент исследования) таксационные показатели березняков осоково-сфагнового и разнотравно-хвощевого типов леса с различной давностью осушения. Здесь же приведена масса органического вещества по отдельным компонентам осушенного березняка. С.Г. Жильцова [2], проведя исследования по региону Сибири, анализирует березняки по типам леса и классам бонитета и дает подробное описание флористического состава березняков. Наиболее интересна работа В.И. Архипова, В.И. Березина[3], в которой на основе таксационных показателей березовых древостоев и путем анализа модельных деревьев на ход роста, выявлено влияние лесосушительной сети на таксационную характеристику березняков.

Для получения максимального эффекта наряду с осушительной мероприятием необходимо проведение различных лесохозяйственных мероприятий (рубки главного пользования, ухода и реконструкции), способствующих формированию древостоев максимальной продуктивности и улучшению товарной структуры. При определении форм хозяйства по способам рубок в осушенных лесах следует учитывать качество и состояние естественного возобновления, строение, возрастную структуру, состав и особенности хода роста древостоев после осушения.

Сохранение молодых тонкомерных деревьев и жизнеспособного подраста при проведении рубок главного пользования может обеспечить лесовозобновление и формирование древостоев с преобладанием хвойных пород на осушенных землях.

Многолетний опыт ведения лесного хозяйства Финляндии показал, что освоение осушенных лесов должно идти путем проведения специальных рубок, при которых вырубаются старые и высокие деревья с раски-

дистой кроной, формируя таким образом одноярусный древостой и создавая одновременно с рубкой благоприятные условия роста и развития молодым деревьям и подросту [4].

В целом, же оценивая березовые и березово-еловые древостои следует сказать, что это малоизученный объект гидромелиорации. Сведений о росте, продуктивности и товарности и естественном возобновлении под пологом березовых и лиственнично-еловых древостоев недостаточно для планирования устойчивого ведения лесного хозяйства в них.

С целью уточнения методов ведения лесного хозяйства в березовых и березово-еловых древостоях, направленных на выращивание продуктивных и качественных древостоев после осушения проводилось изучение естественного возобновления под пологом леса, товарной структуры, а также результатов рубок реформирования в березовых и березово-еловых древостоях.

Основной целью исследований является изучение особенностей естественного возобновления, товарной структуры и формирования хвойных древостоев после осушения и рубок в березовых и березово-еловых древостоях.

### **Методика и объекты исследований**

Исследования выполнялись апробированными методами на постоянных пробных площадях, на которых проводились геоботанические описания растительного покрова. Горизонтальная структура растительного покрова исследовалась методом крупномасштабного картирования, при этом определялись видовой состав и проективное покрытие (в %).

Изучение влияния почвенного покрова на естественное возобновление в березняках осуществлялось на 2-х постоянных пробных площадях, заложенных на осушенных мезотрофных травяно-сфагновых болотах на территории Киндасовского лесо-болотного научного стационара КарНЦ РАН, в подзоне средней тайги в заказнике Койву-Ламбасу ( $61^{\circ} 48'$  с.ш. и  $33^{\circ} 35'$  в.д.). Учет естественного возобновления по состоянию, высоте и встречаемости производился на учетных площадках (2x2 м) на всей площади пробы.

*Пробная площадь 1.* Здесь до осушения по данным Г.А. Елиной, О.Л. Кузнецова (7) и Г.А. Елиной, О.Л. Кузнецова, А.И. Максимова (8) доминировал кочковато-топяной комплекс *Sphagneta centrale+Herbeto-Sphagneta subsecundi*, занимая половину его площади. Подавляющая часть комплекса (70%) приходилась на сообщества

мочажин: *Carex lasiocarpa*-*Menyanthes trifoliata* и *Carex lasiocarpa*-*Sphagnum subsecundum*. Растительный покров кочек (30%) был представлен фитоценозами ассоциации *Chamaedaphne calyculata*-*Sphagnum centrale* + *S.angustifolii*. Часть кочек была облесена *Betula pubescens* или *Pinus sylvestris* высотой до 2 м. Торфяная залежь неглубокая – 0,8 м, низинная, подстилается глиной. Осушение было проведено в 1970 году сетью открытых канав с расстоянием между ними 160–180 м.

*Пробная площадь 2.* До осушения по данным Г.А. Елиной и др.(7,8) здесь преобладал слабооблесенный кочковато-западинный комплекс *Sphagneta angustifolii*+*Herbeta* с редкой *Betula pubescens*. На топяном фоне, занятом ассоциацией *Phragmites australis*-*Carex lasiocarpa* (56%), идет образование сфагновых кочек (44%): *Betula pubescens*-*Chamaedaphne calyculata*- *Pleurozium schreberi* и *Andromeda polyfolia*-*Carex lasiocarpa*-*Sphagnum angustifolium*. Деревья небольшие (2–4 м). древостой малосомкнутый 0,2. Кочки сформировались недавно, о чем свидетельствует состав торфа под ними: ниже 25 см они подстилаются осоковым торфом с небольшой примесью сфагновых мхов. Глубина торфяной залежи 1,5 м, низинная.

Товарная структура березовых древостоев определялась методом взятия учетных деревьев. Сортиментация производилась по ГОСТ 9462-71 «Лесоматериалы круглые лиственных пород»(5), ГОСТ 3443-88 «Дрова для отопления, сухой перегонки и углежения»(6).

Для уточнения форм хозяйства по способам рубок, направленных на формирование наиболее продуктивных и ценных в хозяйственном отношении древостоев в 1983 году в осушенных березо-еловых насаждениях Юркостровского лесничества Кондопожского лесхоза были проведены рубки реформирования. На момент рубки давность осушения составила 7 лет. Осушение выполнено сетью открытых каналов с расстоянием между ними 120–150 м. Мощность торфяной залежи переходного типа на участке варьировала от 0,4 до 1,5 м. Торф хорошо разложившийся (более 25%) и богат зольными элементами (зольность 11,5%).

На постоянных пробных площадях, заложенных на объектах опытных рубок, проводилась повторная таксация с замером диаметров деревьев по элементам леса. Отдельно учитывался подрост, достигший перечетных размеров. Отпад подразделялся по категориям: ветровал, бурелом, сухостой. Основные таксационные показатели древостоев до и после рубки определялись методами, применяемыми в лесной таксации.

## Результаты исследований

Исследования показали, что на пробной площади 1, через 25 лет в результате действия осушения произошли существенные изменения в структуре растительного покрова. На месте болотного участка *Sphagneta centrali*+*Herbeto-Sphagneta subsecundi* сформировался древесно-травяной фитоценоз *Betuleto-Herbeta*. Состав древостоя 10Б<sub>20</sub>+С, относительная полнота 0,3. Образование различных производных ассоциаций с доминированием *Calamagrostis neglecta* (вейник незамечаемый) приводит к задержанию почвы, которая препятствует появлению и развитию естественного возобновления хвойных пород. Подтверждением этому свидетельствует отсутствие подроста на данном участке даже через 25 лет после осушения.

На пробной площади 2 через 25 лет после осушения сформировался высокополнотный (1,3) березовый древостой с запасом 160 м<sup>3</sup>/га. В результате смыкания верхнего полога и вследствие этого образования лесной подстилки привело к улучшению условий для естественного возобновления ели. По данным учета установлено, что под пологом исследуемого древостоя через 25 лет после осушения насчитывается 3,5 тыс экз/га жизнеспособного елового подроста. При наличии такого количества подроста и высокой встречаемости его (68%) в дальнейшем при естественном развитии исследуемые короткопроизводные осушенные березняки (продолжительность их существования 70–100 лет) переформируются в высокополнотные еловые насаждения нормальной производительности (9,10).

Анализ приведенного материала свидетельствует о том, что существенное влияние на ход естественного возобновления ели под пологом осушенных березняков оказывает напочвенный покров, развитие которого зависит от полноты древостоев.

Хозяйственная ценность мелиорируемых лесов зависит от состава формирующихся насаждений после осушения. По данным обследования осушенных спелых лиственно-еловых насаждений, от 20 до 70% деревьев березы поражены напечной гнилью и могут быть использованы как дровяная древесина. В приспевающих чистых березовых древостоях, как показал анализ данных перечета по ступеням толщины и категориям технической годности (деловая, полуделовая и дровяная древесина), число деловых стволов варьирует от 52 до 59%, дровяных – от 41 до 48%. При этом, начиная с диаметра 16 см, наблюдается преобладание дровяных стволов. Доля дровяной древесины березы по запасу составляет 58%.

По данным сортиментации учетных деревьев выявлен выход деловой древесины в пределах отдельных ступеней толщины (табл. 1).

Т а б л и ц а 1  
Товарная структура осушенных березняков

Ступени толщины	Деловая древесина по категориям крупности, %					Сырье для технологич.переработки	Дрова топливн. %	Отходы, %	Всего, %
	крупная	средняя-1	средняя-2	мелкая	итого				
8	–	–	–	42	42	38	7	13	100
12	–	–	–	48	48	22	11	11	100
16	–	–	–	49	49	25	18	8	100
20	–	–	32	19	51	34	4	11	100
24	–	20	25	10	55	29	4	12	100

В осушенных березняках у деревьев с диаметром 8–16 см отмечается выход деловой древесины мелкой категории крупности (до 42–49%). В ступени толщины 20 см и более наблюдается выход деловой древесины средней крупности. В целом выход деловой древесины в осушенных березняках очень низок. При одинаковых средних высотах и диаметрах в осушенных березовых древостоях по сравнению с суходольными наблюдается снижение процента выхода деловой древесины в пределах отдельных ступеней толщины на 9–12%. Объясняется это значительной фаутичностью осушенных березняков. Основными пороками древесины в осушенных березняках являются гнили и кривизна стволов. На долю деревьев, пораженных напелной и стволовой гнилью приходится 56% от общего количества учетных деревьев. Протяженность стволовой гнили, как показали результаты анализа учетных деревьев, составляет 2–4 м. Количество деревьев с кривизной – 17% от общего числа учетных деревьев. В основном преобладает кривизна в комлевой части, которая приводит к снижению сортности сортимента или откомлевке его в дрова.

Рациональное использование потенциального плодородия болот после осушения требует выращивания наиболее ценных хвойных насаждений взамен низкотоварных лиственных древостоев путем проведения рубок, направленных на улучшение санитарного состояния и товарной структуры древостоев. Нормативы по способам рубок должны основываться на данных динамики прироста и отпада на участках опытно-производственных рубок. Такие рубки были проведены в березово-еловых насаждениях Юростровского лесничества Кондопожского лесхоза.

Насаждение до рубки характеризовалось следующим составом: 7Б<sub>90</sub>; 1Е<sub>150</sub>; 1Е<sub>80</sub>; 1С<sub>150</sub> с запасом 98 м<sup>3</sup>/га, полнотой 0,7. Тип леса – травяно – сфагновый. В отличие от рекомендаций Н.Н. Неволлина, Н.П. Шленкина (11), которые предлагают проведение рубок в подобных древостоях в три приема (с

интервалом 10–15 лет) нами была проведена рубка переформирования в один прием при этом полностью была выбрана береза, перестойная ель и сосна. Интенсивность рубки составила 60% по числу стволов и 87% по запасу. Полнота снизилась до 0,14.

При обосновании форм хозяйства по способам рубок в осушенных лесах необходимо учитывать качество и состояние естественного возобновления. Подроста ели под пологом леса на опытных участках насчитывалось до 2600 шт./га. Четкое выполнение технологии лесосечных работ позволило обеспечить высокую сохранность подроста (78%).

Рост и развитие исследуемого древостоя после рубок переформирования идет за счет тонкомера, крупного и среднего подроста. Интенсификация прироста в высоту и по диаметру у подроста, способствовали быстрому переходу его в основную часть древостоя. В течение первого десятилетия после изреживания численность древостоя за счет подроста, достигшего пересечных размеров увеличилась на 601 дерево (таблица 2). Во втором десятилетии интенсивность пополнения древостоев подростом ели снизилась, но в целом составила значительную величину (522 дерева на 1 га). В этом же десятилетии следует отметить появление березы последующего возобновления в составе древостоя. В целом за двадцатилетний период наблюдений общая численность стволов увеличилась в 4,3, а ели в 4,0 раза. В настоящее время имеется достаточное количество деревьев ели для формирования нормальных высокопродуктивных ельников (с запасом 300 м<sup>3</sup>/га) на осушенных землях.

Анализ динамики текущего прироста показал, что наиболее интенсивное наращивание диаметра происходит в первом десятилетии после рубки и в среднем составляет 4,4 см. (годовой 0,44 см.). Во втором десятилетии происходит снижение прироста по диаметру, но в целом он еще достаточно высок 3, см (годовой 0,37 см.). В отличие от роста по диаметру максимальный прирост по высоте у деревьев ели наблюдается во втором десятилетии после рубки.

Увеличение диаметров и высот у молодых деревьев ели и подроста способствовало интенсивному наращиванию запаса. Текущий прирост по запасу в исследуемом насаждении довольно высок (6,4 м<sup>3</sup>/га) и соответствует величине прироста еловых древостоев черничного типа леса II класса бонитета [12]. После рубок переформирования текущий прирост откладывается на наиболее ценных в хозяйственном отношении еловых деревьях. К концу 20-летнего анализируемого периода запас восстановился и составил 108% от дорубочного запаса. Доля подроста в наращивании запаса равна 53%. Отпад за этот промежуток времени незначителен и составляет 13 деревьев с запасом 0,53 м<sup>3</sup>/га. Отпад в основном представлен тонкомерными сухостойными деревьями. Интенсивность отпада значительно меньше чем интенсивность пополнения, что свидетельствует об устойчивости данной категории к рубкам переформирования.

## Динамика таксационных показателей в осушенных березово-еловых древостоях после рубок перероформирования

Год исследования	Состав	Число стволов, шт/га общее если	Полн абс. м <sup>2</sup> относ.	Запас м <sup>3</sup> /га общий если	Средние		Прирост по запасу, м <sup>3</sup> /га		Отпад, шт/га годичн. за п лет	Отпад, м <sup>3</sup> /га годичн. за п лет	Подрос достигший четных размеров, шт/га	Интенсивность отпада, %	Интенсивность пологонения, %
					Д, см	Н, м	средний	текущий					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1983 (до рубки)	7Б <sub>90</sub> 1Е <sub>50</sub> 1Е <sub>80</sub> 1С <sub>150</sub>	929 451	13,74 0,69	97,8 24,1	9,7	8,1	-	-	-	-	-	-	-
1983 (после рубки)	10Е <sub>80</sub>	- 371	2,81 0,14	- 13,1	9,7	8,1	0,2	-	-	-	-	-	-
1988	10Е <sub>85</sub>	- 784	6,19 0,32	- 30,6	11,8	9,6	0,4	3,5	0,6 3	0,02 0,1	416	0,4	53,1
1993	10Е <sub>90</sub>	- 968	9,58 0,46	- 48,1	14,1	11,3	0,5	3,5	0,2 1	- 0,03	185	0,1	19,1
2003	10Е <sub>100</sub> + Б <sub>20</sub>	1602 1480	14,15 0,69	- 112,4	17,8	14,1	1,1	6,4	2 10	0,04 0,43	522	0,7	35,3

Обобщение и анализ материалов позволяют сделать следующие выводы:

1. На ход естественного возобновления ели под пологом осушенных березняков существенное влияние оказывает напочвенный покров, развитие которого зависит от полноты древостоев.

2. Товарность осушенных березняков очень низкая и не окупает затраты на осушение. Выход деловой древесины составляет 42-55%.

3. Рубки переформирования в березово-хвойных насаждениях при наличии достаточного количества молодого елового тонкомера и подроста способствуют выращиванию хозяйственно-ценных и продуктивных древостоев на осушенных землях.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Медведева В.М.* Влияние осушения на продуктивность березовых древостоев. В сб.: Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск, 1997, с.71–75.

2. *Жильцова С.Г.* Болотные березняки северной части междуречья Оби и Томи. /Ботанические исследования в азиатской России: Материалы XI съезда Русского ботанического общества (18–22 августа 2003 г., Новосибирск – Барнаул). Том 2, - Барнаул, 2003, с.355–356.

3. *Архтов В.И., Березин В.И.* Анализ влияния лесосушительной сети на таксационную характеристику березовых насаждений. Труды СПбНИИЛХ.: Гидротехническая мелиорация земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. СПб. 1997. С.71–72.

4. *Heikurainen L., Kenttämies K., Laine J.* The environmental effects of forest drainage // *Suo* 29. – 1978 (3–4) – p. 49-58.

5. ГОСТ 9462-71 «Лесоматериалы круглые лиственных пород». 15 с.

6. ГОСТ 3443-88 «Дрова для отопления, сухой перегонки и углежения». 5 с.

7. *Елина Г.А., Кузнецов О.Л.* Биологическая продуктивность болот южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск, 1977, с. 105–123.

8. *Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И.* Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л., 1984. 128 с.

9. *Грабовик С.И.* Изменение биологической продуктивности мезотрофных болот под влиянием осушения // Методы исследований болотных экосистем таежной зоны. Л. 1991, с.28–41.

10. *Ананьев В.А., Грабовик С.И.* Влияние напочвенного покрова на возобновление ели на осушенных болотах // Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации: Сборник научных трудов Института леса Национальной академии наук Беларуси, 2003, с.89–91.

11. *Неволин Н.Н., Шленкин Н.П.* О восстановлении ельников на осушаемых землях. Информационные материалы совещания: Гидролесомелиорация и эффективное использование земель лесного фонда. Вологда, 1998, с.270–275.

12. *Казимиров Н.И.* Производительность еловых насаждений по типам леса. Петрозаводск, 1991. – 42 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ОСУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОВОДСТВЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

*В.Н. Гаврилов*

Несмотря на длительный опыт ведения хозяйства в лесах Карелии, а также появлению новых приоритетных направлений в лесопользовании экологического характера в республике с повестки дня не снимаются вопросы разработки мероприятий по повышению продуктивности древостоев, улучшения породного состава с целью выращивания ценной древесины. В частности, это касается осушенных древостоев и молодняков, сформировавшихся на осушенных болотах, характеризующихся специфическими условиями произрастания, а давность осушения составляет 30–40 лет.

Гидролесомелиорация в условиях Карелии, где до 37% лесной площади представлено лесами на болотных почвах и болотами, является важным лесохозяйственным мероприятием. Работы по осушению земель лесного фонда производились, главным образом, в 60–80 годы прошлого столетия. В результате в осушенном гидролесомелиоративном фонде республики насчитывается около 650 тыс. га, из которых 42% – слабооблесенные и безлесные до осушения болота (1), из них две трети площадей были оставлены под естественное зарастание. В результате лесовозобновления значительные площади бывших болот были переведены в покрытую лесом площадь. Особенно успешно лесообразовательный процесс проходил в южной части Карелии (среднетаежная подзона), где естественным путем облесилось до 80–90% осушенных болот, не включенных в лесокультурный фонд (2,3). В то же время для повышения эффективности затрат на гидролесомелиорацию необходима система мероприятий по ведению в осушенных древостоях лесного хозяйства.

### **Материалы и обсуждение**

Основными пионерными породами в первые 10–15 лет после осушения в условиях Карелии являются сосна обыкновенная и береза пушистая. В итоге, в зависимости от наличия источников обсеменения, плодородия почвы, достаточности осушения и ряда других факторов формировались молодняки, отличающиеся составом, густотой и продуктивностью древостоев. В условиях переходных

осушенных болот, которые являются в республике основными объектами для лесовыращивания, нередко формируются древостои неудовлетворяющие по своим таксационным характеристикам целям лесного хозяйства. Так, по данным лесоустройства, через 10 лет после осушения среди площадей бывших открытых болот, переведенных в покрытую лесом площадь, до 40% – это молодняки с преобладанием в составе березы пушистой (менее четырех единиц в составе хвойных). При этом березняки образуются главным образом на более плодородных почвах. Кроме этого, около 30% осушенных древостоев в районе исследований также представлено березняками (1).

Отношение лесоводов к наличию березы в составе смешанных (с сосной) древостоев неоднозначно. Многими авторами, изучавшими эту проблему на минеральных и торфяных почвах (4,5,6,7,8,9 и др.), отмечается, что оптимальные условия роста для сосны обыкновенной складываются в смешанных древостоях, особенно в условия средней и северной подзон тайги, при участии березы в составе 20–30%, вследствие почвоулучшающих свойств этой породы. На осушенных болотах ее роль может повышаться за счет ускорения образования лесной подстилки, угнетения развития сфагновых мхов и «биологической» мелиорации. Однако в Прибалтике (10,11) примесь березы пушистой на осушенных болотах считалась нежелательной из-за низкого товарного качества ее древесины. Позитивное воздействие березы на экологические условия среды не адекватны потере ценной древесины вследствие межвидовой конкуренции и угнетения сосны и ели.

Отношение к срокам, количеству и интенсивности лесоводственных уходов в молодняках многие исследователи связывают с особенностями условий произрастания, что повышает необходимость изучения этих вопросов на региональном уровне. При этом большинство проведенных исследований относится к минеральным почвам. Например, Л.Ф.Ипатов (6) считает, что, при участии в составе березы 20% и менее, необходимость в осветлении на севере отпадает и рубки ухода можно начинать (при необходимости) с прочисток в возрасте 30 лет с интенсивностью 25–30%. Указывается на необходимость и важность проведения прореживания в период интенсивного роста и дифференциации деревьев по высоте (и как следствие этого отпада) в молодняках как на минеральных, так и осушенных болотных почвах (12,13) с оставлением деревьев, занимающих лидирующее положение в пологе, и вырубкой отстающих в росте.

Для условий осушенных болот имеются рекомендации (13) о возможности совмещения осветления и прореживания в возрасте 20–50 лет, при давности осушения 10–25 лет, совмещая низовой и верховой методы. В.В.Худяков (14) считает, что рубки ухода в сосновых молодняках (40–50 лет) интенсивностью 30% (по запасу) в Архангельской области повышают их устойчивость к внешнему воздействию и уменьшают отпад.

Проблемой смешанных древостоев на осушенных болотах является то, что лиственные представлены в составе в основном, как уже упоминалось, березой пушистой, древесина имеет низкую хозяйственную ценность вследствие поражения стволовыми грибами уже в довольно раннем возрасте – 25–30 лет. По нашим измерениям доля пораженных стволов в возрасте 30–60 лет достигает 70–80%. Учитывая, что березняки произрастают на наиболее плодородных почвах, а также, что в первые десятилетия береза растет быстрее и угнетает сосну, возникает необходимость проведения лесохозяйственных мероприятий по преобразованию (реконструкции) древостоев лесоводственными или лесокультурными методами. На минеральных почвах к реконструкции назначали в основном лиственные молодняки двух первых классов возраста (15,16). На осушенных болотных почвах объектом реконструкции являются древостои всех возрастных групп неудовлетворительные по составу, низкополнотные, расстроенные, которые произрастают на потенциально плодородных почвах (17,18,19). В последние годы, при активизации рыночных отношений, рекомендуется реконструкция насаждений всех возрастных групп и на минеральных землях (20). В то же время, опыт по реконструкции (переформированию) малоценных лиственных древостоев на осушенных болотных почвах незначительный и, для оптимизации проведения лесоводственных и лесокультурных мероприятий, необходимы долгосрочные исследования.

Переформирование малоценных лиственных древостоев возможно лесоводственными и лесокультурными методами. В данной работе речь пойдет о реконструкции березняков при проведении рубок ухода, что применимо при наличии источников обсеменения и подроста ценных хвойных пород. Однако, древостои, формирующиеся на слабооблесенных до осушения болотах, характеризуются довольно сложным строением вследствие наличия на площади деревьев разного возраста (два-три поколения) лесообразующих пород. Это обуславливает образование ступенчато-разновозрастного типа возрастного строения, что отмечалось ранее в исследованиях

как в других регионах (13,21), так и в наших предыдущих работах (3,22). В этих условиях проведение рубок, по мнению А.М.Тараканова (21) сложно отнести к какому-то определенному виду ухода и возникает необходимость совмещения элементов осветления, прореживания, а иногда и рубок главного пользования. Специальные наставления по проведению рубок ухода в молодняках на осушенных болотных почвах отсутствуют, поэтому при планировании мероприятий учитываются общие требования, предъявляемые при осуществлении данного лесохозяйственного мероприятия (23). Это касается сроков их проведения, интенсивности выборки. Однако специфичность условий произрастания предопределяет внесение корректив в режим ухода за формирующимися древостоями на осушенных болотах. Во-первых, неоднократно отмечался более замедленный здесь процесс дифференциации деревьев по высоте (24,13,21 и др.), который активизируется в третьем десятилетии после осушения, в связи с чем возникает возможность совмещения осветления и прореживания в один прием. Во-вторых, размещение деревьев на площади носит контагиозный (групповой) характер, что, по мнению Miina (25), снижает продуктивность молодняков на 20–25%. При общей полноте 0,7–0,8, полнота в группах может быть больше единицы, что влияет на отбор деревьев в рубку и интенсивность выборки. Кроме этого, интенсивность выборки может повлиять и на изменение водного режима – повышении уровня почвенно-грунтовых вод (21) и на устойчивость к внешним воздействиям оставляемых деревьев, в первую очередь сосны и ели. Установлено, что сосна на осушенных болотах имеет поверхностную корневую систему. При этом формируется укороченный стержневой корень (26) или он отсутствует (27), что увеличивает вероятность ветровала при снижении густоты древостоя. Все вышесказанное предопределило проведение экспериментальных рубок для оценки их последствий на продуктивность и устойчивость древостоя.

### **Объект и методика**

Объектом изучения был выбран березняк осоково-сфагновый, расположенный в окрайковой зоне большого болотного массива (до суходола 150–200 м). До осушения участок представлял собой сосново-березовую редицу с густотой до 1 тыс. деревьев на гектаре с приблизительно равным соотношением составляющих пород (сосна обыкновенная и береза пушистая). Относительная полнота менее 0,2. Болотный массив осушен в 1970 году, расстояние между осу-

шителями 60 метров, глубина каналов (после осадки торфа) около 1 метра. Мощность торфяной залежи (через 20 лет после осушения) – 0,8 м в центре межканальной полосы. Торфяная залежь на всю глубину сложена переходными осоковыми и древесно-осоковыми торфами и характеризуется довольно высокими показателями плодородия. Зольность торфа – 3,5–4,5%, степень разложения от 25 до 45%, обменная кислотность (рН в КСl) – 3,2–4,0.

В живом напочвенном покрове явно доминируют пушица влагалищная и болотные кустарнички (касандра, подбел, клюква), встречаемость которых при учете составила 100%, имелись «пятна» карликовой березы. Моховой покров представлен в основном сфагнумами (*Sphagnum angustifolium*) и в незначительном количестве по микроповышениям зелеными мхами. Поверхность почвы кочковатая, кочки высотой до 20 см занимают 20–30% площади.

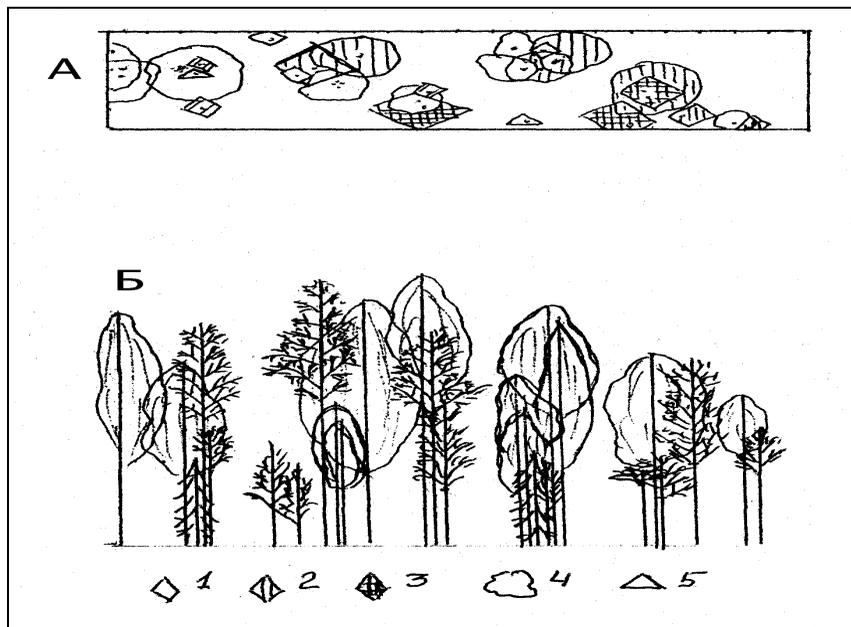
Экспериментальные рубки ухода с целью реконструкции малоценного березового насаждения проведены в 1992 году. Предварительно на участке была заложена постоянная пробная площадь (ППП5) размером 0,24 га, которая была поделена на две равные части. Одна была оставлена в качестве контроля. На пробной площади был проведен сплошной пересчет в древостое по 2-сантиметровым ступеням толщины по породам и поколениям. К этому моменту на площади образовался древостой, отличающийся сложным составом, связанным с разновозрастностью и происхождением лесобразующих пород (табл. 1). Кроме имеющейся до осушения древесной растительности появилось большое количество деревьев после его производства, чему способствовало наличие источников семян и небольшое расстояние между каналами. В итоге, через 20 лет после проведения гидролесомелиорации образовалось высокополнотное (относительная полнота 0,9–1,0) насаждение с густотой 4,7–5,2 тыс. стволов на гектаре деревьев пересчетного диаметра. В составе преобладает береза пушистая (70–80% по количеству стволов и 50–60% по запасу), среди которой 85% – деревья, появившиеся после осушения, в т. ч. порослевого происхождения – 40%. Доля сосны, среди которой визуальнo выделяются три поколения: деревья, появившиеся после осушения, из подростa до осушения (30–50 лет) и старше 70 лет, по густоте не превышает 30%, но по запасу стволовой древесины достигает 40–50%, вследствие наличия крупномерных стволов из поколений до осушения.

Т а б л и ц а 1  
**Изменения таксационных показателей древостоя  
 в результате проведения рубки**

Год измерения	Состав		Количество стволов шт./га	Абсолютная полнота м <sup>2</sup> /га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас растущий, м <sup>3</sup> /га	Полнота относительная
	по густоте	по запасу						
ППП5к (контроль)								
1992	7,8Б40	5,9Б40	4106	11,69	6,0	7,6	55,73	0,77
	0,8С20	0,1С20	405	0,249	2,8	4,4	0,932	0,01
	1,0С60	4,0С60	527	5,941	11,9	10,6	37,849	0,2
	0,4Е15	+Е15	189	0,157	3,3	3,9	0,435	0,01
	ед.Ос							
Итого			5227	18,037			94,946	0,99
ППП5р (после рубки)								
1992	2,3С60	6,8С60	528	10,3	15,8	11,6	43,154	0,33
	2,3С20	0,2С20	530	0,344	2,9	4,8	1,404	0,02
	4,7Б40	2,9Б40	1082	3,85	6,7	8,0	18,36	0,25
	0,7Е15	0,1Е15	180	0,23	4,0	4,0	0,722	0,02
	Итого			2320	14,724			63,64

Древесная растительность на неосушенных болотах располагается в основном на микроповышениях, что обуславливает неравномерное, куртинное размещение деревьев в осушенных древостоях. Сомкнутость полога в молодняках, формирующихся на осушенных осоково-сфагновых болотах в первые десятилетия после мелиорации колеблется в пределах 60-80%, даже при высокой относительной полноте. Наличие деревьев разных возрастных поколений лесообразующих пород и групповое размещение деревьев способствовало формированию сложного по горизонтальной и вертикальной структуре древостоя (рис. 1), что, как уже отмечалось, характерно для условий осушенных болот на северо-западе. Это способствует появлению просветов, «окон» в пологе и появления здесь возобновления древесных пород, первоначально сосны и березы, а впоследствии и ели. Учет подраста, проведенный по категориям высоты (а для сосны и возраста) ленточным способом и круговыми площадками (для выявления встречаемости) показал на его достаточное количество для формирования ценного хвойного древостоя. При этом, с увеличением давности осушения идет постоянное пополнение за счет появляющегося подраста. В изучаемом древостое в 1992 году насчитывалось 6–7 тысяч экземпляров этого элемента древостоя, из которых до 60% – под-

рост сосны, средний возраст которого составлял 9 лет, высота – 0,6 м, встречаемость около 70%. К этому моменту (20 лет после осушения) под пологом начинает появляться ель (средний возраст 5 лет), но доля ее в составе подроста еще незначительна.



**Р и с . 1** Горизонтальное (А) и вертикальное (Б) строение полога древесного на осушенном осоково-сфагновом болоте

*Условные обозначения:* с. : 1 – сосна (до 20 лет), 2 – 21-40 лет, 3 – более 40 лет, 4 – береза, 5 – ель

В дальнейшем количество подроста продолжает увеличиваться (табл. 2), особенно на площади, пройденной рубкой. При этом доля сосны в составе резко уменьшается и возрастает доля ели, преобладает мелкий подрост.

Как уже отмечалось, на участке сформировался высокополнотный древостой с преобладанием в составе березы пушистой, отличительной особенностью которого является разновозрастность и, как следствие, ступенчатое вертикальное строение полога. Фактически образовался двухъярусный древостой. Первый ярус – деревья сосны и березы, произраставшие на участке до осушения, второй – появившиеся после мелиоративных работ. Особенно это касается возобновления хвойных пород. Средние высоты по-

слемелиоративных поколений сосны и ели в два раза ниже, чем деревьев первого яруса. Береза, семенная и порослевая, вследствие биологических особенностей и более быстрого роста в первые десятилетия обгоняет сосну и через 20 лет после осушения практически выходит в первый ярус.

Т а б л и ц а 2

**Характеристика подроста древесных пород в год и через 11 лет после рубки**

Состав	Густота экз. /га	Средняя высота, м	Всходы, экз. /га
1992 г.			
6,8С	6250	0,64	
1,4Е	1290	0,55	
1,4Б	1290	0,86	
0,4Ос	370	0,48	
<b>Итого</b>	<b>9200</b>		
2003 год, ППП5К			
5,8Е	6426	0,4	
2,5С	2737	0,4	476
1,7Б	1904	0,9	
<b>Итого</b>	<b>11067</b>		<b>476</b>
2003 год, ППП1Р			
5,1Е	11543	0,38	833
1,8С	4046	0,32	1071
3,1Б	7021	0,6	833
<b>Итого</b>	<b>22610</b>		<b>1904</b>

При планировании мероприятия в рубку назначались в основном деревья березы. В первую очередь это касалось экземпляров, непосредственно угнетающих деревья сосны и ели. Кроме этого разреживались куртины порослевой березы, вырубались единичные деревья сосны разных поколений, не отреагировавшие на осушение, отставшие в росте, поврежденные, больные и сухостойные. В итоге доля выборки по количеству стволов, как указано в таблице 3, составила около 50% (2,4 тыс. шт./га). Из этого количества 90% представлено лиственными породами, в т.ч. 80% – береза пушистая, появившаяся после осушения. По запасу выборка составила 29,3%, что не противоречит требованиям (23) и считается умеренной при уходе в смешанных хвойно-лиственных молодняках (4). Из общего объема выборки 95% – древесина березы. К ликвидной древесине относится 62% (16,5 м<sup>3</sup>/га).

### Результаты

Измерения, проведенные после рубки, как видно из таблицы 1, свидетельствуют об образовании в результате ухода сосново-березового древостоя с составом по запасу 7С<sub>40-80</sub>3Б<sub>40</sub> со вторым ярусом 6,6С<sub>20</sub>3,4Е<sub>15</sub>. Рост сосны соответствует росту древостоев по III–IV классам бонитета для минеральных почв.

Повторные учеты 2003 года показали, что за 11 лет структура древостоев, образовавшаяся после рубки, в целом сохранилась. Хотя, по данным таблицы 4, тенденции в изменении хода формирования и роста по элементам древостоев в контроле и варианте рубки имеют свои особенности. В обоих случаях значительно (в среднем в 4 раза) увеличилось количество деревьев ели, достигших высоты измерения диаметра при переците (1,3 м), до 0,75–0,8 тыс.шт./га. Наоборот, уменьшилось число стволов березы, на контроле до 50%, в варианте рубки – 30%. В то же время, сокращение числа стволов березы не вызвало каких-либо существенных изменений в составе по запасу древостоев. Это объясняется тем, что в отпад идут в основном деревья низших ступеней толщины, вследствие высокой требовательности этой породы к свету и ее усыхания при угнетении более высокими рядом произрастающими деревьями.

**Т а б л и ц а 3**  
**Объем выборки при рубках ухода по элементам леса**

Порода	Возраст	Часть древостоя, вырубленная при уходе					
		По количеству стволов			По запасу		
		шт./га	Состав вы-борки	Доля вы-борки по густоте, %	м <sup>3</sup> /га	Состав вы-борки	Доля выбор-ки, %
Сосна	20	115	0,5	18	0,26	0,1	15
Сосна	40	74	0,3	21	0,6	0,2	6,9
Сосна	70	32	0,1	11	0,46	0,2	1,3
Береза сем.	20	913	3,8	64	6,24	2,3	72
Береза пор.	20	995	4,1	76	7,03	2,6	52
Береза	40	269	1,2	52	12,1	4,6	55
Итого		2398	10	50,7	26,69	10	29,3

Характер изменения числа стволов молодого поколения сосны, появившегося после осушения, отличается по вариантам. По данным таблицы 4, в контрольном варианте общая густота этого элемента древостоя снизилась за 11 лет на 38%, а в результате ухода, наоборот, увеличилась на 30%. При этом максимальный диаметр в варианте рубки достигает 14 см, а уменьшение числа стволов имеет место лишь в самой нижней ступени (2 см). В контроле же число стволов снижается по всему ряду, за исключением самой высокой ступени – 8 см. Отпад в хвойной части древостоя также идет главным образом за счет деревьев низших ступеней толщины. Особенно это проявляется в ухоженном варианте. Средний диаметр сухостоя здесь меньше среднего диаметра сосны после осушения, а его количество составляет около 200 деревьев на гектаре.

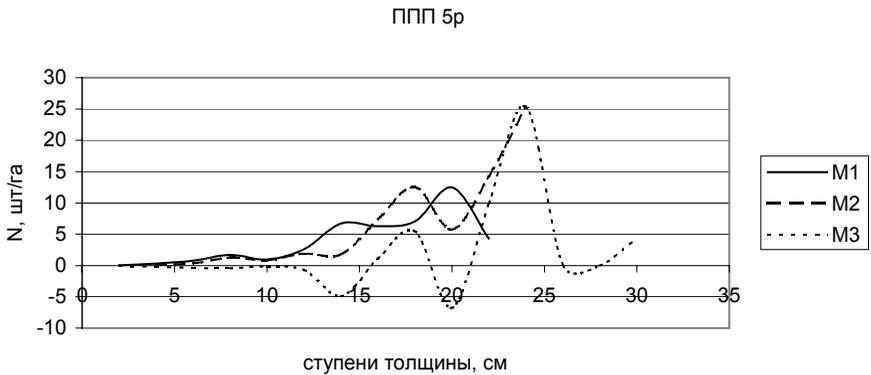
В контроле количество сухостойных деревьев в два раза больше, а средний диаметр в полтора раза выше, чем этот показатель у растущей сосны, появившейся после осушения. Тем самым, проведение рубки способствовало улучшению условий роста и развития молодой сосны, густота которой со временем увеличивается за счет подроста. Показатели роста (средний диаметр на высоте груди, средняя высота) у этого элемента древостоя здесь выше, чем на контроле на 20%, а ежегодное накопление запаса стволовой древесины – почти в 7 раз (см. табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Сравнительная характеристика древостоев через 11 лет после проведения рубки**

Год измерения	Состав		Количество стволов (густота) шт./га	Абсолютная полнота м <sup>2</sup> /га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас растущий, м <sup>3</sup> /га	Полнота относительная	Накопление запаса, м <sup>3</sup> /га в год
	по густоте	по запасу							
<b>Контроль</b>									
2003	5,8Б50	5,1Б50	1897	14,502	9,8	11,5	79,001	0,74	2,12
	0,8С25	0,1С25	253	0,222	3,3	4,5	1,326	0,01	0,03
	1,0С70	4,6С70	328	8,84	18,5	13,8	71,848	0,27	3,09
	2,4Е20 ед. Ос	0,2Е20	810	0,846	3,6	3,6	2,971	0,08	0,23
<b>Итого</b>			<b>3288</b>	<b>24,41</b>			<b>155,146</b>	<b>1,1</b>	<b>5,47</b>
<b>Рубка</b>									
2003	1,5С70	6,2С70	405	10,113	17,8	15,2	75,693	0,3	2,96
	2,6С25	0,4С25	693	0,927	3,9	5,4	4,348	0,05	0,26
	3,0Б50	2,9Б50	774	6,217	10,1	11,3	35,66	0,32	1,57
	2,9Е20	0,5Е20	750	1,305	4,7	4,7	5,002	0,09	0,39
<b>Итого</b>			<b>2622</b>	<b>18,662</b>			<b>120,703</b>	<b>0,76</b>	<b>5,19</b>

Изменения в целом в составах древостоев по количеству стволов и запасу за изучаемый период незначительные, за исключением увеличения доли ели, особенно в составе по густоте – до 25–30%. Доля запаса березы в контроле достигает 50%, в ухоженном древостое – 29%, однако по темпам накопления запаса сосна опережает березу в обоих случаях, и этот показатель достигает у сосны 3 м<sup>3</sup>/га в год. Изменение величины запаса по ступеням толщины носит у сосны волнообразный характер, как показано на рисунке 2, что свидетельствует о разновозрастности (наличии разных поколений) сосновой части древостоя. У березы эти изменения более равномерные.



**Р и с . 2. Изменение распределения запаса стволовой древесины сосны, появившейся до осушения (M1 – запас 1992 г.; M2 – 2003 г.; M3 – 2003–1992гг.).**

В заключение можно сказать, что проведение ухода в сформировавшемся в условиях осушенного осоково-сфагнового болота березово-сосновом высокополнотном древостое оказалось весьма эффективным. Выборка березовой части объемом до 30% запаса и снижение относительной полноты до 0,6 не привело к каким-либо негативным последствиям в плане снижения продуктивности и устойчивости древостоя. Накопление запаса ценной сосновой древесины приблизительно равное в контроле и в варианте руби и достигает  $3 \text{ м}^3/\text{га}$  в год. В то же время в контрольном варианте береза пушистая состав-

ляет 50–60% состава, как по густоте, так и по запасу. В варианте ухода доля березы через 11 лет после его проведения не превышает 30%. Вследствие высокой густоты древостоев в обоих случаях отмечено усыхание отстающих в росте деревьев светолюбивых пород (сосны и березы). Отпад идет в основном за счет молодого поколения, т.е. деревьев, появившихся после осушения. В то же время, если в контроле за изучаемый период количество молодой сосны уменьшилось, в варианте рубки – увеличилось за счет подростка. В результате увеличения давности осушения, наличия источников семян на участке идет формирование второго яруса с преобладанием в составе хвойных пород. Учитывая условия произрастания, теневыносливость ели и большое количество ее подростка под пологом древостоя, можно с большой долей уверенности прогнозировать, что именно эта порода составит в будущем основу второго яруса.

#### Л и т е р а т у р а

1. Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А. Экологические аспекты гидрлесомелиорации в Карелии. Петрозаводск. 2000. 155 с.
2. Саковец В.И., Гаврилов В.Н. Лесообразовательные процессы на осушенных болотах Карелии. – Петрозаводск, 1994, 102 с.
3. Гаврилов В.Н. Лесохозяйственная оценка облесения осушенных болот Карелии // Автореф. дисс. канд. с.-х. н. – СПб., 1997, 24 с.
4. Бузыкин И.И., Пишеничникова Л.С. Формирование сосново-лиственных молодняков. – Новосибирск, «Наука», 1980, 176 с.
5. Зябченко С.С., Козлов А.Ф., Иванчиков А.А., Дьяконов В.В. Рубки ухода за лесом в Карелии. Петрозаводск, 1979, 85 с.
6. Ипатов Л.Ф. Строение и рост культур сосны на европейском севере. – Архангельск, 1974, 108 с.
7. Кабашишникова Г.И. Взаимоотношения сосны и березы в чистых и смешанных насаждениях различного состава // Биофизические и системные исследования в лесной биогеоценологии. Петрозаводск, 1976, с. 42–43.
8. Паутов Ю.А. Влияние естественного возобновления лиственных пород на рост и дифференциацию культур сосны // Комплексные биоценологические исследования хвойных лесов Европейского Северо-Востока. – Сыктывкар, 1985, С. 99–107.
9. Heikurainen L. Development of seedlings stands on drained peatlands // Silva Fennica, 1982, vol. 16, №3. С. 287–321.
10. Буш К.К., Иевинь И.К. Экологические и технологические основы рубок ухода. – Рига, 1984, 172 с.
11. Кронит Я.Я. Культуры и рубки ухода на осушенных площадях // Ведение лесного хозяйства на осушенных лесных площадях. – Рига, 1966, с. 3–12.
12. Сакс К.А. О реконструкции малоценных насаждений в Латвийской ССР // Труды Института лесохозяйственных проблем и химии древесины. – Рига, 1961. Т. XXII. С. 45–52.

12. *Сеннов С.Н.* Результаты длительного опыта с рубками ухода за лесом // Материалы Российско-Финского симпозиума по рубкам ухода. – Йозенуу, 1993. С. 5–8.

13. Дружинин Н.А. Влияние прореживания на состояние и рост сосновых насаждений на осушенных торфяных почвах // Гидролесомелиорация: задачи и координация исследований. – СПб., 1994. С. 21–25.

14. *Худяков В.В.* Устойчивость и сохранность древостоев на осушенных торфяных почвах после рубок ухода // Гидролесомелиорация: задачи и координация исследований. – СПб., 1994, с. 27–28.

16. *Чмыр А.Ф.* Биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги. – Л., 1977, 160 с.

17. *Гиряев Д.М.* Лесное хозяйство на осушенных землях Мещеры // «Лесное хозяйство», 1976, № 11. С. 51-53.

18. *Залитис П.* Продуктивность осушенных лесов в зависимости от состояния каналов в них // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Межвуз. сб. научных тр. – Л., ЛТА, 1992. С. 73–76.

19. Лесохозяйственные мероприятия на осушенных землях (Метод. указания). – Петрозаводск, 1983, 26 с.

20. Разработка комплекса мероприятий по реконструкции насаждений, обеспечивающих восстановление и повышение продуктивности, устойчивости и биоразнообразия лесов (Проект 1.03.02.) // Программа ВНИИЛМ «Российский лес» (Краткий отчет за 1999 г.). – М., 2000. С. 20-23.

21. *Тараканов М.А.* Рост осушенных лесов и ведение хозяйства в них. Архангельск. 2004. 229 с.

22. *Гаврилов В.Н.* Формирование естественных молодняков на осушенных осоково-сфагновых болотах в Южной Карелии // Гидролесомелиорация: задачи и координация исследований. СПб., 1994. С. 33–34.

23. Наставление по рубкам ухода в лесах Республики Карелия. – Петрозаводск, 1995, 40 с.

24. *Волперский С.Э.* Исследование роста молодняков сосны, возникших после мелиорации на осушенных торфяных почвах // Труды Института леса АН СССР, т. XXXVI. – М., 1957, С. 86–108.

25. *Miina J.* Spatial growth model for Scots pine on drained peatland // *Silva Fennica*. – Vol. 28 (1), 1994. С. 15–27.

26. *Волперский С.Э.* Биологические основы эффективности лесосошения. М., 1968, 312 с.

27. *Петрова И.В., Санников С.Н.* Изоляция и дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург. 1996. 140 с.

# ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ.

*В. А. Козлов, М. В. Кистерная, Я. А. Аксененкова*

## **Введение**

Известно, что лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, мелиорация, внесение удобрений) в значительной степени влияют на качество древесины сосны обыкновенной, поскольку условия произрастания определяют ее физико-технические, химические и другие свойства [1].

Имеется достаточно сведений, подтверждающих значительный скачок радиального прироста древесины сосны после проведения лесохозяйственных мероприятий, однако их влияние на качество древесины не столь однозначно [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Недостаточно изучено изменение анатомических элементов древесины в древостоях, подвергавшихся влиянию лесохозяйственных мероприятий [8]. В то же время необходимо отметить, что данные характеристики (число рядов трахеид, размеры трахеид) оказывают существенное влияние на прочностные свойства древесины.

В ряде публикаций отмечается более интенсивный рост деревьев на мелиорированных почвах во второй половине вегетации, за счет чего увеличивается доля поздней древесины в годичном слое [9, 5], при этом плотность повышается на 7–10% [9]. Однако, если осушение сопровождается значительным увеличением прироста, происходит снижение этих показателей на 5–7 и 8–11% соответственно. [10, 11, 12]. С возрастом реакция древостоя на осушение постепенно снижается [2, 13, 14, 15].

В результате улучшения условий произрастания (водно-воздушный режим почв) после осушения повышается смолопродуктивность древостоев [16, 17, 18].

Удобрения вызывают скачок прироста в первые годы после их внесения. Уширение годичного кольца происходит за счет увеличения числа рядов ранних трахеид [19, 20, 21, 22]. В последующие годы отмечается снижение прироста [23, 24, 25, 26].

Дополнительное минеральное питание, по мнению большинства исследователей, снижает плотность древесины сосны [27, 28, 29], наиболее значительно – в комлевой части ствола. Ускоренный рост негативно сказывается на содержании смолистых веществ в древесине сосны, однако при этом общая концентрация фенолов не меняется.

Рубки ухода являются эффективным лесохозяйственным приемом увеличения продуктивности лесных угодий. На изменение качества древесины при рубках влияют условия произрастания, интенсивность и способ проведения [30, 31], возраст насаждений [5]. Отмечается снижение плотности ранней древесины в результате более интенсивного образования ранних трахеид большего диаметра [32, 7]. Повышение доли поздней древесины после прореживания отмечается только в случае улучшения водного режима насаждения. Разница между плотностью древесины в комлевой и вершинной части ствола может достигать 17–25% [33].

Проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий на мелиорированных площадях вызывает синергетическое воздействие на биомассу древесных фракций и рост дерева. Отрицательный эффект падения качества древесины снижается за счет изменения плотности при одновременном увеличении доли поздней древесины [34].

Опыты по химической мелиорации, проведенные на минеральных почвах, в целом приводят к снижению плотности, за счет изменения соотношения ранней и поздней древесины и уменьшения толщины клеточных оболочек [35]. В то же время внесение удобрения в насаждения на торфяно-болотных почвах, которые до проведения гидромелиорации отличались замедленным ростом, способствует более полному использованию элементов питания на формирование прироста древостоя [36] и положительно на качество древесины. Повышение плотности в этом случае происходит за счет увеличения толщины клеточных оболочек при сохранении соотношения поздней и ранней древесины [13].

Большинство исследователей описывают воздействие отдельных лесохозяйственных мероприятий, таких как: осушение, рубки ухода, внесение удобрений на качество древесины и ее химический состав, но крайне мало сообщений по влиянию данных мероприятий в комплексе, особенно, в долгосрочном аспекте.

Участки, на которых проводились исследования, являются характерными для Южной Карелии, что также придает актуальность проведенным исследованиям.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом данных исследований являлась древесина сосны обыкновенной, *Pinus sylvestris* L, произрастающей на опытных участках Института леса Карельского НЦ РАН на территории стационара «Киндасово» (Пряжинский район Республики Карелия). Опытные

участки были заложены в одном из наиболее распространенных типов осушенных лесов в Карелии – сосняке травяно-сфагновом на осушенной переходной почве. Были проанализированы данные, полученные с пяти участков: 1) осушенный древостой (участок I); 2) осушенный древостой, пройденный проходной рубкой (участок II); 3) осушенный удобренный древостой (участок III); 4) осушенный, пройденный проходной рубкой, удобренный древостой (уч. IV); 5) контроль – неосушенный древостой (участок V). Осушение I–IV участков было проведено в 1972 г., проходные рубки с полной выборкой березы были проведены на участке II в 1982 г., а на участке IV – в 1984 г., минеральные удобрения ( $N_{75}P_{125}K_{75}$ ) вносились на участки III и IV в 1984 г. Подробное описание опытных участков приведено в работе. [37].

Изучение физико-химических свойств и анатомического строения древесины проведено на кернах, отобранных на модельных деревьях на высоте 1.3 м возрастным буровом Пресслера, и на спилах.<sup>1</sup>

Измерение ширины годичного кольца и процента поздней древесины проводили с помощью программы KERN (А. Ермаков, 2000) на оцифрованных изображениях.

Образцы древесины для микроскопических исследований вырезались из спилов. На роторном микротоме изготавливались поперечные срезы толщиной 30 мкм. Готовые постоянные препараты анализировались на световом микроскопе «МБИ-15». Измерения числа рядов клеток, радиального размера люмена и толщины радиальных стенок ранних и поздних трахеид производили двумя способами, приблизительно с одинаковой точностью: 1) с помощью окуляр-микрометра; 2) при помощи программы цифровой обработки компьютерных изображений Sigma ScanPro.

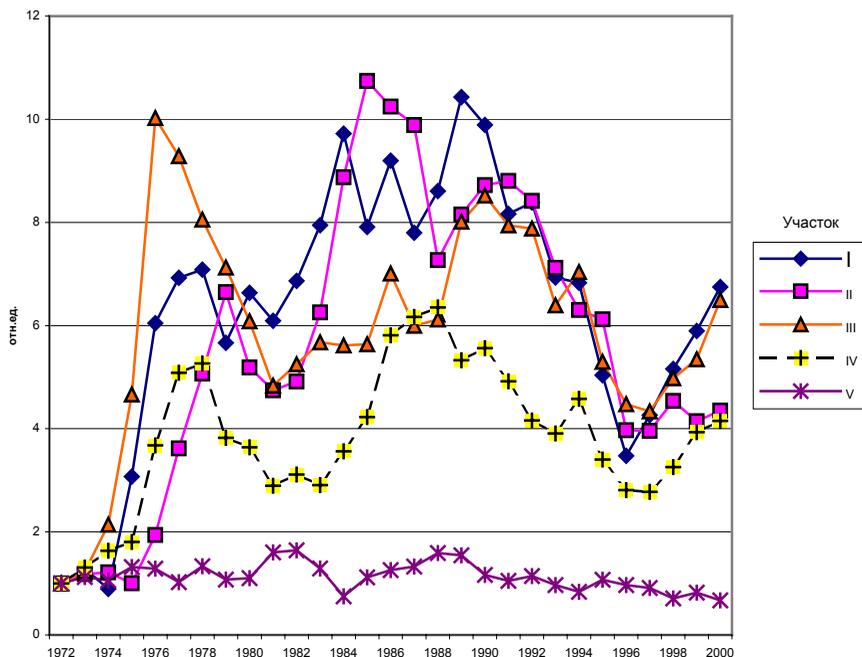
Плотность древесины образцов, соответствующих различным периодам (до и после лесохозяйственных мероприятий), определялась способом измерения выталкивающей силы [5]. Для получения картины годичной динамики плотности использовался рентгеновский плотномер [38]. В результате обработки данных плотномера была получена информация о следующих параметрах годичного кольца: общая ширина, ширина поздней и ранней зоны, плотность ранней и поздней древесины, максимальная и минимальная плотность, динамика изменения плотности в зоне перехода от ранней древесины к поздней.

Элементный состав древесины определялся методом классического термического сжигания и последующего анализа продуктов разложения

---

<sup>1</sup> Выбор модельных деревьев и отбор образцов проведены гл. инж. В.А. Матюшкиным, измерения выполнены к. б. н. Е.А. Житковой.

[39] на CHNS анализаторе Perkin-Elmer в аналитической лаборатории Института Биологии Коми НЦ РАН.



Р и с. 1. Изменение относительной ширины годичного кольца под влиянием комплекса лесохозяйственных мероприятий. Данные нормированы на 1972 г. Описание участков № I–V приведено в п. «Объекты и методы исследования»

После сухого озоления образцов определяли зольность, содержание общего азота – по Кьельдалю, фосфора – по Труоргу, калия – пламенно-фотометрическим методом [40]. Определеение смолистых веществ проводили гравиметрическим методом после экстракции этиловым спиртом [41]. Анализы выполнены в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

## Результаты и обсуждение

### *Ширина годичного кольца*

До проведения лесохозяйственных мероприятий средняя ширина годичного кольца древесины на всех участках была примерно одинаковой –  $0,27 \pm 0,04$  мм. Улучшение водно-воздушного режима почв после осуше-

ния привело к увеличению ширины годичного кольца уже в следующее пятилетие (рис. 1).

Причем на участке III и IV увеличение прироста произошло на второй год после мелиорации, а на участках I и II – лишь в 1975–76 гг. Максимальный прирост на всех участках наблюдается на 4–7-ой гг. (1.05–1.9 мм), затем, на 8–9 гг. он несколько снижается (см.рис.1). Положительный эффект осушения прослеживается в течение всего 30-летнего периода наблюдений, причем средняя ширина годичного кольца в два раза выше, чем на неосушенном участке 2,1 и 0,9 в 1985–1990 и 1,19 и 0,6 в 1995–2000 .

Известно, что влияние рубок ухода на качество древесины в значительной степени зависит от их интенсивности и способа проведения [5] Проведение проходных рубок с полным удалением березы в сосняке травяно-сфагновом на осушенной переходной почве аналогично осушению активизировало камбиальную деятельность, чем вызвало увеличение ширины годичного слоя. Оптимальные условия для роста древостоя устанавились к 3–7 году после проведения рубки, в данный период фиксируется максимальный прирост по диаметру (см.рис.1) Благоприятные условия произрастания сохранились довольно долго в течение 14 лет (до 1996 г). В первые 9 лет радиальный прирост был на 10-20% выше, чем на осушенном участке, на 10–14 г. достоверных различий показателя не выявлено, а затем, можно отметить заметное снижение прироста (ниже контрольного значения на 30%,  $p=0,001$ )

Внесение удобрений в сосняке травяно-сфагновом на переходной почве вызвало значительный скачок прироста по диаметру через три года, но последствие удобрений прослеживается еще в течение 14 лет, что является подтверждением данных М.П. Корчагиной, В.А. Матюшкина [36].

Проведение рубки и внесения удобрений в комплексе вызывают значительное увеличение прироста по диаметру (в 2 раза). Наибольшее значение ширины годичного кольца приходится на 3–5 годы после проведения мероприятий (см.рис. 1). Последствие данных мероприятий в комплексе оказалось более длительным по сравнению с просто рубкой и осушением.

Увеличение годичного прироста после проходных рубок и внесения удобрений обусловлено в большой мере их положительным влиянием на формирование кроны и функционирование ассимиляционного аппарата [33].

### **Число рядов трахеид**

Активизация работы камбиального слоя древесины привела к более интенсивному образованию трахеид. Число рядов ранних и поздних трахеид под влиянием осушения увеличилось в 3–4 раза (табл. 1) и сохранялось на протяжении всего периода наблюдений. Тенденция к снижению

числа рядов клеток в годичном кольце появилась лишь спустя 20–25 лет после осушения.

Изменение прироста после проведения рубок, так же как после осушения и внесения удобрений, произошло за счет возрастания числа рядов трахеид: ранних в 6, а поздних в 7 раз (см.табл. 1).

Необходимо отметить значительное повышение числа рядов ранних и поздних трахеид после проведения рубки и внесения удобрений в комплексе. Данный показатель по сравнению с контрольным участком возрос на 20–90%. (см.табл.1).

После внесения удобрений (уч.III) число рядов трахеид в приросте возросло. При этом, как и в варианте комплексного ухода (уч. IV), происходило более интенсивное образование поздних трахеид (см.табл.1).

### **Размеры клеток**

После гидромелиорации возрастает биомасса ассимиляционного аппарата [37], что способствует более интенсивному снабжению зон роста ассимилянтами, и благоприятствует не только интенсивной работе камбия, но и активным процессам роста клеток и синтеза их вторичных стенок. Уширение годичного кольца происходит за счет интенсивного образования трахеид большего размера. Данное лесохозяйственное мероприятие оказало значительное влияние на размеры как ранних, так и поздних трахеид. Наши результаты согласуются с данными В.А.Ипатьева [13] о повышении прироста за счет увеличения размеров трахеид. Радиальный диаметр люмена ранних трахеид снизился в первое пятилетие на 15% ( $p=0,017$ ), но в последующие годы происходило его увеличение (+16%,  $p=0,04$ ) с одновременным возрастанием толщины клеточной стенки (см.табл.1). Для поздней зоны древесины характерным является интенсивное образование более толстостенных трахеид большего диаметра. Максимальное увеличение диаметра люмена поздних трахеид составило 31%, а толщины клеточной стенки 66% и пришлось на 1985–90 гг. Формирование в ранней и поздней зонах древесины более крупных и толстостенных трахеид под влиянием мелиорации отмечали В.А. Матюшкин и В.А. Козлов [9].

Проведение рубки также отразилось на размерах трахеид. Т.Morling [32] отмечал характерное образование тонкостенных трахеид в ранней и поздней зонах древесины после проходных рубок. В нашем случае наблюдалось снижение толщины клеточной стенки (-12%,  $p=0,001$ ) и радиального диаметра люмена (-15%) лишь для поздних трахеид относительно контрольного (осушенного) участка (см.табл. 1). Через 20–25 лет

после рубки в ранней зоне начинают образовываться более толстостенные трахеиды.

**Т а б л и ц а 1**  
**Изменение числа рядов трахеид в приросте, радиального диаметра**  
**полости и толщины радиальной стенки трахеид под влиянием**  
**комплекса лесохозяйственных мероприятий.**  
 Описание участков см.п. "Объекты и методы"

№ участ-ков	Анализи-руемые периоды в годах	Общее число клеток в приросте	Ранние клетки			Поздние клетки		
			Число клеток в приросте	Диаметр люмена, мкм	Толщина стенки, мкм	Число клеток в приросте	Диаметр люмена, мкм	Толщина стенки, мкм
I	1969–1971	12,4/6,5	7,6/3,4	25,9/4,3	2,1/0,3	4,8/3,3	6,4/1,3	4,7/0,5
	1973–1975	11,8/9,2	5,9/2,9	21,9/6,6	2,1/0,3	6,0/7,2	5,7/1,0	4,1/1,0
	1985–1990	47,1/18,4	22,6/11,7	31,2/2,0	3,3/0,6	20,6/12,7	8,4/2,6	7,8/0,9
	1995–1999	21,2/18,4	10,3/8,4	26,3/5,3	2,7/0,8	10,8/10,1	6,5/1,9	5,8/2,1
	Среднее	23,2	11,59	26,3	2,6	10,56	6,7	5,6
II	1969–1971	9,2/4,5	5,6/1,9	20,2/2,7	2,3/0,6	3,6/2,1	4,5/0,7	4,0/0,9
	1973–1975	8,0/3,0	5,4/2,4	20,3/2,9	2,4/0,5	2,6/0,7	4,7/0,6	3,8/0,6
	1985–1990	59,5/19,1	32,3/10,1	29,5/2,8	3,0/0,6	27,2/9,4	6,5/1,0	6,1/0,9
	1995–1999	26,1/7,3	11,9/4,4	27,0/4,7	3,1/1,2	14,3/6,4	5,9/1,5	5,4/1,2
	Среднее	25,7	13,79	24,3	2,7	11,91	5,4	4,8
III	1969–1971	11,4/1,8	6,7/0,9	25,0/1,8	4,4/1,8	4,7/1,1	6,1/1,1	6,5/1,8
	1973–1975	37,2/27	19,4/16,0	24,5/6,0	3,3/1,0	19,5/16,5	7,3/1,4	5,4/1,3
	1985–1990	55,8/18,7	27,0/7,7	31,6/2,3	3,6/1,0	28,8/13,3	8,7/2,4	6,4/1,0
	1995–1999	41,2/12,0	18,3/4,0	27,5/2,4	3,6/0,6	22,9/10,3	7,5/1,8	6,8/0,9
	Среднее	36,39	17,83	27,1	3,8	18,97	7,4	6,3
IV	1969–1971	14,3/12,5	8,1/6,3	20,1/5,4	2,8/0,9	6,3/6,4	4,7/0,9	5,1/1,1
	1973–1975	22,3/11,4	13,1/5,6	24,9/4,3	2,5/2,8	6,8/7,7	7,4/2,8	4,4/0,9
	1985–1990	61,4/15,4	29,6/10,2	29,3/2,6	3,5/1,7	31,8/8,0	8,0/1,7	5,9/2,2
	1995–1999	39,2/9,9	16,5/3,8	28,1/2,3	2,8/0,9	22,7/8,0	6,7/0,9	6,2/1,7
	Среднее	34,3	16,8	25,6	2,9	16,88	6,7	5,4

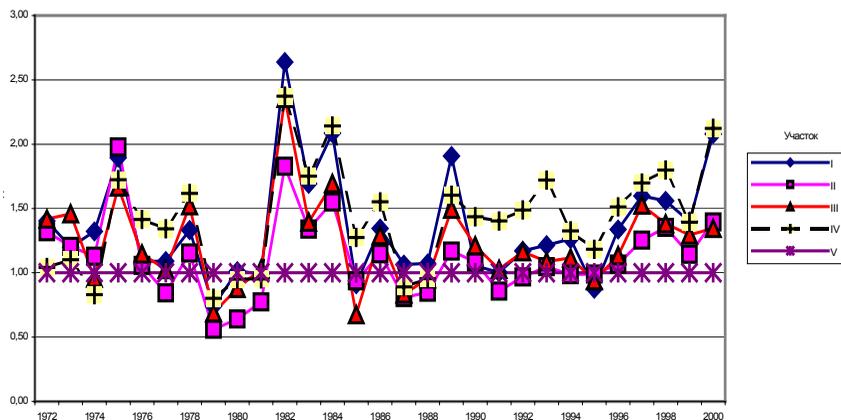
*Примечание:* В числителе приведены средние значения, в знаменателе – стандартное отклонение.

После внесения удобрений радиальный диаметр люмена ранних трахеид древесины увеличился на 24% ( $p=0,002$ ). Таким образом, дополнительное минеральное питание приводит к образованию менее толстостенных поздних трахеид, толщина клеточной стенки которых снижается на 17% ( $p=0,001$ ) (см.табл.1).

Аналогичное влияние оказывает проведение рубки и внесения удобрений в комплексе. Толщина клеточной стенки поздних трахеид снижается (-15%,  $p=0,015$ ).

## Процент поздней древесины

За счет более интенсивного роста деревьев на мелиорированных площадях во второй половине вегетации, увеличивается доля поздней древесины в годичном слое [9, 11]. В 1975 г. в древесине всех опытных участков этот показатель был в 1,7–2 раза выше, чем в древесине с неосушенного контроля. Благоприятные условия для формирования поздней древесины сохранялись в течение всего периода наблюдений, при этом максимальное увеличение наблюдалось в 1982 г. (в 1,8–2,65 раза) (рис. 2) (табл.2).



Р и с . 2 . Изменение доли поздней древесины в годичном кольце под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования».

Необходимо отметить отрицательный эффект рубки на содержание поздней древесины в течение всего периода наблюдений, по сравнению с контрольным участком доля поздней древесины уменьшилась на 15% ( $p=0,05$ ) (см.рис. 2). Полученные данные согласуются с утверждением С.М.Синькевича [42] о снижении процента поздней древесины в стволах разреженного древостоя.

После проведения рубки и внесения удобрений доля поздней древесины повысилась лишь через 15 лет (1991–95 гг,  $p=0,0001$ ), а в 1985–2000 гг. этот показатель превышал значение с контроля на 5%, что говорит о большем эффекте после проведения лесохозяйственных мероприятий в комплексе (см.рис.2). Известно, что в изреженном древостое увеличение относительной протяженности кроны,

оказывающее значительное влияние на формирование древесины, может происходить в течение достаточно длительного времени, в то время как внесение минеральных удобрений повышает доступность питательных веществ лишь на несколько лет [36]. Полученные данные свидетельствуют о том, что рубки оказывают наибольшее влияние на изменение величины прироста, а длительность последствий этих мероприятий примерно одинакова.

Т а б л и ц а 2

**Базисная плотность и доля поздней древесины, сформировавшейся в результате проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий**  
Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования»

№ участка	Анализируемые периоды в годах	Возраст деревьев, количество моделей					
		до 90 лет, 10		80–120 лет, 15		Свыше 120 лет, 10	
		Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %	Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %	Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %
I	1968–1972	471+49		546+56	27,7+ 3,7		
	1973–1978	413+42		474+64	31,3+ 4,7		
	1985–1990	452+38		529+85	33,7+ 4,4		
	1995–1999	506+32		550+79	35,1+ 6,3		
II	1968–1972	458+30	22,5+ 7,9	517+31	26,8+4,4	494+34	20,8+ 8,5
	1973–1978	378+28	26,5+ 8,4	472+24	30,3+ 6,3	469+26	26,6+ 9,6
	1985–1990	450+22	36,0+ 8,8	462+80	28,1+ 2,7	439+55	34,0+ 11,2
	1995–1999	494+32	38,0+ 10,8	485+91	27,7+ 4,0	514+35	26,7+ 9,4
III	1968–1972	524+89	23,5+ 3,6	489+51	27,1+ 5,5	503+56	17,2+ 5,0
	1973–1978	483+71	25,6+ 10,2	469+70	28,8+ 4,4	470+54	18,3+ 12,5
	1985–1990	454+3	26,7+ 4,6	516+74	29,6+ 3,9	461+46	18,8+ 5,6
	1995–1999	518+26	30,1+ 9,4	563+71	29,9+ 5,5	476+43	23,3+ 5,5
IV	1968–1972	511+96	19,1+ 5,7	543+71	25,5+ 3,1	514+70	26,9+ 11,2
	1973–1978	497+9	19,2+ 6,1	491+71	25,6+ 6,8	525+76	24,3+ 9,9
	1985–1990	463+7	15,3+ 4,6	473+28	35,8+ 6,1	471+55	27,2+ 9,5
	1995–1999	471+47	21,8+ 6,8	512+60	37,5+ 3,0	481+56	27,1+ 11,8
V	1968–1972			500+27	25,3+ 2,5		
	1973–1978			502+9	22,4+ 3,1		
	1985–1990			495+30	28,6+ 2,7		
	1995–1999			508+32	22,5+ 2,9		

### Плотность

До проведения лесохозяйственных мероприятий плотность древесины сосны на всех участках была примерно одинаковой и составляла: для молодых (до 90 лет) деревьев 497±6 кг/м<sup>3</sup>; средневозрастных (90–120 лет) – 523±3 кг/м<sup>3</sup>; старовозрастных (более 120 лет) 503±5 кг/м<sup>3</sup>.

Известно, что чем моложе древостой, тем выше его реакция на осушение [3, 10, 18, 30]. В нашем случае наиболее резкое снижение плотности древесины произошло в первое пятилетие после мелиорации: у деревьев моложе 120 лет в среднем на 20% ( $p=0,003$ ), а старше 120 лет – на 8% ( $p=0,002$ ) (см. табл. 2). Полученные данные согласуются с результатами С.П. Ефремова [10] для хорошо осушенного мелкозалежного болота и В.А. Ипатьева [13], изучавшего сосняки осоково-сфагновые на торфяно-болотных почвах. Некоторое снижение плотности древесины молодых деревьев сосны, когда осушение сопровождается значительным увеличением прироста, отмечал и О.И. Полубояринов [11].

Однако после адаптационного периода, плотность древесины повышается за счет увеличения плотности ранней и доли поздней древесины [9]. Начиная с 1985 г., плотность древесины с осушенных участков выше, чем с неосушенных.

Изреживание древостоя (участок II) практически не повлияло на плотность древесины деревьев возраста 80–120 лет (-2% ( $p=0,25$ ) в 1985–1990; +4% ( $p=0,19$ ) в 1996–2000. Плотность древесины сосны в возрасте до 90 лет увеличилась на 16% в 1985–1990 ( $p<0,005$ ) и на 7% в 1995–2000 ( $p=0,10$ ). Реакция старовозрастных деревьев (старше 120 лет) на изменение светового режима проявилась значительно позже (+16%, 1996–2000г.  $p=0,08$ ).

Проведение лесохозяйственных мероприятий в комплексе (рубка и удобрение), вызвало снижение плотности древесины на 12%, объясняющееся значительным увеличением прироста. Снижение плотности древесины в разреженных удобренных сосняках черничных отмечалось С.М. Синькевичем [42], Т. Мерлингом (T. Morling) [32].

По данным О.И. Полубояринова, для того, чтобы выработка волокнистых полуфабрикатов не сократилась в результате снижения плотности древесины, необходимо увеличить объем заготавливаемой и перерабатываемой древесины на величину, приблизительно равную проценту снижения плотности [5]. Результаты наших исследований показали, что происходящее в результате комплекса лесохозяйственных мероприятий снижение плотности древесины компенсируется значительным увеличением прироста (в 2 раза), что приводит к увеличению общего запаса древесины.

### **Химический состав**

При интенсивном росте деревьев изменяются не только анатомическое строение и плотность, но и химический состав древесины, что влияет на качество изготавливаемой из нее продукции [3]. Результаты

анализа химического состава древесины сосны, сформировавшейся под влиянием различных лесохозяйственных мероприятий, приведены в таблице 3.

**Т а б л и ц а 3**  
**Результаты химического анализа древесины сосны, сформировавшейся в результате проведения комплексных лесохозяйственных мероприятий**  
 Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования»

Уча- сток	Анализи- руемый период	Содержание элементов, %						
		азот*	углерод*	водород *	фосфор**	калий **	золь- ность **	смоли- стые**
I	1968–1972	0,09+0,02	48,9+0,7	6,93+0,14	0,2	0,03	0,22	6,0+2,2
	1973–1978	0,12+0,02	48,9+0,7	6,81+0,14	0,1	0,03	0,25	5,1+0,9
	1985–1990	0,13+ 0,02	48,2+0,7	6,42+0,13	0,2	0,02	0,41	4,5+0,8
	1995–1999	0,13+0,02	48,3+0,7	6,45+0,13	0,2	0,04	0,41	4,1+1,3
II	1968–1972	–			0,01	0,01	0,18	6,8+2,9
	1973–1978	–			0,02	0,04	0,12	6,4+1,7
	1985–1990	–			0,02	0,03	0,2	5,6+1,1
	1995–1999	–			0,02	0,06	0,43	4,7+0,7
III	1968–1972	0,13+0,02	48,9+0,7	6,06+0,12	0,2	0,01	0,23	6,4+1,5
	1973–1978	0,10+0,02	48,0+0,7	5,95+0,12	0,2	0,02	0,17	5,9+0,9
	1985–1990	0,08+0,01	48,8+0,7	6,07+0,12	0,2	0,02	0,52	5,8+0,4
	1995–1999	0,10+0,02	48,8+0,7	6,1+0,12	0,2	0,02	0,51	5,0+1,0
IV	1968–1972	0,12+0,02	48,7+0,7	6,51+0,13	0,1	0,02	0,33	6,1+1,2
	1973–1978	0,12+0,02	48,7+0,7	6,28+0,13	0,2	0,03	0,45	4,7+0,5
	1985–1990	0,12+ 0,02	47,8+0,7	6,76+0,14	0,2	0,03	0,41	5,7+1,1
	1995–1999	0,16+0,03	48,1+0,7	6,80+0,14	0,2	0,05	0,46	4,2+0,8

*Примечание* – \* измерения выполнены в экоаналитической лаборатории Коми научного центра УрО РАН, аналитик к.х.н. Кондратенко Б.М.; \*\* измерения выполнены в аналитической лаборатории Института леса Кар НЦ РАН, аналитики Баишникова Т.Г., Коржова М.А.. Доверительный интервал при определении фосфора, калия, зольности 0,05.

После осушения отмечено повышение содержания азота и незначительное снижение содержания фосфора в древесине, сохраняющееся на весь период исследований (до 2003 г.). Улучшение усвоения древесной растительностью азота, при неизменности режима калийного питания отмечалось и ранее [27]. Дополнительное минеральное питание расходуется в первую очередь на создание ассимиляционного аппарата [36], что приводит к снижению содержания азота в древесине (см.табл. 3), особенно заметному в первые пять лет, и влияет на размеры формирующихся трахеид [43].

В образцах, отобранных на участке комплексного ухода, содержание азота остается постоянным с некоторым повышением в последние пять лет. Наблюдается некоторое повышение содержания фосфора в древесине с данного участка.

Внесение удобрений увеличивает содержание зольных элементов. Это происходит за счет снижения толщины клеточных стенок поздних трахеид и более интенсивного образования ранней древесины, содержащей больше золы, лигнина, пентозанов и экстрактивных веществ [3].

Отмечена общая тенденция увеличения содержания калия в древесине от ядра к заболони, на фоне которой не удалось выявить влияния лесохозяйственных мероприятий.

Лесохозяйственные мероприятия не привели к изменению количества основных структурообразующих элементов древесины – водорода и углерода.

Во всех проанализированных образцах наблюдается снижение смолистости древесины от ядра к заболони. Достоверное влияние на содержание смолистых веществ оказало лишь осушение ( $p < 0,05$ ). Последующие рубка и внесение удобрений несколько увеличили смолопродуктивность древостоев, однако после комплексного ухода это наблюдалось только в первые 5 лет после проведения мероприятий. Полученные результаты согласуются с данными финских исследователей [44, 45].

Многолетние исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Гидролесомелиорация оказала положительное влияние на запас и качество древесины в сосняках травяно-сфагновых на переходной почве. Осушение способствует интенсивному формированию более крупных и толстостенных трахеид. Увеличение плотности происходит за счет увеличения плотности ранней и процента поздней древесины. Однако во время адаптационного (5-летнего) периода плотность древесины снижается у молодых деревьев (-20%), у средне- и старовозрастных – на 8%.

2. Проведение рубок ухода и внесения минеральных удобрений в осушенных сосняках способствует образованию более тонкостенных ранних и поздних трахеид. После изреживания снижается доля поздней древесины. Внесение минеральных удобрений вызывает значительное увеличение диаметра ранних трахеид. На осушенных почвах не происходит достоверного снижения плотности древесины после проходных рубок и внесения минеральных удобрений, что свидетельствует об экономической эффективности этих лесохозяйственных мероприятий.

3. Комплекс лесохозяйственных мероприятий (проходная рубка+удобрение) на мелиорированных почвах снижает плотность древесины, однако

уменьшения запаса древесины по массе при этом не происходит. Также в данном случае не отмечено заметного изменения химического состава древесины, что является положительным фактором при использовании ее в качестве сырья для химической переработки.

4. У деревьев III–V классов возраста после мелиорации в стволе формируется неоднородная по физическим свойствам древесина, поэтому не рекомендуется ее использовать для изготовления нагруженных элементов конструкций.

5. По степени воздействия на годичный прирост лесохозяйственные мероприятия можно ранжировать следующим образом: удобрения < производные рубки < рубка + удобрение < осушение, а по длительности рубка - и удобрение < комплекс рубка и удобрение < осушение.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Перельгин Л. М.* Древесиноведение. М. 1969. 316 с.
2. *Ваганов Е. А., Шашкин А. В.* Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск. 2000. 232 с.
3. *Коржицкая З.А., Матюшкина А.П.* Изменение свойств древесины под влиянием лесохозяйственных мероприятий / Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Петрозаводск. 1980. С. 5–33.
4. *Москалева С. А.* и др. Влияние рубок ухода на плотность древесины стволов сосны в продольном направлении // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1987. Архангельск. 1988. С. 63–64.
5. *Полубояринов О. И.* Плотность древесины. М. 1976. 160 с.
6. *Ericson B.* Effects of thinning on the basic density and content of latewood and heartwood in Scots pine and Norway Spruce. Dep. Forest Yield Research, Royal College of Forestry, Stockholm. Research Notes. 1966. N 41. 291 p.
7. *Moschler W.W., Dougal E.F., McRae D.D.* Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. following thinning. Wood Fiber Sci. 1989. V.21. P.87–142
8. *Кистерная М.В., Аксененкова Я.А.* Изменение анатомического строения древесины сосны под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Изв. Вузов. Лесн. журн. 2005, в печати.
9. *Матюшкин В.А., Козлов В.А.* Изменение плотности древесины под влиянием гидролесомелиорации / Проблемы и перспективы развития народно-хоз. комплекса Карелии: Тезисы докл. Всес. науч. практ. конф. Петрозаводск. 1989.
10. *Ефремов С. П.* Пионерные древостои осушенных болот. Новосибирск. 1987. 249 с.
11. *Полубояринов О. И.* Исследование качества болотных и осушенных хвойных насаждений // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Петрозаводск. 1980. С. 33–55.
12. *Varhimo A., Kojola S., Penttila T., Laiho R.* Quality and yields of pulpwood in drained peatland forests: pulpwood properties of Scots pine in stands of first commercial thinning. // *Silva Fennica*. 2003/ Vol. 37. N. 3. P. 343–357.

13. *Ипатьев В.А.* Гидролесомелиорация и качество древесины / Современные проблемы гидролесомелиорации. Тез. докл. третьего советско-финского симпозиума (г. Псков. 9–10 сентября 1982) Л. 1982. С.116–119.
14. *Косарев В.П., Андрющенко Т.Т.* Радиальный прирост осушенных хвойных древостоев / Гидротехническая мелиорация земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. СПб: СПбНИИЛХ. 1997. С.54–57.
15. *Смирнов А.П.* Динамика радиального прироста осушенных сосняков в связи с опытными рубками / Мониторинг осушенных лесов Мат. Совещания, Лисино-корпус Ленинградской области, 6–7 сентября 2001 г. СПб. 2001. С. 117–121.
16. *Суханов В. И.* Зонально-типологические особенности смолопродуктивности основных насаждений / Лесоводственные исследования на зонально-типологической основе. Науч. Тр. АИЛиЛХ. Архангельск. 1984. С.39–40.
17. *Федяев А.Л.* Смолопродуктивности основных насаждений на осушенных торфяных почвах / Гидролесомелиоративный мониторинг и эксплуатация осушительных систем: Сб. науч. Тр. ЛенНИИЛХ. Л. 1991. С. 65–70.
18. *Anderson G. A.* Effect of intensive pine plantation management on southern wood supply and quality // *Tappi*. 1978. Vol.61. N1. P. 85–89.
19. *Гелес И. С., Левкина Г. М.* Влияние удобрений на длину трахеид сосны / Строение, свойства и качество древесины. Симпозиум координационного совета по современным проблемам лесовосстановления. Москва – Мытищи 13–17 ноября 1990. С. 77–81.
20. *Бахвалов Ю. М.* Влияние минеральных удобрений на анатомическое строение древесины ели // Мат. годичной сессии по итогам работ за 1977 г. Архангельск. 1978. С. 55–57.
21. *Москалева С. А., Крыжановская Л. Е.* Длина трахеид древесины сосны в древостоях, формируемых рубками ухода // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1989. Архангельск. 1990. С. 59–60.
22. *Степаненко И. И.* Динамика формирования древесины сосны в удобренных насаждениях различных типов леса / Мат. 3-го междунар. симпоз. «Строение, свойства и качество древесины – 2000». Петрозаводск. 2000. С.95–98.
23. *Межибовский А. М.* Анализ влияния удобрений на радиальный прирост сосны. / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. всес. совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 13–14.
24. *Прокушкин С. Г., Бузыкин А.И.* Продолжительность действия азотных удобрений в сосняках среднего Приангарья / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. всес. совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 128–129.
25. *Тялли П.Г.* Динамика прироста древесины в средневозрастном сосняке брусничном, под влиянием удобрений / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. Докл. Всес/ совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 134–135
26. *Valinger E.* Effect of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian J.For.Res.* 1992. 7. P. 219–228.
27. *Вярибила В. В. Шлейнис Р. И.* Влияние удобрения основных насаждений на качество древесины // Лесное хозяйство. 1981. № 12. С. 8–11.

28. *Beets P.N., Gilchrist K., Jeffreys M.P.* Wood density of radiata pine: effect of nitrogen supply // *Forest ecology and management*. 2001. 145. P.173–180.
29. *Zobel B.J., van Buijtenen J.P.* Wood variation: its causes and control. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 1989. 363 p.
30. *Barbour R.J., Fayle D.C.F., Chauret G., Cook J., Karsh M.B., Ran S.* Brest-height relative density and radial growth in mature jack pine (*Pinus banksiana*) for 38-years after thinning. *Can.J.For.Res.*, 1994. V.24. P. 2439–2447
31. *Tassisa G., Burkhart H.E.* Modelling thinning effects on ring specific gravity of Lobolly pine (*Pinus taeda* L.). *For. Sci.* 1998. 44. P. 212–223.
32. *Morling T., Valinger E.* Effects of fertilization and thinning on heartwood area, sapwood area, and growth in Scots pine. *Scand. J. For. Res.* 1999. V. 14. p.279.
33. *Valinger E.* Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment. *Can.J.For. Res.* 1993. V. 23. P. 1639–1644.
34. *Козлов В. А., Матюшкин В. А.* Изменение свойств древесины при внесении удобрений на осушенных землях. *Информ.матер. СПб.* 1992. С.55–56.
35. *Sundström E., Magnusson T., Hännell B.* Nutrient conditions in drained peatlands along a north-south climatic gradient in Sweden // *Forest ecology and management*. 2000. V. 126. P. 149–161.
36. *Корчагина М.П., Матюшкин В.А.* Применение удобрений в сосняках кустарничково-сфагновых на осушенных торфяных почвах / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез.докл. всес. совещ. г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 152–153.
37. *Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии. Петрозаводск. 2000. 155 с.
38. *Козлов В.А., Филипов М.М.* Информационный листок №218–79, 1979. 2 с.
39. *Гекклер К., Экштайн Х.* Аналитические и препаративные лабораторные методы. М. 1994. 416 с.
40. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М. МГУ. 1961. 491 с
41. *Практические работы по химии древесины и целлюлозы / Оболенская А. В. и др.* М. 1965. 412 с.
42. *Синькевич С.М.* Влияние разреживания и удобрения на качество древесины в средневозрастном сосняке / Сосново-лиственные насаждения Карелии и Мурманской области. Петрозаводск. 1981. С. 115–122.
43. *Козлов В. А.* Изменение структуры древесины под влиянием внесения минеральных удобрений/ Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Сб. Петрозаводск. 1980. С. 55–71.
44. *Kytö M., Niemelä P., Annala E.* Effects of vitality fertilization on the resin flow and vigor of Scots pine in Finland // *For. Ecol. And Manag.* 1998. V. 102. P. 121–130
45. *Malkonen E., Derome J., Fritze H., Helmisaari H-S, Kukkola M., Kyto M., Saarensalmi A., Salemaa M.* Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals // *N Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1999. V.55. P. 239–268.

## **ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА РОСТ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

*С.М. Синькевич*

В условиях напряженного лесосырьевого баланса одним из возможных путей интенсификации лесопользования является развитие рубок промежуточного пользования, позволяющих полнее использовать потенциал лучших участков лесного фонда и одновременно содействовать выращиванию хозяйственно ценных насаждений (1).

Реальные возможности осуществления стратегии устойчивого и развивающегося лесопользования в значительной мере ограничиваются состоянием транспортной инфраструктуры и природными условиями бореального пояса, в который за последние 20 лет перемещается мировой объем лесозаготовок. По существующим оценкам менее четверти лесов России доступны для производства древесины и в этом отношении Карелия располагает не лучшим потенциалом, поскольку масштабное повышение плодородия лесных угодий в настоящее время трудно осуществимо как из-за сложности экономической ситуации, так и по причине ряда проблем социально-экологического характера.

В этих условиях закономерно возрастание непосредственной заинтересованности хозяйствующих субъектов в эффективном использовании экономически доступных ресурсов путем проведения лесоводственных мероприятий. Она должна подкрепляться не только соображениями ближайшей выгоды, но и научно обоснованными положениями, привязанными к условиям конкретного региона. На протяжении последнего десятилетия особенный интерес лесопользователей привлекают рубки ухода, как операция, позволяющая непосредственно окупить проведение работ и, по крайней мере, теоретически, – улучшить состояние лесного фонда.

Многочисленные публикации последнего десятилетия в области лесной экологии подтверждают все возрастающий интерес научной общественности к результатам долгосрочных наблюдений, которые являются наиболее достоверным критерием справедливости многочисленных прогнозов и умозаключений (2). В то же время «число публикаций об экспериментах с рубками ухода обратно пропорционально длительности наблюдений» за насаждениями (3) и на рынке научно-технической продукции имеется значительное количество моделей, обеспечивающих устойчивое ведение интенсивного лесного хозяйства.

Устойчивость насаждений зависит от их соответствия условиям среды и с этих позиций неизменным атрибутом организации рубок промежуточного пользования должна быть экологическая обоснованность планируемой эффективности ведения хозяйства, которая определяется в основном потенциалом почвенного плодородия и степенью его использования.

В течение более чем полувекового существования в Карелии лесоводства, как науки (4) было выполнено большое количество экспериментальных исследований в области разреживания древостоев. Использование этой информации в сочетании с материалами повторных наблюдений на стационарных объектах дало возможность оценить последствия проведенных рубок с позиций законодательно закрепленных положений социальной экологии и с учетом результатов, полученных в соседних регионах (3,5).

Выполненное исследование преследовало своей целью оценить лесоводственную эффективность рубок ухода, дающих коммерчески ценную древесину с учетом баланса экологической устойчивости насаждений и их хозяйственной продуктивности. Территориально опытные объекты, использованные для сбора материала, расположены в Калевальском (8), Кондопожском (5), Петрозаводском (3), Прионежском (3), Пряжинском (3), Суоярвском (4) районах Карелии. На постоянных пробных площадях (ПП) размером 0,2–0,5 га, заложенных 10–30 лет назад в сосновых насаждениях, где в опытном или опытно-производственном порядке были проведены лесоводственные уходы, периодически выполнялись таксация древостоя в соответствии с ОСТ 56-6983. Для уточнения деталей динамики прироста отбирались керны буравом Пресслера на высоте 1,3 м у деревьев, представляющих различные естественные и антропогенные пространственные группировки. На стационарных объектах со сплошной нумерацией деревьев динамика прироста по диаметру оценивалась по материалам их регулярных точных измерений. Отдельное внимание уделено влиянию технологических коридоров на рост деревьев. На ряде опытных объектов при их закладке вносились азотные удобрения, что дает дополнительную информацию для оценки фактора почвенного плодородия.

### **Изменение прироста отдельных деревьев**

Реакция составляющих насаждение деревьев на изменение условий, вызванное проведением ухода, выражается в усилении камбиальной активности, приводящему к формированию более широких

годовых слоев. Информация об их размерах позволяет не только оценивать изменение диаметров деревьев, но и получать представление о реакции отдельных категорий деревьев, различающихся размерами и положением в насаждении. Графики динамики ширины годовых слоев позволяют определять различия в реакции насаждений и отдельных категорий деревьев на климатические изменения и оценивать влияние последних на эффективность проводимых мероприятий.

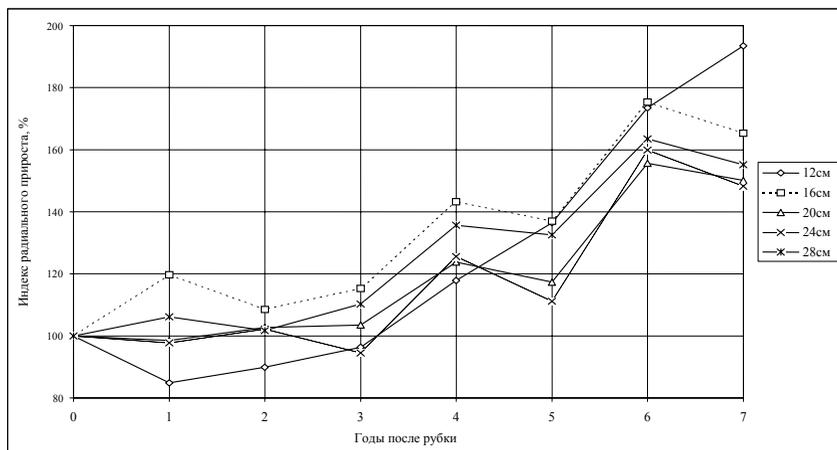
С учетом неизбежных исходных различий абсолютных величин динамику радиального прироста целесообразно анализировать в виде индексов, которые в данном исследовании, учитывая сравнительную кратковременность изучаемого временного периода, определены в виде процентного отношения к средней ширине годового кольца за 5 лет перед проведением ухода.

Разреживание, выполненное в 1982 году в 70-летнем насаждении с помощью малогабаритного гусеничного харвестера «Макири» дополнялось внесением азотных удобрений. Технология лесосечных работ предусматривала вывозку заготовленных сортиментов колесным форвардером в связи с чем в насаждении была организована сеть коридоров шириной 4 м через каждые 27–30 м.

На контрольной пробной площади прирост самых тонких деревьев (8 см) в течение первого десятилетия после 1982 года неуклонно продолжал снижаться в среднем на 10% ежегодно; у остальных деревьев ширина годовых слоев колебалась в диапазоне  $\pm 15\%$  от исходного уровня.

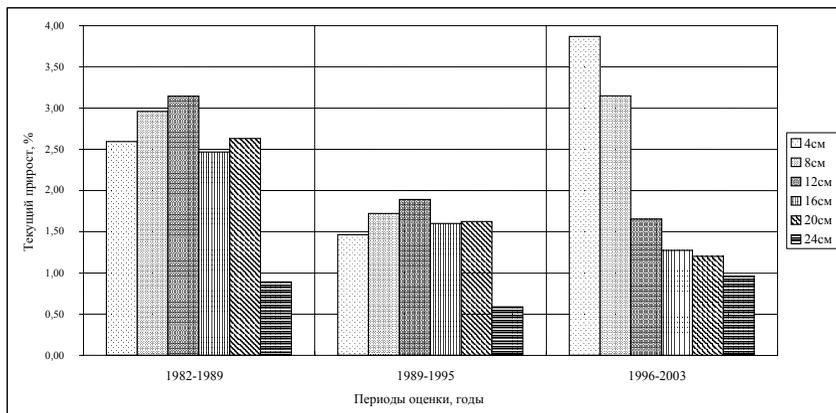
Разреживание интенсивностью 28% повлияло на прирост деревьев всех ступеней толщины (рис. 1), но только начиная с четвертого года, а до этого в ступени 12 даже наблюдалась депрессия. Начиная с первого года в 2–4 раза увеличился прирост более тонких экземпляров, однако, они, судя по всему, имели более низкий возраст. Поскольку синхронное с разреженной секцией увеличение прироста на контроле ограничилось всего одним годом, можно считать, что стабильный рост ширины слоев, начиная с четвертого года (рис. 1) является следствием разреживания.

Реакция на внесение азотных удобрений в разреженный древостой была однозначно положительной начиная с первого же года у деревьев всех ступеней толщины. Наиболее сильно и стабильно отреагировали деревья ступени 12 см; более тонкие быстро снизили темп роста до общего уровня в 200–220% к исходному.

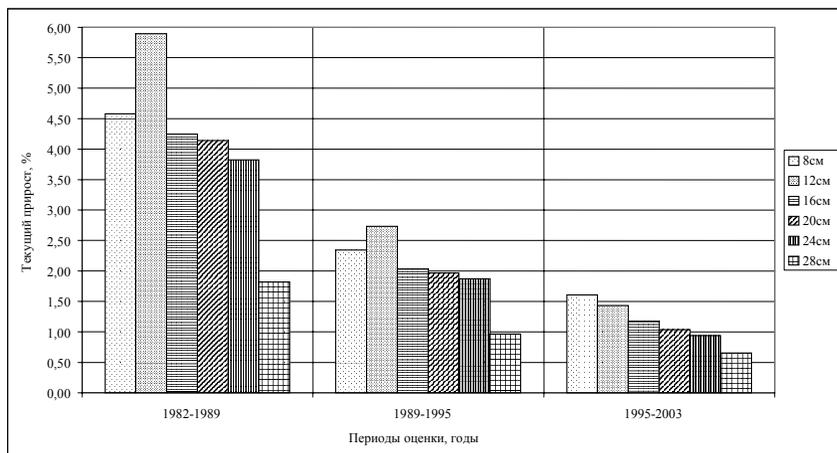


**Р и с. 1. Динамика радиального прироста деревьев различного диаметра в первом десятилетии после проходной рубки в 70-летнем сосняке брусничном**

Дальнейшее изменение прироста после проведения ухода характеризует диаграмма на рисунке 2, свидетельствующая, что на фоне существенного общего снижения темпов роста сохранялось относительное преимущество более мелких экземпляров в связи с тем, что для доминирующих деревьев внесенные рубкой изменения оказались малосущественными.



**Р и с. 2. Динамика текущего среднепериодического прироста по диаметру деревьев различного размера после разреживания и внесения удобрений в 70-летнем сосняке брусничном**

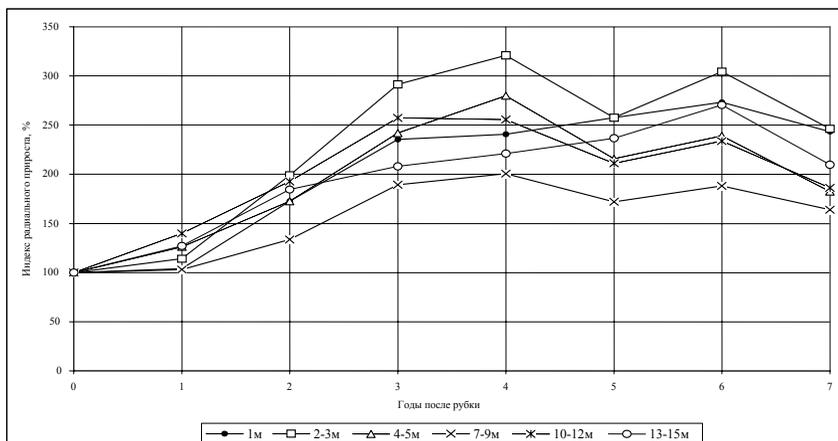


**Р и с. 3. Динамика текущего среднепериодического прироста по диаметру деревьев различного размера на контрольной площади в 70-летнем сосняке брусничном**

Сравнение с динамикой прироста на контрольном участке (рис. 3) показывает, что влияние ухода на прирост продолжалось, по-видимому, до середины второго десятилетия, после чего относительные темпы роста по диаметру фактически сравнялись. Показанное на рисунке 3 значительное увеличение прироста тонкомера объясняется тем, что подавляющая часть угнетенных экземпляров с маленькой шириной годичных слоев к концу срока наблюдений усохла.

Сравнительный анализ реакции на уход деревьев, расположенных на разном расстоянии от технологических коридоров (рис. 4) показал заметное превышение прироста в полосе 2–3 метра по сравнению с остальными. При этом прирост деревьев, находящихся непосредственно на краю технологического коридора оказался заметно ниже (рис. 4) в обоих вариантах опыта. Таким образом, даже на песчаных грунтах с хорошей несущей способностью высокие транспортные нагрузки, влекущие образование колеи, могут вызвать частичное снижение прироста.

В 60-летнем сосняке брусничном IV класса бонитета опыты по влиянию проходных рубок, заложенные в 1970 году Петрозаводской ЛОС ЛенНИИЛХа, включали помимо контроля интенсивное разреживание (40%) по низовому и комбинированному способу, а также слабую (20%) низовую рубку.

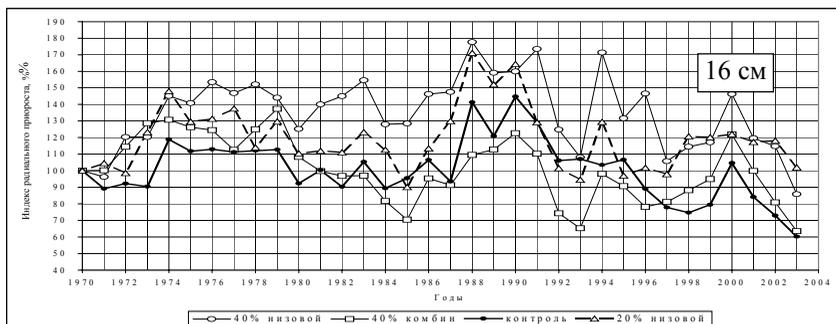
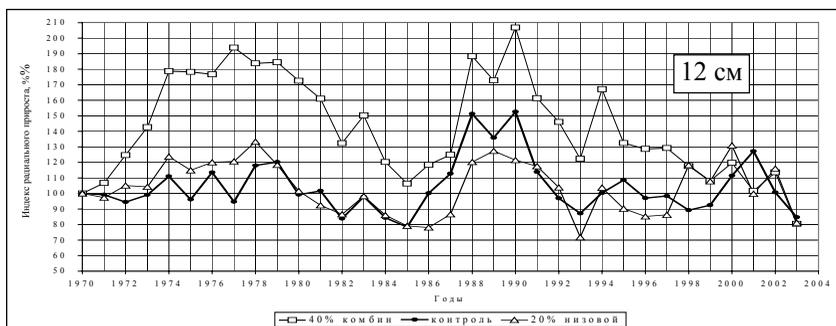


**Р и с. 4. Динамика радиального прироста на различном расстоянии от технологических коридоров**

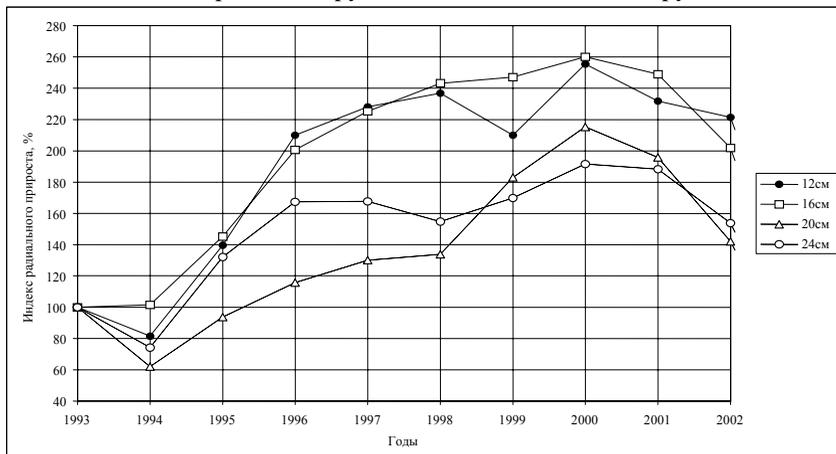
Изменение ширины годовичных слоев представленных во всех вариантах деревьев исходных ступеней 12 и 16 см (рис. 5) свидетельствует об уже неоднократно отмеченной ранее повышенной реакции экземпляров меньших размеров. Тем не менее, стабильное превышение по сравнению с контролем демонстрируют и средние деревья. На приведенном рисунке обращает внимание синхронность колебаний прироста в контрольном и разреженных древостоях, причем прогрессирующее снижение ширины годовичных слоев, имеющее явно возрастной характер, на контроле проявляется гораздо сильнее.

Помимо этого, сопоставление динамики прироста, представленной на рисунке 5 с ранее рассмотренными данными убеждает в существенной зависимости результатов и выводов, получаемых при кратковременных наблюдениях сроком до 10 лет, от долговременных трендов роста, обусловленных климатическими и иными факторами.

Проходная рубка интенсивностью 38%, проведенная в 1994 году в 42-летнем сосняке черничном II класса бонитета, выполнена с применением колесного форвардера ЛТ189, перемещавшегося по технологическим коридорам шириной 4–4,5м, проложенным с интервалом 22–24м.



Р и с. 5. Динамика радиального прироста деревьев исходных ступеней 12 и 16 см после проходных рубок в 60-летнем сосняке брусничном

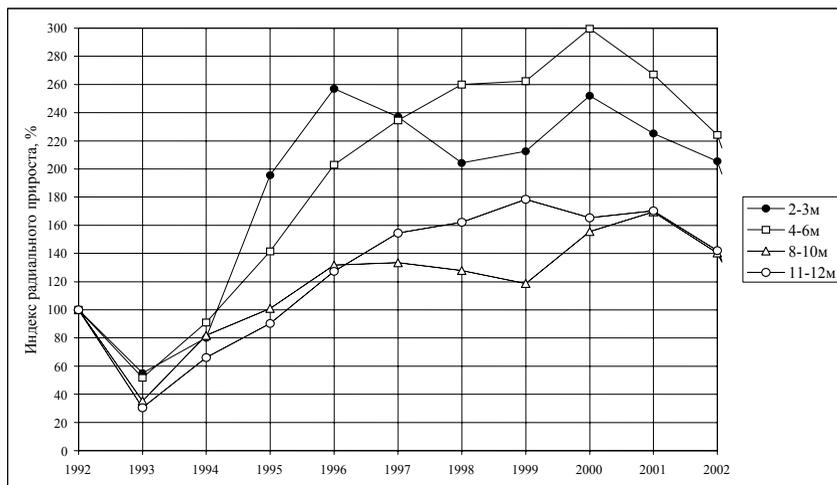


Р и с. 6. Динамика радиального прироста деревьев различного исходного диаметра после проходной рубки в 42-летнем сосняке черничном

На разреживание наиболее существенно отреагировали подчиненные и соподчиненные деревья (рис. 6); положительная реакция доминирующей части древостоя также проявилась весьма отчетливо. Тем не менее, по прошествии 8 лет начался спад, в результате которого положительное влияние разреживания ограничится, скорее всего, 10–12 годами.

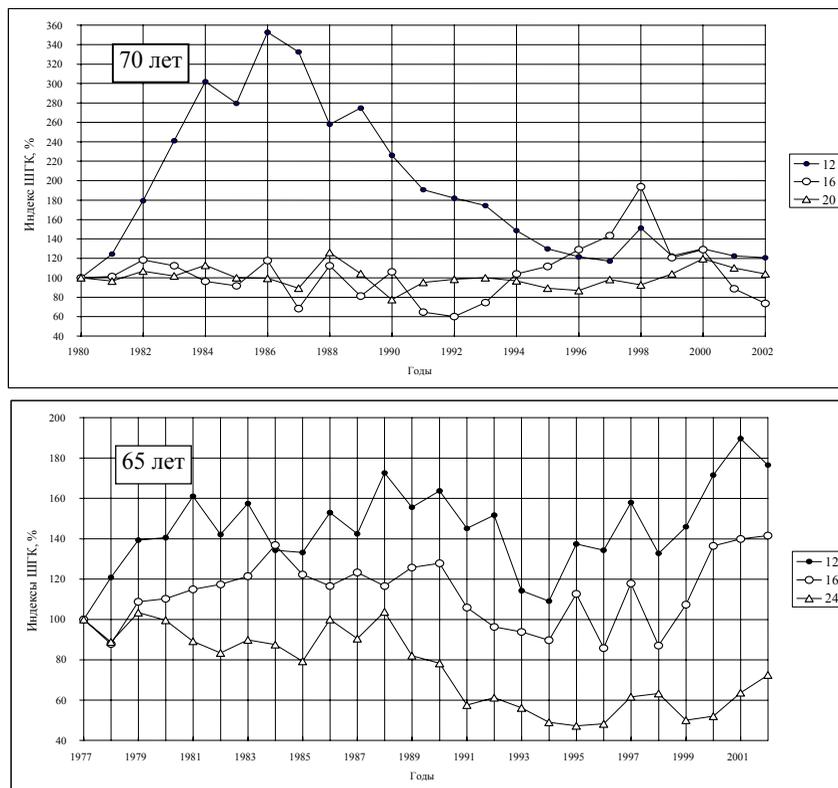
Влияние технологических коридоров непосредственно сказывается на расстоянии до 3 м, причем наиболее близко расположенные к ним деревья на четвертый год после рубки заметно снизили прирост (рис. 7), что, по-видимому, говорит о наличии отрицательного воздействия. Уровень изменения прироста внутри межкоридорных пространств практически соответствует таковому для доминирующих деревьев (рис. 5 и 6), что дает основания считать разницу, отраженную на рисунке 7, показателем чистой реакции на разреживание за вычетом возможного климатического тренда.

В приспевающих 80–90 летних сосняках брусничных III класса бонитета были заложены три пробные площади на участках, пройденных производственными проходными рубками в 1977–1980 г.г. Разреживание интенсивностью 30–35% выполнялось с трелевкой хлыстов колесными тракторами.



**Р и с. 7. Динамика радиального прироста деревьев, расположенных на разном расстоянии от технологических коридоров после проходной рубки в 42-летнем сосняке черничном**

Как и на ранее рассмотренных участках, наибольшее относительное увеличение прироста наблюдается у деревьев небольшого размера. При этом в обоих случаях улучшение прироста более крупных экземпляров не превышало 20% или практически отсутствовало (рис. 8). Продолжительность и степень положительного влияния разреживаний на прирост отдельных деревьев определена, таким образом, разницей между реакцией мелких и крупных деревьев и составила от 40 до 100% при сроке до 14 лет.

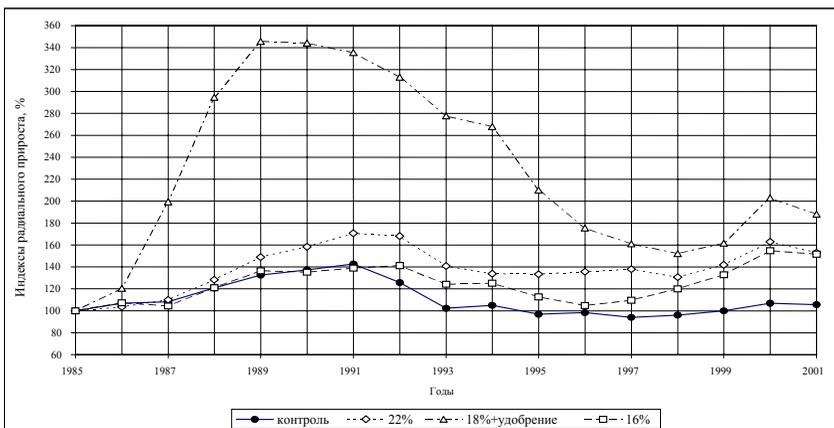


Р и с. 8. Динамика радиального прироста деревьев различного размера после проходных рубок в приспевающих сосняках брусничных III класса бонитета

По аналогичной технологии были выполнены в 1985 году проходные рубки в северо-таежном 90-летнем сосняке брусничном IV класса бонитета. Непосредственно после разреживаний были внесены азотные удобрения. Реакция насаждения на проведенный уход (рис. 9) в значительной

мере ограничивалась низким уровнем почвенного плодородия и невысокой интенсивностью рубки. Тем не менее, стабильность наблюдаемых различий в 15–20% позволяет считать их достоверными. Фактически положительная реакция древостоя проявилась только на второй год после разреживания, что, по-видимому, связано с медленным освоением корнями освободившейся площади.

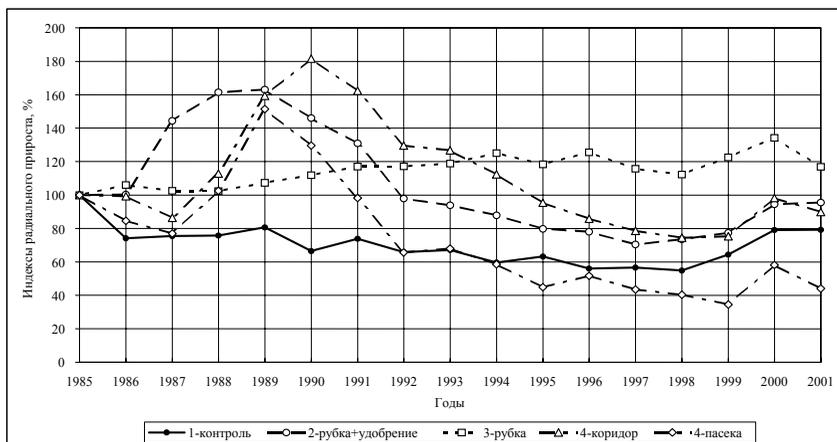
Реакция на внесение удобрений проявилась в первый же сезон, оказалась весьма значительной (в среднем 250%) и продолжается в течение всего срока наблюдений, что видно из сравнения с приростом на контроле (рис. 9).



Р и с. 9. Динамика радиального прироста 90-летнего северо-таежного сосняка брусничного после проведения различных вариантов ухода

В выращивании устойчивых хозяйственно ценных насаждений существенная роль принадлежит прореживаниям. В ряде случаев только их проведение могло бы обеспечить ветровую устойчивость древостоев к ветровым нагрузкам, существенно влияющим на хозяйственную эффективность проходных рубок. Наличие больших площадей перегушенных сосновых жердняков, сформировавшихся после пожаров, является характерной чертой лесного фонда как северной, так и средней тайги.

Прореживание, проведенное в 1985 году в высокосомкнутом 35-летнем сосняке брусничном IV класса бонитета (северо-таежная подзона) снизило густоту с более чем 10 тыс. шт./га в среднем до 4,5 тыс. С учетом невысокого плодородия почвы на части площади были применены азотные удобрения. Помимо этого имитировалось проведение коридорного ухода механизмом фронтального типа для проверки точки зрения о возможности замены разреживаний внесением удобрений.

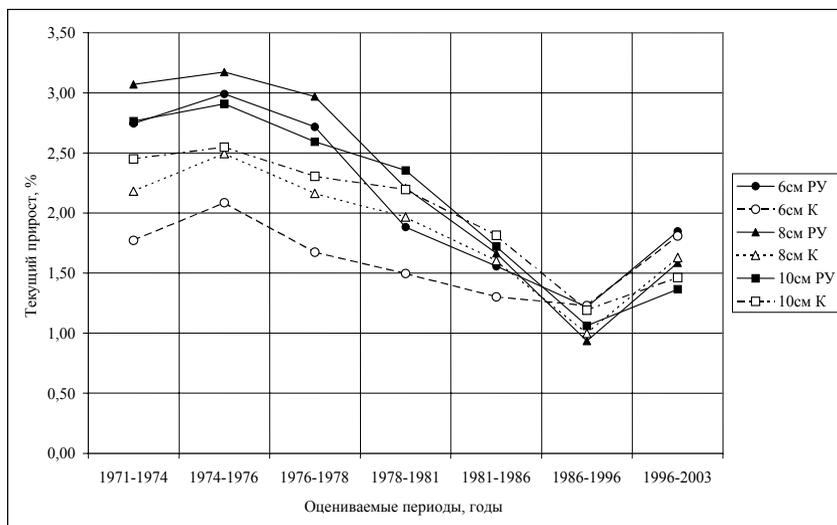


**Р и с. 10. Динамика радиального прироста в среднем по древостою после проведения различных вариантов ухода в 35-летнем северо-таежном сосняке брусничном IV класса бонитета**

На фоне непрерывного снижения ширины годичных слоев на контроле (рис. 10) сохранение прежнего уровня в первый год после проведения разреживания может, по-видимому, расцениваться, как увеличение на 20–25%. В дальнейшем этот уровень различий по сравнению с контролем продолжал сохраняться на протяжении всего оцениваемого периода. Различия в реакции деревьев, находящихся внутри пасек и у края коридоров, оказались аналогичны разнице между контрольным и разреженным участками (рис. 10).

В 35-летнем сосняке брусничном III класса бонитета, произрастающем в среднетаежной подзоне, опыты по разреживанию различной интенсивности были заложены в 1970 году Петрозаводской ЛОС ЛенНИ-ИЛХа. Исходный средний уровень густоты древостоя был примерно вдвое ниже, чем в вышеописанном эксперименте, в связи с чем и число стволов после ухода составляло 2–3 тысячи.

Динамика текущего среднепериодического прироста ступеней толщины, ближайших к среднему диаметру (рис. 11) показывает, что различия между контрольным и разреженным древостоями наблюдались от десяти до пятнадцати лет после проведения ухода. При этом следует отметить, что более сильная реакция низших ступеней, наблюдавшаяся в большинстве предыдущих случаев, в данном насаждении не отмечена, поскольку степень их угнетения уже достигла к моменту проведения разреживания критического уровня.



Р и с. 11. Динамика процента текущего среднепериодического прироста по диаметру деревьев различного размера после прореживания в сосняке брусничном III класса бонитета

### Динамика среднего диаметра насаждения

С хозяйственной точки зрения главным результирующим итогом нарастания годичных слоев при всем разнообразии является увеличение диаметра деревьев, характеризуемого в обобщенном виде средним диаметром насаждения. Существенное влияние на него условий местопроизрастания, структурных особенностей древостоя и других факторов делает необходимым для адекватной оценки влияния лесоводственных уходов на динамику среднего диаметра наличие контрольной пробной площади. Помимо этого представляется обязательным знание его «механического» изменения непосредственно в результате разреживания.

В таблице 1 помимо общих характеристик насаждений приведены данные о процентном увеличении средних диаметров за время наблюдений относительно естественного и измененного разреживанием уровня, а также, для сравнимости – среднегодовой показатель за тот же период. Приведенные ограниченные данные о прямых изменениях среднего диаметра вследствие разреживания отражают существующую на практике ситуацию, когда из-за экономических, технических и чисто лесоводственных ограничений далеко не всегда выдерживается

стандартное требование об увеличении среднего диаметра, как показателе качества выполнения работ.

Т а б л и ц а 1  
Изменение среднего диаметра древостоев после проведения ухода

Тип леса	Класс бонитета	Возраст проведения ухода	Интенсивность, %	Удобрение	Период наблюдений		Средний диаметр, см			Прирост по диаметру, %		
					начало	конец	до рубки	после рубки	в конце срока	к диаметру до рубки	к диаметру после рубки	средне-периодич.
бр	III	60	0		1982	2003	13,2	13,2	19,9	50,8	50,8	2,42
бр	III	60	25		1982	2003	19,5	20,6	27,3	40,0	32,5	1,55
бр	III	60	28	+	1982	2003	17,2	17,8	26,7	55,2	50,0	2,38
бр	IV	60	40н		1970	2003	10,9	13,8	23,8	118	72,5	2,20
бр	IV	60	40к		1970	2003	11,8	13,1	22,8	93,2	74,0	2,24
бр	IV	60	0		1970	2003	9,8	9,8	18,4	87,8	87,8	2,66
бр	IV	60	20		1970	2003	10,7	12,3	20,3	89,7	65,0	1,97
чер	II	42	40		1992	2003	13,8	15,2	18,5	34,1	21,7	1,97
чер	II	42	0		1992	2003	15,1	15,1	18,9	25,2	25,2	2,29
бр	IV	90	0		1985	2001	15,1	15,1	18,0	19,2	19,2	1,20
бр	IV	90	16	+	1985	2001	16,9	18,7	21,5	27,2	15,0	0,94
бр	IV	90	18		1985	2001	17,1	19,6	21,0	22,8	7,1	0,45
бр	IV	35	0		1985	2001	5,5	5,5	8,7	58,2	58,2	3,64
бр	IV	35	42	+	1985	2001	4,2	6,9	9,6	129	39,1	2,45
бр	IV	35	36		1985	2001	4,2	7,3	9,5	126	30,1	1,88
бр	III	35	35		1970	2003	7,1	9,3	17,1	141	83,9	2,54
бр	III	35	21		1970	2003	6,6	8,3	17,0	158	105	3,18
бр	III	35	13		1970	2003	7,2	7,1	13,4	86,1	88,7	2,69

В 60-летних среднетаежных сосняках в условиях IV класса бонитета прирост среднего диаметра варьирует от 2% при слабом низовом уходе до 2,2% при его интенсивности 40%. Аналогичный эффект проходных рубок был обеспечен применением удобрений в разреженном древостое III бонитета и интенсивной рубкой в сосняке II бонитета.

В припевающих северотаежных сосняках низовое разреживание средней интенсивности, очевидно, практически не обеспечивает лесорастительного эффекта, и только внесение удобрений приблизило прирост

среднего диаметра к уровню контроля (1,2%), достигнутого вследствие уменьшения густоты за время наблюдений на 35%.

С другой стороны, существенное увеличение среднего диаметра в результате удаления угнетенной части насаждения ограничивает лесорастительный эффект, поскольку не происходит улучшения условий для роста оставляемых крупных экземпляров. Такая ситуация характерна для ранее неухоженных насаждений в возрасте проходных рубок, являющихся в последнее десятилетие преобладающим объектом промежуточного пользования.

При оценке динамики среднего диаметра за длительный период необходимо учитывать процесс самоизреживания на контрольных участках, где густота за время наблюдений уменьшилась в 1,7–2,5 раза, в то время как отпад на разреженных площадях не превышал 10%. Текущее увеличение среднего диаметра в неразреженных 60-летних сосняках III–IV бонитета составило около 2,5%. При этом действительное увеличение в результате рубки составило от 1,5–2%.

Прореживание интенсивностью 35–40%, проведенное в 35-летних сосняках брусничных, обеспечивает средний прирост в 2–2,5% в зависимости уровня плодородия. Внесение удобрений при этом обеспечило эффект, аналогичный увеличению на один класс бонитета. Показатели увеличения среднего диаметра на контрольных площадях (2,7 и 3,6%) были обеспечены преимущественно благодаря двукратному уменьшению густоты. Действительное текущее увеличение диаметров деревьев среднего размера в неразреженных жердняках составило 1% в IV и 2% в III классе бонитета соответственно. Таким образом, интенсивное (согласно официальной классификации) разреживание сосновых жердняков обеспечивает в условиях III класса бонитета увеличение темпов роста среднего диаметра на четверть, а в более суровых условиях северной тайги, где восстановление сомкнутости крон замедлено – более чем вдвое. Естественно, при этом сравнении следует учитывать десятилетнюю разницу в длительности опыта, которая перекрывает срок эффективного действия рубки, определенный на основе погодичной динамики прироста.

### **Восстановление запаса древостоя**

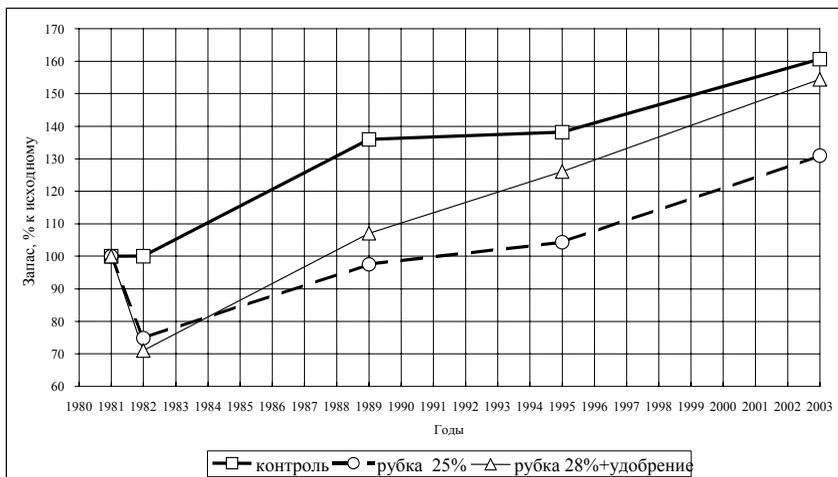
С практических позиций ключевой характеристикой древостоя является запас древесины на единице площади, от которого зависят целесообразность очередного изъятия части древесины и себестоимость лесозаготовок. Диктуемая текущими экономическими соображениями и укрепившаяся за последние четверть века точка зрения «реже и интенсивнее» сделала фактически стандартной выборку 60–70 м<sup>3</sup> с одного гектара, что

приводит к существенному уменьшению запаса насаждения, причем вовсе не обязательно – за счет потенциального отпада. В связи с этим знание скорости восстановления запаса древостоя, являющейся основой расчета программ рубок ухода, представляет весьма существенный интерес.

Под восстановлением запаса принято понимать достижение показателей неразрезанного насаждения в данном возрасте, поскольку предполагается, что увеличившийся после рубки прирост позволяет достичь требуемого уровня за более короткий срок. В случае отсутствия фактических данных, что является весьма распространенной ситуацией, используют таблицы хода роста (по возможности местные), внося соответствующие поправки на полноту древостоя.

Ниже приведены в графической форме итоги наблюдений за динамикой запаса в пройденных рубками ухода древостоях, обеспеченных контрольными участками, позволяющие получить адекватное представление о состоянии дел. Ввиду неизбежных различий в исходных показателях сопоставление целесообразно проводить в относительных величинах, принимая за точку отсчета (100%) запас в каждом варианте на момент начала наблюдений.

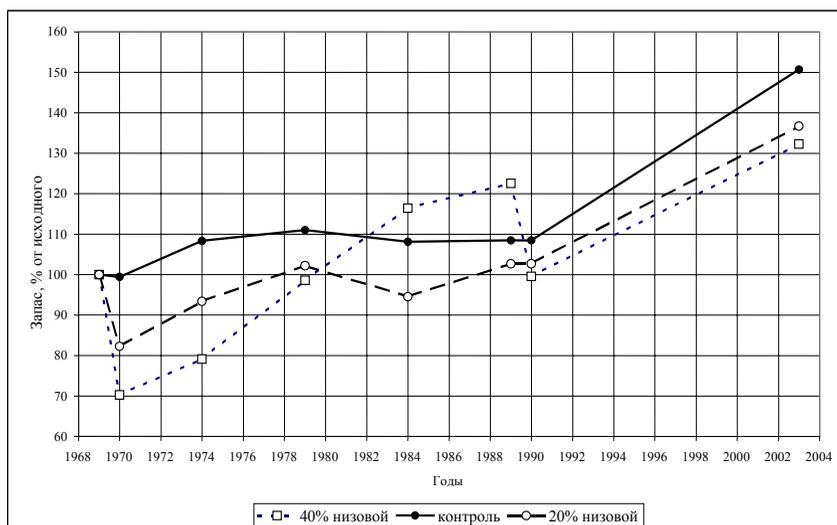
Сокращение запаса на 28% в результате проходной рубки в 60-летнем сосняке III класса бонитета (рис. 12) очевидно сохранится и впредь до



Р и с. 12. Динамика запаса древостоя в 60-летнем сосняке III класса бонитета рубничного типа леса после проведения проходных рубок

возраста спелости, если только не начнется усиленное самоизреживание на контроле. Улучшение условий почвенного питания в результате удобрения успешно стимулировало процесс восстановления запаса, который завершится, по-видимому, по истечении 25 лет.

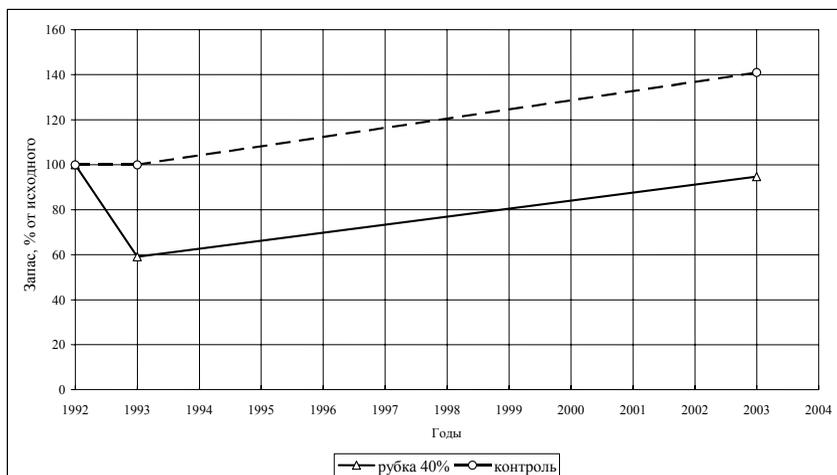
Интенсивное разреживание, равномерно выполненное строго по классической низовой схеме в 60-летнем сосняке IV класса бонитета (рис. 13) по-видимому, обеспечило необходимое усиление биокруговорота и обеспечило такое увеличение ресурсов питания для большинства оставленных на доразращивание деревьев, что через 20 лет оказалось возможным провести повторный прием.



Р и с. 13. Динамика запаса древостоя в 60-летнем сосняке IV класса бонитета брусничного типа леса после проведения проходных рубок разной интенсивности

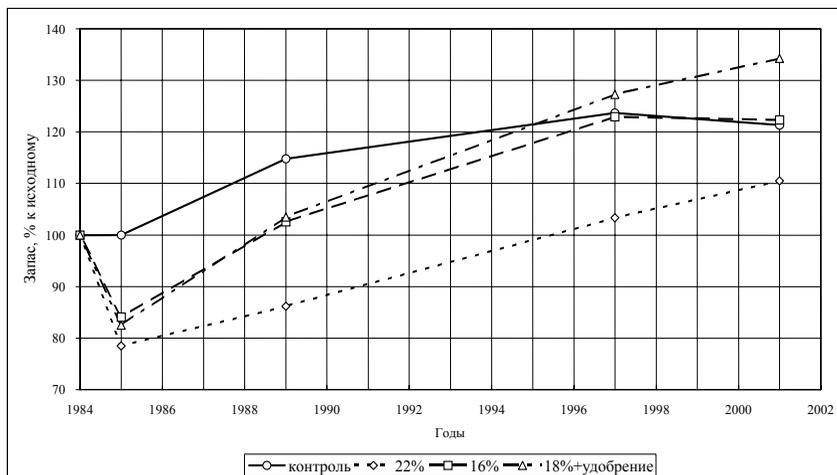
Однако следует принять во внимание исходное превышение запаса более 20% в варианте с уходом, а также стабильное отставание динамики запаса другого участка, на котором выборка составила всего 20%, а исходное превышение над контролем составляло менее 10%.

После выборки 40% запаса в сосняке черничном II класса бонитета темпы прироста древесины в течение первого десятилетия аналогичны показателям контрольного участка, что явно не оставляет возможности для достижения его уровня ранее 70-летнего возраста (рис. 14).



Р и с. 14. Динамика запаса древостоя после проведения проходной рубки в 42-летнем сосняке II класса бонитета черничного типа леса

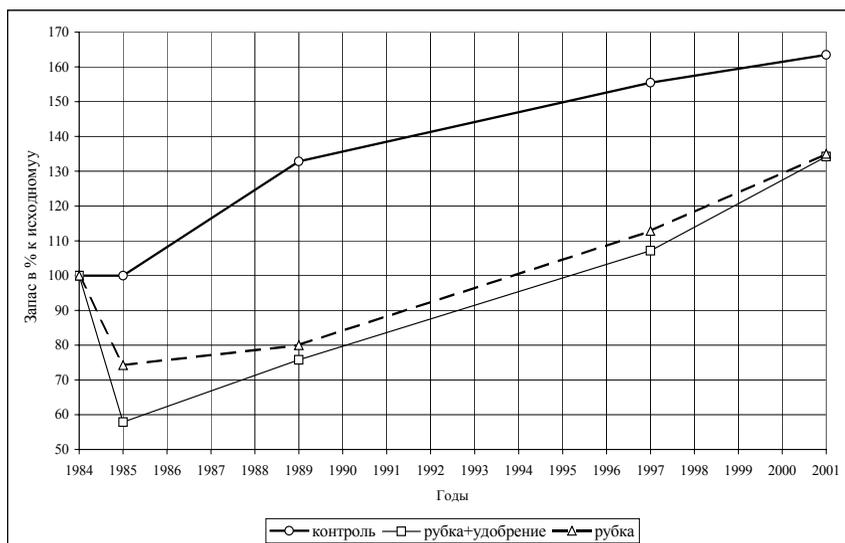
Изъятие части запаса при слабом (16%) низовом разреживании в 90-летнем северотаежном сосняке VI класса бонитета (рис. 15) было компенсировано в течение 12 лет, по-видимому, благодаря существенному улучшению



Р и с. 15. Динамика запаса древостоя после проведения проходной рубки в 90-летнем северо-таежном сосняке IV класса бонитета брусничного типа леса

температурного режима почвы за счет высокой интенсивности рубки (50%) по числу стволов. Внесение удобрений сократило этот срок, по крайней мере на три года. В то же время после рубки интенсивностью 22%, в ходе которой выполнялась заготовка пиловочника, восстановление запаса, с учетом процесса отпада на контроле, произойдет не ранее, чем за 25 лет.

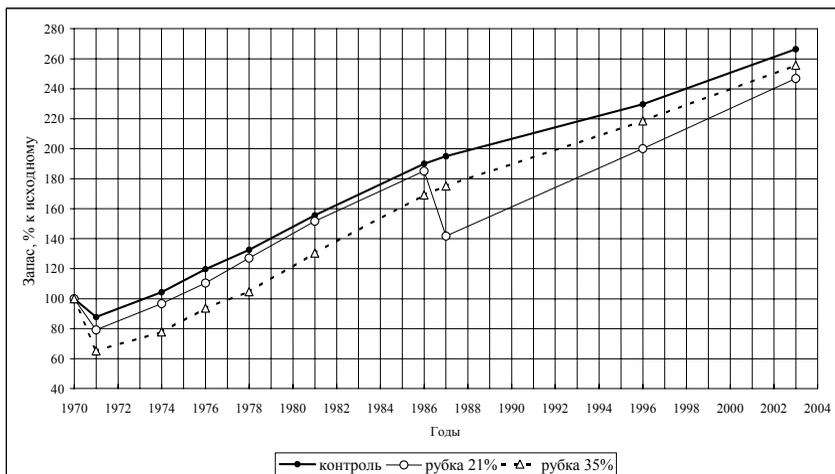
Интенсивное разреживание соснового жердняка, произрастающего в аналогичных условиях вызвало в первом пятилетии существенное снижение прироста (рис. 16), которое оказалось возможным преодолеть внесением удобрения. Во втором пятилетии после ухода скорость нарастания запаса совсем немного превышала уровень контрольного древостоя, но впоследствии существенно увеличилась, что на фоне снижения прироста на контроле дает основание рассчитывать на его восстановление за 25 лет, или на 5 лет раньше – на удобренном участке.



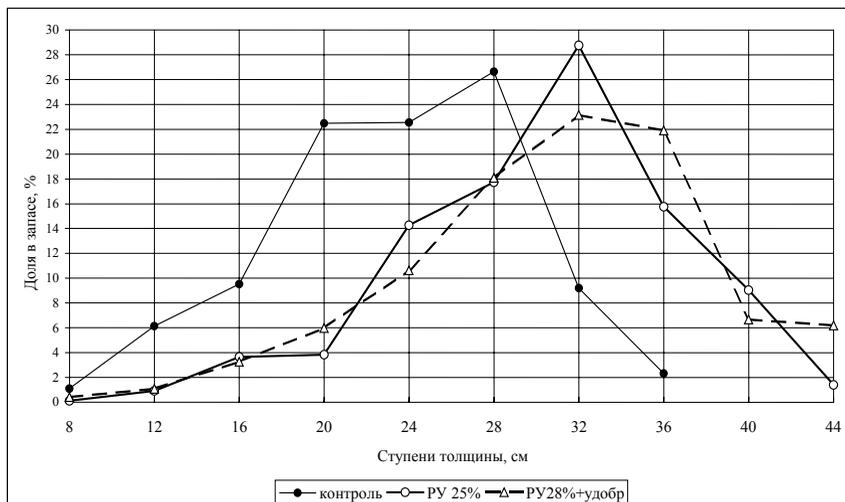
Р и с. 16. Динамика запаса древостоя после проведения прореживаний в 35-летнем северотаежном сосняке IV класса бонитета брусничного типа леса

Одним из главных факторов, обосновывающих необходимость проведения рубок ухода, является возможность улучшения товарной ценности ухоженных древостоев по сравнению с неразрезанными. Этот показатель в первом приближении довольно полно характеризуется участием деревьев различной крупности в общем запасе.

Приводимые ниже диаграммы дают представление об изменении распределения общего запаса хвойных пород в результате проведения лесоводственных уходов.



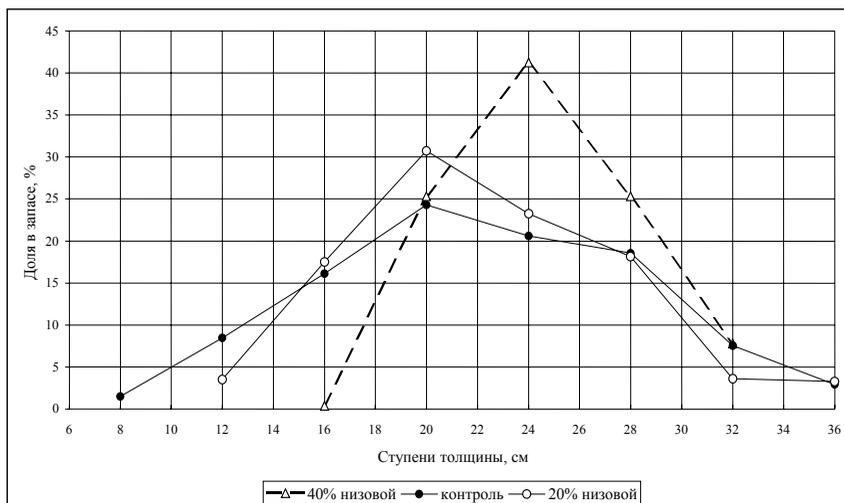
Р и с. 17. Динамика запаса древостоя после проведения прореживаний в 35-летнем среднетажном сосняке III класса бонитета брусничного типа леса



Р и с. 18. Влияние проходных рубок в сосняке брусничном III класса бонитета на распределение запаса сосны по ступеням толщины

Через 20 лет после проходных рубок средней интенсивности в 60-летнем сосняке брусничном III класса бонитета (рис. 18) наблюдается отчетливый сдвиг графика в сторону больших диаметров; в остальном значительных изменений в характере распределения нет – более того, характер кривых практически одинаков во всех вариантах опыта. Доля запаса, приходящаяся на деревья толще 20 см составляющая на контроле 61%, в результате ухода повысилась до 90%, причем внесение удобрений на этот показатель не повлияло.

Проходные рубки 30-летней давности в сосняке брусничном IV класса бонитета при интенсивности 40% и повторном приеме через 20 лет сформировали более крутую кривую распределения (рис. 19), сдвинутую вправо по оси абсцисс относительно контроля соответственно разнице средних диаметров. В то же время слабая низовая рубка не оказала заметного влияния, лишь несущественно увеличив выживаемость мелких деревьев.

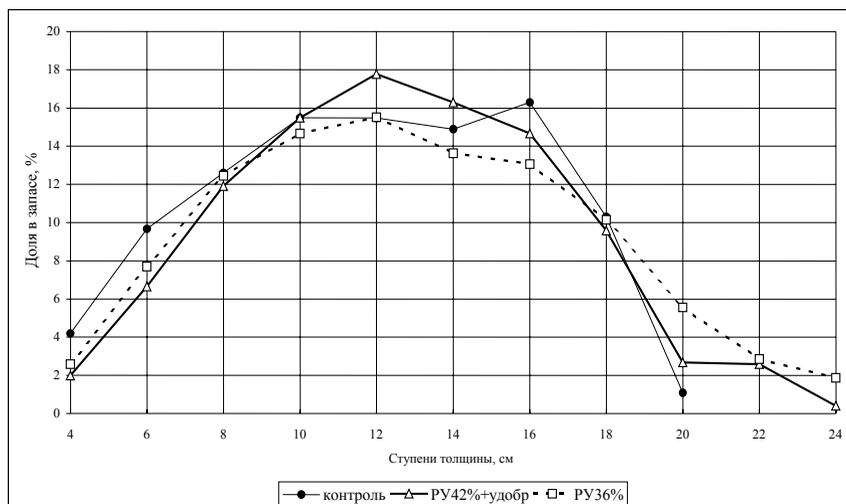


Р и с. 19. Влияние проходных рубок в сосняке брусничном IV класса бонитета на распределение запаса сосны по ступеням толщины

В соответствии с этим доля запаса деревьев толще 20 см оказалась такой же, как на неразрезанном участке, составив 48%. При этом двухприемное низовое разреживание обеспечило долю крупномерных стволов в 74% от общего запаса, а один прием по комбинированной схеме – 78%.

Показатель 75% оказался характерен также и для припевающего северотаежного сосняка брусничного IV класса бонитета, пройденного низовым уходом 16-летней давности. Близкий результат был и на контроле, где доля деревьев толще 20см в общем запасе составила 52%. После «промышленного» разреживания, близкого к комбинированной схеме ухода, доля крупномера оказалась более низкой, чем после низовой рубки, составив 70%. Внесение удобрений на долю крупномера в запасе не повлияло.

Интенсивное прореживание в 35-летнем сосняке брусничном IV класса бонитета (рис. 20), практически не сказалось через 16 лет после его проведения на распределении запаса древостоя по категориям крупности; то же можно сказать и о влиянии удобрений.



Р и с. 20. Влияние прореживаний в сосняке брусничном IV класса бонитета на распределение запаса сосны по ступеням толщины

Полученные результаты свидетельствуют, что рубки ухода в сосняках при средней и более высокой интенсивности могут повлиять на распределение запаса выращиваемого древостоя по категориям крупности, однако характер этого влияния определяется преимущественно схемой проводимого разреживания, которая существенно зависит от баланса лесоводственных и экономических интересов на момент выполнения рубки.

Таким образом, изучение долговременных последствий рубок ухода в сосновых насаждениях позволило установить следующее:

– положительное влияние разреживания средней интенсивности на прирост оставляемых деревьев продолжается около 12 лет, ограничиваясь, как правило, экземплярами с диаметром ниже среднего;

– восстановление запаса средневозрастных древостоев III–IV классов бонитета происходит не ранее 20 лет, а в насаждениях старше 60 лет оно практически недостижимо;

– изменение среднего диаметра разреженных древостоев, определяющего их техническую ценность, зависит в наибольшей степени от соотношения размеров вырубаемых и оставляемых на дорастивание деревьев.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Атрохин В.Г., Иевинь И.К.* Рубки ухода и промежуточное лесопользование. М., 1985, 255 с.

2. *Сеннов С.Н.* Результаты опытов с рубками ухода и практические рекомендации // Таежные леса на пороге XXI века. СПб, 1999, С. 164–168

3. *Сеннов С.Н.* Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб, 1999. 98 с.

4. *Тихонов А.С., Зябченко С.С.* Теория и практика рубок леса. Петрозаводск, 1990, 224 с.

5. *Чибисов Г.А., Вялых Н.И., Минин Н.С.* Рубки ухода за лесом на Европейском Севере (практическое пособие). Архангельск, 2004. 128 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

*В.И. Саковец, В.А. Ананьев, В.А. Матюшкин, С.М. Синькевич*

Основными лесоводственными мероприятиями в Карелии являются: рубки главного пользования, рубки ухода, лесовосстановление и гидролесомелиорация.

Интенсивная эксплуатация лесов началась в 50-е годы прошлого столетия. Наибольшие объемы лесохозяйственных мероприятий проводились с шестидесятых по девяностые годы. В середине 60-ых годов в республике заготавливалось до 20 млн.м<sup>3</sup> древесины в год по главному пользованию. Для обеспечения непрерывного лесопользования и повышения продуктивности лесов начали большое внимание уделять уходу за лесом, лесовосстановлению и гидролесомелиорации. Так, в этот период ежегодные объемы ухода составляли около 60 тыс.га, осушения – 55 тыс.га. В начале 60-х годов в системе главного пользования внедряются выборочные рубки. Начиная с 90-х годов объемы лесохозяйственных мероприятий начали усиленно снижаться и в настоящее время они по главному пользованию составляют 60–70% от расчетной лесосеки, а по рубкам ухода 25–30% от ежегодного объема установленного лесоустройством; гидролесомелиорация и ведение лесного хозяйства на осушенных землях вообще не проводится.

Ежегодные объемы в период 2000–2004 годов по рубкам ухода составляют около 25 тыс.га, выборочно-санитарным – 1 тыс.га, по рубкам обновления и реформирования 1,5 тыс.га

С 1960-х годов Институтом леса КарНЦ РАН и Петрозаводской Лесной опытной станцией ЛенНИИЛХа на постоянных объектах проводились исследования лесоводственной эффективности и изменения растительности под влиянием основных лесохозяйственных мероприятий на протяжении 20–40 лет.

Данные исследования позволили выявить изменение биоразнообразия растительности как на видовом, так и фитоценоотическом уровнях.

### **Влияние рубок ухода на фитоценоотическое разнообразие**

В ходе интенсификации лесопользования рубки ухода наряду с другими приёмами ускоренного выращивания древесины начинают играть всё более существенную роль в изменении внутреннего разнообразия лесных сообществ. В системе разреживаний, ориентированной преимущественно

на выращивание хозяйственно ценных насаждений, возможно снижение разнообразия древесного яруса в случае проведения интенсивного целевого ухода за главной породой (1). Однако, перечнем основных целевых пород отнюдь не исчерпывается видовое разнообразие таежных экосистем, в характеристике которого большую роль играет и растительность нижних ярусов.

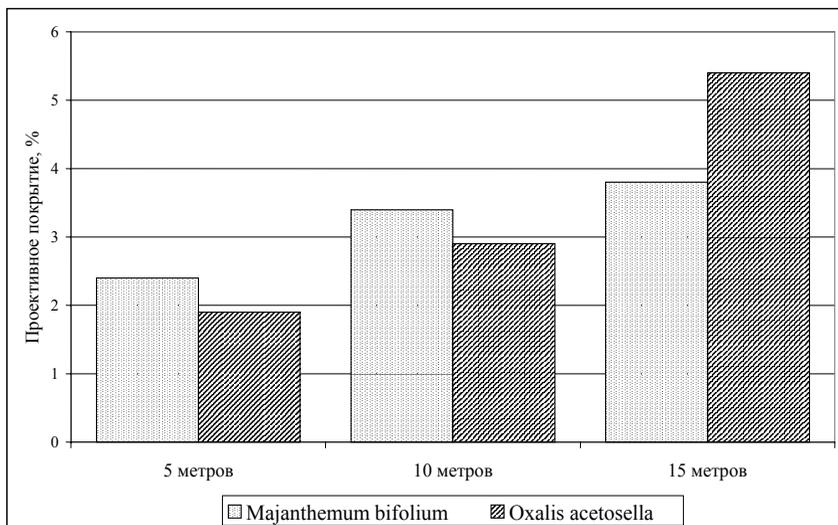
С лесоводственной точки зрения представляет существенный интерес живой напочвенный покров, который с одной стороны является индикатором уровня условий местообитания и происходящих в биогеоценозе изменений, а с другой – проявляет себя как возможный конкурент древостоя за питательные вещества, высвобождающиеся при ускорении разложения ранее накопленной органики и вновь поступающего опада после проведения рубок (2).

Известное по результатам ряда исследований ускоренное смыкание полога крон после рубок ухода предполагает одновременное восстановление прежних параметров растительности нижних ярусов. Однако, с учетом тенденции к возрастанию интенсивности разреживаний для правильного представления о процессе требуются долговременные наблюдения на стационарных объектах с наличием контрольных участков.

В лиственно-хвойных (табл.1) и сосновых (табл. 2) насаждениях, пройденных 20–30 лет назад рубками ухода различной интенсивности проводились периодические наблюдения за развитием травяно-кустарничкового покрова, в ходе которых определяли проективное покрытие и встречаемость по видам и ярусам на 20–30 учетных площадках размером по 0,5м<sup>2</sup>, равномерно размещенных на пробной площади. Средние значения оцениваемых показателей вычисляли для технологических коридоров (волоков) и пазок по отдельности и по участку в целом.

Пространственная неоднородность интенсивности разреживания, обусловленная сетью технологических коридоров, вызывает изменения естественной мозаичности. Внутриделяночная транспортная сеть, занимающая до 20% территории, оказывает влияние на биоразнообразие через механическое воздействие на почву и корневые системы деревьев, а также локальные изменения освещенности и микроклимата. Происходящие изменения видового состава и мозаичности устойчивы на протяжении длительного времени, что особенно заметно проявляется в реакции таких индикаторных видов, как кислица и майник (рис.1).

Если до ухода при сомкнутости верхнего полога крон около 80–90% нижний порог общей встречаемости травяно-кустарничкового яруса составлял около 10% при проективном покрытии порядка 25%, то в течение ближайших двух лет после его проведения эти параметры достигали соответственно 90 и 50%.



**Р и с. 1. Проективное покрытие теневыносливых видов в зависимости от расстояния до технологических коридоров**

Степень ежегодного развития трав и кустарничков сильно варьировала в зависимости от погодных условий вегетационного периода. При этом существенно менялась, как показали ежегодные наблюдения первого пятилетия, доля участия основных групп видов в общей массе.

Для правильного понимания происходящих изменений представляется важным оценить обобщенную информацию о видовом разнообразии, не вдаваясь в подробный анализ списка. Из всего перечня видов, отмеченных на пробной площади, на отдельной учетной площадке обнаруживалось в среднем 30–40% их общего количества (4–7). Для сравнения – аналогичный показатель для коренных ельников в районе исследований составляет 35–40% (5–6). Увеличение гомогенности видового состава до 8–10 на площадке (50%) наблюдалось в изначально плодородном чернично-кисличном типе с общей густотой ели нижнего яруса менее 1000 экз/га. Проведение интенсивных лесоводственных уходов, как правило, практически не изменяло средних показателей видового богатства в пределах насаждений – общее количество видов на протяжении всего периода наблюдений менялось в пределах объекта не более, чем на 1–2. В то же время внутриценотические характеристики пространственной мозаичности видового состава напочвенного покрова претерпевали существенные изменения.

Т а б л и ц а 1

**Развитие живого напочвенного покрова после рубок ухода 20-летней давности в лиственно-еловых насаждениях черничной группы типов леса**

Вариант опыта	Место оценки	Проективное покрытие групп видов, %			Встречаемость основных видов, %				Число видов	
		травы	кустарнички	зеленые мхи	черника	брусника	вейник	луговик	всего	на одной площадке
Березняк черничный III кл. бонитета										
Контроль		1,7	18,4	3,4	95,5	77,3	9,1	0,0	13	4,2
Рубка 45%	пасека	9,7	48,6	20,0	31,0	17,0	0,6	1,6	11	3,0
	волок	20,0	60,0	40,0	25,0	35,0	0,0	5,0	7	4,5
Березняк черничный свежий III кл. бонитета										
Контроль		32,7	5,9	1,5	52,4	9,5	57,1	28,6	18	6,4
Рубка 50%	пасека	57,9	11,3	5,2	82,4	11,8	100,0	41,2	18	9,5
	волок	65,8	8,8	10,0	50,0	0,0	100,0	50,0	13	10,5
Ель из II яруса, тип леса чернично-разнотравный III кл.										
Контроль		8,0	3,5	0,4	64,3	21,4	46,4	3,6	16	4,1
Рубка 60%	пасека	11,3	5,8	2,2	56,5	21,7	60,9	34,8	17	4,9
	волок	12,8	0,2	2,0	0,0	20,0	40,0	0,0	11	4,0
Рубка 100%	пасека	33,6	12,2	34,2	21,0	16,0	16,0	11,0	16	6,2
	волок	40,5	19,3	28,8	75,0	75,0	100,0	75,0	10	7,5
Ель из II яруса, тип леса черничный III кл. бонитета										
Контроль		1,3	14,8	26,7	67,0	38,0	0,0	9,0	7	3,6
Рубка 100%	пасека	7,0	39,6	37,1	100,0	69,0	6,0	31,0	12	5,8
	волок	10,4	22,2	49,2	60,0	80,0	40,0	40,0	12	6,0

В случае интенсивного воздействия движителей транспортных механизмов на почву технологического коридора и наличия большого количества порубочных остатков общая численность видов травяно-кустарничкового покрова и их встречаемость сокращались в 4–6, а проективное покрытие – в 10–20 раз. Однако, такая ситуация характерна для местообитаний черничного типа с грубогумусной подстилкой; в условиях чернично-травяных типов более интенсивное разреживание древесного полога в зоне коридоров, как правило, создавало условия для разрастания большего числа изначально присутствовавших видов.

Об этом же свидетельствуют показатели сходства (коэффициент Сьерсенена) видового состава покрова в технологических коридорах и пасеках, составляющие около 0,7 в менее плодородных местообитаниях и достигающие 0,9 высокопроизводительных или предельно разреженных

насаждениях. В то же время, при максимальном освещении (до 25% сомкнутости) или внесении удобрений усиленное разрастание злаков могло подавлять рост прочих видов, за счет чего их общая численность в расчете на одну учетную площадку снижалась.

Т а б л и ц а 2  
**Развитие живого напочвенного покрова  
 после рубок ухода в сосняках брусничных**

Виды растений	Представленность основных видов (встречаемость (%) / проективное покрытие (%) по вариантам опыта						
	IV класс бонитета, давность 30 лет				III класс бонитета, давность 20 лет		
	40% низовой	40% ком- бинир	20% низовой	конт- роль	рубка 25%	рубка 28%+ удобр	конт- роль
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	34,5 100	30,0 100	23,0 100	16,0 100	22,0 100	27,0 97,0	31,0 97,0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	8,1 72,0	13,0 80,0	14,0 100	15,0 100	9,7 58,0	12,0 60,0	7,5 50,0
<i>Calluna vulgaris</i>	1,1 17,0	6,7 13,0	1,2 19,0	0,6 12,0	2,4 42,0	1,7 34,0	0,2 66,0
<i>Pleurozium Schreberi</i>	90 94,0	94,0 100	82,0 100	93,0 100	50,0 94,0	54,0 97,0	57,0 100
<i>Hylocomium proliferum</i>	0,3 5,5	2,0 7,0	7,0 25	– –	6,7 31,0	3,4 23,0	9,8 37
<i>Dicranum polysetum</i>	3,3 33,0	4,0 47,0	6,0 68,0	5,0 44,0	17,0 97,0	20,0 88,0	26,0 90,0
Травы	–	–	–	–	5,5 50,0	4,4 34,0	0,4 6,6
Общее количество видов							
Всего	6,0	6,0	8,0	6,0	13,0	15,0	8,0
На площадке	3,2	3,5	4,2	3,6	5,0	4,7	3,9

В целом за время наблюдений после проведения уходов среднее число видов на одной учетной площадке стабилизировалось на прежнем уровне или незначительно увеличивалось. Исключения составляют предельные случаи высокосомкнутых насаждений с толстой хвое-лиственной подстилкой, где в среднем на площадке исходное число видов было менее 2 и после рубки постепенно возросло до 6.

В сосняке брусничном IV класса бонитета через 30 лет после двукратного разреживания (40 и 20%) с интервалом 20 лет проективное покрытие брусники вдвое больше, чем на контроле, значительно выше и участие вереска (табл. 2). Разреживание с выборкой 20% запаса существенно

меньше повлияло на проективное покрытие этих двух видов, но также заметно. В то же время, участие черники в покрове практически не изменилось, более того, уменьшилась ее встречаемость, что дает основания считать достоверным небольшое уменьшение ее проективного покрытия на разреженных участках.

Данные о влиянии рубки средней интенсивности в 60-летнем сосняке III класса бонитета позволяют констатировать отсутствие выраженных различий с контрольным участком. Наиболее достоверным изменением является увеличение проективного покрытия и встречаемости травянистых видов – марьянника лесного, луговика извилистого, ожики волосистой и седмичника.

Предположения о сохранении динамики развития отдельных видов живого напочвенного покрова, основанные на краткосрочных или маршрутных исследованиях в недавно разреженных древостоях, оказываются несостоятельными в связи с труднопредсказуемыми последствиями взаимодействия отдельных видов и процессом смыкания крон деревьев. При этом восстановление сомкнутости полога вовсе не означает возврата прежних параметров состояния травяно-кустарничкового яруса. Встречаемость черники – «титульного» вида группы типов леса колебалась в течение срока наблюдений в пределах 15–20%, и хотя после разреживания в большинстве случаев она возросла, однако в первые годы после внесения удобрений оказалась существенно меньше.

В смешанных насаждениях II–III класса бонитета черничной группы типов леса с преобладанием лиственных пород травяно-кустарничковый ярус при сильном разреживании древостоя уже может конкурировать с ним за ресурсы почвенного питания. Важным фактором является наличие злаков, способных образовывать дернину, доминируя таким образом, в конкуренции за питательные вещества. Значительно большая встречаемость вейника и луговика извилистого, особенно характерная в первые годы после рубки (3), в случае полной уборки лиственных постепенно сходит на нет в процессе формирования чистого ельника. Тем не менее, смена породы-эдикатора (лиственные – ель), предполагающая изменения экосистемного уровня, гораздо существеннее сказывается на видовом и пространственном разнообразии нижних ярусов, чем проведение разреживаний в чистых насаждениях.

Проведенные многолетние исследования позволяют считать, что изменения, происходящие под влиянием разреживаний в нижних ярусах фитоценозов, свидетельствуют об интенсификации обменных процессов в почве, которая, являясь наиболее консервативным элементом биогеоценоза, поддерживает его пространственную вариабельность. Долговремен-

ное сохранение горизонтальной структуры живого напочвенного покрова подтверждает глубину антропогенных изменений в лесном биогеоценозе и внутреннем балансе питательных ресурсов в связи с проведением рубок ухода. В подавляющем большинстве случаев общее количество видов травяно-кустарничкового яруса в разреженных насаждениях не увеличивается, но возрастает пространственная однородность видового состава (количество видов на учетной площадке) и общий уровень фитоценотического разнообразия как правило возрастает. Таким образом, механизированные рубки ухода, проведенные в соответствии с лесохозяйственными требованиями, не вызывают негативных последствий для фитоценотического разнообразия лесов Карелии.

### **Изменение сосновых фитоценозов под влиянием осушения**

Проведение гидролесомелиорации оказывает значительное влияние на изменение водно-воздушного режима торфяных почв, коренным образом изменяя состояние лесоболотных биогеоценозов и взаимоотношения между отдельными его компонентами. Улучшение гидрологического режима почв уже в первые годы активизирует минерализацию торфа, биохимические процессы, благоприятствует росту и повышению продуктивности древостоев. В дальнейшем при поддержании осушительной сети в рабочем состоянии происходит стабилизация биогеоценозов на новом уровне.

Изменение водно-воздушного и трофического режима местообитания при гидролесомелиорации вызывает значительные изменения в ценотическом аспекте. Происходит смена типов относительно устойчивых коренных травяных, моховых и лесных биоценозов другими. Начальные стадии сукцессии часто бывают близки по составу фитоценоза к исходному состоянию, однако это сходство только внешнее, так как на этих стадиях начинается активизация микробиологических процессов, увеличивается почвенная фауна, происходит перестройка фитоценоза: возрастает прирост деревьев, идет интенсивный процесс вымирания гигрофитов, внедрение новых и разрастание редких до осушения лесных мезофитов. Длительность начальной стадии сукцессии составляет 15–30 лет и во многом зависит от строения торфяной залежи, степени осушения и от состояния фитоценоза на момент осушения. Эти комплексные изменения условий на разных стадиях сукцессии способствуют образованию новых сообществ, которые свидетельствуют об изменении как ценотического, так и видового биоразнообразия.

Примерно на 60% осушенных земель Карелии произрастают насаждения с преобладанием сосны в составе. Формирование и рост этих насаждений, изменение биоразнообразия в них в значительной мере обусловле-

ны исходными на момент осушения лесорастительными условиями, изменяющимися под влиянием гидролесомелиорации и имеет ряд особенностей, как в сравнении с заболоченными, неосушенными древостоями, так и с насаждениями на суходолах.

Исследования проводились в наиболее распространенных типах осушенных сосновых насаждениях произрастающих в мезотрофных, мезоевтрофных и олиготрофных условиях на объектах с давностью осушения 0–50 лет.

Закладка пробных площадей и обработка полученных данных производилась в соответствии с методическими указаниями (4), с дополнениями согласно изменению условий после осушения (5). Геоботаническое описание выполнено по общепринятой методике (6).

**Сосняки травяно-сфагновые.** Исследования по выявлению влияния интенсивности осушения на изменение темпов роста и процессов формирования и биоразнообразия сосняков травяно-сфагновых на мезотрофной торфяной почве были проведены на постоянных пробных площадях, заложенных сразу после осушения (1972 г.) на одной межканавной полосе (125 м) в зонах с различной интенсивностью осушения: интенсивного (0–30 м от канавы) и экстенсивного (посредине межканавной полосы (50–62 м от канавы) и параллельно на неосушенном участке того же типа леса, заложенном в 1991 году.

Лесоводственная эффективность осушения и степень происходящих изменений в строении сосновых фитоценозов после осушения во многом определяется условиями местопроизрастания, интенсивностью осушения и состоянием осушительной сети. В то же время возможности формирования новых высокопродуктивных хозяйственно-ценных насаждений после осушения зависят в значительной степени от возраста и породного состава лесов на момент проведения гидролесомелиоративных работ, наличия источников обсеменения, как на самом участке, так и на близлежащих территориях и наличия подроста под пологом, т.е. лесоводственного состояния осушенных ценозов.

В сосняках травяно-сфагновых, произрастающих на богатых почвах, основным лимитирующим фактором, оказывающим отрицательное влияние на рост древостоя является избыток воды в верхнем корнеобитаемом слое. Поэтому насаждения в этих условиях очень быстро реагируют на проведение осушения. Уже на третий год, после освобождения верхнего корнеобитаемого слоя от избытков воды и улучшения воздушного режима, значительно увеличился прирост в высоту и по диаметру. Подрост сосны и березы, имеющийся под пологом на момент осушения, достигает основного полога. Как показали повторные учеты, в первые 10 лет после

осушения, густота древостоев, как в зоне интенсивного, так и экстенсивного осушения, увеличивается, причем возрастание числа стволов незначительное (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Динамика числа стволов пересчетных размеров и породного состава в сосняке травяно-сфагновом при различной интенсивности осушения**

Давность осушения, лет	Расстояние до канавы, м	Состав	Полнота	Количество деревьев, шт/га				
				Сосна	Береза	Ель	Всего	
							шт/га	%
0	Неосушенный	4,1С5,9Б	0,64	470	1096	0	1566	100
0	0–30	3,8С6,2Б	0,66	517	1302	0	1819	100
5		3,9С6,1Б	0,70	530	1407	0	1937	106
10		4,1С5,9Б	0,76	539	1437	5	1983	109
15		4,2С5,8Б	0,89	443	1290	17	1750	96
20		4,3С5,6Б0,1Е	1,16	415	1215	40	1670	92
0	50–62	3,8С6,2Б	0,65	520	1196	0	1716	100
5		3,9С6,1Б	0,69	524	1216	0	1740	101
10		4,2С5,8Б	0,74	531	1280	8	1819	106
15		4,4С5,6Б	0,85	438	1093	21	1552	90
20		4,5С5,4Б0,1Е	1,00	408	850	48	1306	76

С увеличением срока давности осушения возрастает относительная полнота и сомкнутость верхнего яруса, особенно за счет разрастания крон березы.. Густота насаждений снижается, наблюдается отмирание молодых деревьев, отставших в росте, и деревьев старшего поколения, у которых в виду большого возраста период приспособления к новым создавшимся после осушения условиям оказался более растянутым и они оказались под кронами. Наблюдается отпад старой березы, за счет чего доля её участия в составе снижается. В зоне экстенсивного осушения изреживание идет несколько интенсивнее, чем в приканавной полосе, что скорее всего можно объяснить более лучшими условиями освещения в приканавной полосе, за счет проникновения света из ниш создаваемых трассами каналов. Анализ распределения стволов по ступеням толщины, позволяет предположить, что в последующие годы пополнения густоты насаждений, за счет перехода подроста в верхний полог будет ограничен. Количество деревьев низших ступеней толщины резко сокращается. Насаждения достигли оптимальной относительной полноты для этих условий роста.

Таксационная характеристика насаждений в сосняках травяно-сфагновых

Год исследований	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, шт/га	Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га	средний	Бонитет	
			Н, м	Д, см		абс., м <sup>2</sup> /га	относительная				растущей
Сосняк травяно-сфагновый неосушенный											
1991	3,9С 6,0Б	111 106	10,3 10,4	15,5 9,7	470 1093	5,3 9,2	0,54	27,7 43,5	1,2 2,5	Уа	
Сосняк травяно-сфагновый слабоосушенный											
1971	3,8С 6,2Б	84 85	9,7 9,0	11,2 9,2	520 1196	4,8 8,0	0,65	18,0 30,0		Уа	
1992	4,5С 5,4Б 0,1Е	106 107	15,5 12,1 6,9	18,5 12,0 7,1	408 850 48	10,8 13,2 0,2	1,00	64,9 77,5 0,8	5,4 3,4	У Ш,2	IV,2
Сосняк травяно-сфагновый интенсивно осушенный											
1971	3,8С 6,2Б	84 85	9,8 9,0	11,0 9,2	517 1302	4,8 8,0	0,66	18,0 30,0		Уа	
1991	4,3С 5,6Б 0,1Е	105 106	15,8 13,8 7,1	18,7 12,9 7,4	415 1215 40	11,3 15,9 0,2	1,16	68,1 90,7 0,6	7,1 2,9	У Ш	IV

Различия в интенсивности осушения оказали влияние на рост и продуктивность насаждений. За прошедшие 20 лет в зоне интенсивного осушения древостой растет лучше, чем в зоне экстенсивного осушения, запас и относительная полнота увеличились соответственно на 60,3 м<sup>3</sup>/га, 0,50 и 52,6 м<sup>3</sup>/га, 0,35 (табл.4). Текущий бонитет насаждений повышается на 3 класса, что соответствует условиям произрастания сосняка черничного на минеральных почвах. Видовое разнообразие древесных пород после осушения изменяется, в составе древостоя появляется ель, количество которой постоянно увеличивается. Наблюдаются также и некоторые изменения в видовом составе нижних ярусов древесных пород, в частности подроста. Постепенное увеличение относительной полноты и сомкнутости крон верхнего на осушенных участках оказывает отрицательное влияние на густоту и жизнеспособность светолюбивого подроста сосны и березы, количество его сокращается. Появляющиеся самосев березы, обильно каждый год, и самосев сосны, после семенных лет, обычно через год-два погибает. Под пологом внедряется подрост ели, теневыносливый и более требовательный к богатству условий местообитания (табл.5). Со временем в этих условиях может сформироваться второй ярус из ели. Анализ возрастной структуры подроста неосушенного сосняка травяно-сфагнового показывает, что пополнение подроста идет непрерывно, хоть и в большом количестве, за счет самосева.

Т а б л и ц а 5

**Изменение видового разнообразия и густоты подроста в сосняке травяно-сфагновом в зонах различной интенсивности осушения**

Расстояние до осушителя, м	Давность осушения, лет	Количество подроста, шт/га			Всего
		Порода			
		Сосна	Береза	Ель	
Неосушенный	0	2850	5430	40	8320
0-30	0	3110	5860	65	9035
	20	2100	4840	1425	8365
50-62	0	2900	5600	70	8570
	20	500	2050	2950	5510

В первые годы после осушения было отмечено увеличение густоты подлеска, в основном за счет разрастания ивы. По мере увеличения сомкнутости крон, ухудшения светового режима, густота подлеска снижается, ива находится на стадии отмирания. Улучшение водно-воздушного и пищевого режима почв способствует увеличению видового разнообразия подлесочных пород (табл. 6), за счет внедрения видов характерных для минеральных почв, таких как: *Rosa acicularis*, *Alnus incana*.

Т а б л и ц а 6

**Изменение видового разнообразия и густоты подлеска  
в сосняке травяно-сфагновом в зонах различной интенсивности осушения**

Расстояние до осушителя, м	Давность осушения лет	Количество подлеска шт/га						Всего
		Порода						
		Крушина	Рябина	Можжевельник	Ива	Шиповник	Ольха серая	
Неосушенный	0	850		150	9050			10050
0–30	0	1100	0	300	8800	0	10	10210
	20	6425	525	1700	325	2725	190	11890
50–62	0	950	0	250	9500	0	10	10710
	20	4050	850	2100	950	0	80	8030

Резюмируя, необходимо отметить, что как в зоне экстенсивного, так и интенсивного осушения видовое разнообразие подроста и подлеска увеличивается. В неосушенном же сосняке травяно-сфагновом изменений не происходит. Напочвенный покров является одним из основных компонентов лесных болотных биогеоценозов, который довольно быстро реагирует на изменение экологических условий под влиянием осушения. В неосушенном сосняке травяно-сфагновом напочвенный покров находится в стадии стабильности. Видовой состав его состоит из 9 видов травянистых растений и 2 видов кустарничков и практически не меняется, лишь в зависимости от метеоусловий года увеличивается или уменьшается проективное покрытие того или иного вида. Основными представителями напочвенного покрова являются: *Menyanthes trifoliata*, *Phragmites communis*, *Oxycoccus palustris*, *Cares lasiocarpa*, *Cares limosa*, *Equisetum fluviatile*, *Comarum palustre*. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 90%. Моховой покров представлен 6 видами: *Sph.angustifolium*, *Sph. magellanicum*, *Sph. ntmoreum*, *Sph. squarrosum*, *Aulacomnium palustre* и на приствольных кочках встречается *Pleurozium schreberi*. Проективное покрытие мохового яруса – 90%. Видовой состав и процент проективного покрытия на участках заложенных в сосняке травяно-сфагновом на момент осушения, как в зоне интенсивного осушения, так и в зоне экстенсивного осушения, мало отличались от таких же показателей сосняка травяно-сфагнового неосушенного. Проведение гидроресомелиоративных работ оказало большое влияние на процесс развития и формирования напочвенного покрова. Как показали наблюдения, уже в первые годы после осушения в зоне интенсивного осушения в напочвенном покрове произошли существенные изменения. С увеличением сроков давности осушения степень происходящих изменений в напочвенном покрове усиливается. В приканавной зоне из состава кустарничково-травяного яруса

полностью исчезли представители олиготрофных болот, большинство гигрофильных и гидрофильных видов мезотрофных и евтрофных болот, оставшиеся представители этой группы имеют слабую жизненную форму. В то же время гидролесомелиорация создаёт условия для поселения мезотрофных лесных видов кустарничково-травяного яруса, ранее здесь не встречающихся, таких как: *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Veronica chamaedrys*, *Majanthemum bifolium*, *Solidago virgaurea*. Особенно большие изменения происходят в моховом покрове. Полностью исчезают мхи олиготрофных болот (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. magellanicum*, *Sph. nemoreum*). Усиливается влияние лесных мхов, поселяются новые виды (*Polytrichum commune*, *Rhutiadelphus squarrosus*). По мере увеличения сомкнутости крон и возрастания массы листового опада, процент проективного покрытия кустарничково-травяного и мохового яруса резко уменьшается (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

**Изменение видового разнообразия напочвенного покрова в сосняке травяно-сфагновом в зонах различной интенсивности осушения**

Группы видов	Не-осушенный	Осушенный			
		0–30 метров		50–62 метра	
	Давность осушения, лет				
	0	0	20	0	20
Кустарничково-травяной ярус					
Виды олиготрофных болот	$\frac{3^*}{25}$	$\frac{2}{26}$		$\frac{2}{27}$	$\frac{2}{8}$
Гигрофильные и гидрофильные виды мезотрофных и евтрофных болот	$\frac{7}{65}$	$\frac{8}{61}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{8}{60}$	$\frac{2}{3}$
Мезофильные и мезогидрофильные виды мезотрофных и евтрофных болот			$\frac{3}{17}$		$\frac{3}{14}$
Мезотрофные лесные виды			$\frac{7}{12}$		$\frac{7}{6}$
Общее покрытие кустарничково-травяного яруса	$\frac{10}{90}$	$\frac{10}{87}$	$\frac{14}{27}$	$\frac{10}{85}$	$\frac{14}{31}$
Моховой ярус					
Мхи олиготрофных болот	$\frac{5}{87}$	$\frac{3}{78}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{74}$	$\frac{4}{40}$
Лесные мхи	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{4}{14}$
Общее покрытие мохового яруса	$\frac{6}{90}$	$\frac{6}{85}$	$\frac{6}{35}$	$\frac{5}{79}$	$\frac{8}{54}$

\* числитель – количество видов

знаменатель – процент проективного покрытия

В зоне экстенсивного осушения происходящие изменения не столь существенны. Встречаются виды олиготрофных болот, но жизненная форма их ослаблена. Не так велико значение мезотрофных лесных видов, они появляются в составе кустарничково-травяного яруса, но, как правило, в небольшом количестве. Процент проективного покрытия кустарничково-травяного яруса снижается. Процент проективного покрытия мохового покрова остается довольно высоким и основное представительство сохраняется за группой мхов олиготрофных болот, при этом происходит смена гипергидрофильных видов, на виды менее требовательные к увлажнению почвы. Приведенные выше данные показывают, что в результате осушения происходит трансформация во всех ярусах растительности. Таким образом формируется новый вид фитоценоза.

**Сосняки кустарничково-сфагновые.** Изучение изменения биоразнообразия под влиянием осушения в сосняках кустарничково-сфагновых, произрастающих на бедных верховых торфяных почвах, проводилось путем повторных учетов и описания напочвенного покрова через 20–25 лет на двух участках, заложенных в год осушения (уч-к 3 и 20), и на двух участках, заложенных через 5–8 лет после осушения (уч-к 7 и 10). Участки 7 и 10 на момент закладки опыта несколько отличались от других по таксационным характеристикам, это объясняется изменениями произошедшими под влиянием осушения. Анализ хода роста насаждений на этих участках показал, что до осушения они были идентичны участкам 3 и 20 (табл. 8.)

Массивы, на которых были заложены пробные площади, на момент проведения гидролесомелиоративных работ относились к «древесным болотам», так как годичный прирост фитомассы древостоя был меньше прироста болотных растений нижних ярусов. За период после осушения они из категории «древесных болот» перешли в категорию «болотных лесов».

На изменение водно-воздушного и питательного режима в первую очередь отреагировала молодая сосна, обладающая более эластичной корневой системой и сумевшая быстрее приспособиться к изменившимся условиям. Прирост сосны молодого поколения в высоту увеличился в 1,5–1,8 раза, по диаметру в 2,0–2,5 раза. Относительная полнота насаждений увеличилась в 2,2–2,5 раза, запас возрос в 4 и более раза. В олиготрофных условиях местообитания в сосняках кустарничково-сфагновых, где до осушения имелось большое количество подроста, через 20–25 лет значительная его часть достигла основного полога. За счет этого значительно возросла общая густота сосны.



В первые годы после осушения увеличение густоты сосны наблюдается во всех возрастных группах, т.к. возраст подростка под пологом колеблется в значительных пределах (от 2 до 70 лет). Обладающее высокой энергией роста и быстрее приспособившееся к новым условиям молодое поколение сосны занимает доминирующее положение и начинает угнетать низкорослую сосну старшего поколения, которая в последующем отмирает, не выдерживая конкуренции за питание. Насаждения из категории спелых и перестойных переходят в средневозрастные. В настоящее время в составе верхнего полога также принимает участие сосна из подростка появившегося после осушения. Густота сосны верхнего полога постоянно увеличивается. В составе верхнего полога появилась береза, более требовательная к условиям местообитания.

Большие изменения под влиянием осушения отмечены в густоте и видовом составе подростка сосняков кустарничково-сфагновых (табл. 9). Более молодой подрост, хорошо отреагировав на осушение, перешел в перечетную часть. Подрост старшего поколения погиб, не сумев приспособиться к изменившимся условиям.

Средний возраст подростка снизился до 10–15 лет. В связи с улучшением условий местообитания после осушения в подросте сосняков кустарничково-сфагновых появились виды, которые не характерны для бедных верховых торфяных почв, ель и береза. Причем их количество обусловлено месторасположением участка в болотном массиве. На участках № 3 и 7 расположенных на окраине болота, количество подростка ели и березы больше в 4–12 раз, чем на участках № 10 и 20, удаленных от стен леса на значительное расстояние.

Т а б л и ц а 9

**Изменение видового разнообразия и густоты подростка в сосняках кустарничково-сфагновых под влиянием осушения**

№ участка	Давность осушения	Порода			Всего
		сосна	береза	ель	
		Количество шт./га			
20	0	6150	0	0	6150
	20	5500	50	90	5640
3	0	5405	0	0	5405
	25	4700	500	120	5320
7	5	4500	0	0	4500
	25	2850	630	350	3830
10	8	5945	0	0	5945
	30	3210	25	20	3255

Растений подлеска в осушенных кустарничково-сфагновых сосняках не отмечено. Это обусловлено очень бедными условиями местообитания на момент осушения и незначительностью изменений в питательном режиме за период после осушения.

В результате наблюдений за изменением растительного покрова под влиянием осушения, выяснилось, что на понижение уровня почвенно-грунтовых вод в первую очередь реагируют растения мочажин, относящиеся к гипергидрофильной группе (*Sphagnum nemoreum*, *Oxycoccus palustris*), а потом уже гидрофильно-психрофильные виды (*Sphagnum magellanicum*, *Eriophorum vaginatum*). Постепенное изменение условий местообитания после осушения вызвало нарушение фитоценотических взаимоотношений внутри микроассоциации. В них начинают разрастаться менее требовательные к увлажнению виды. Постепенное изменение под влиянием осушения жизнеспособности и обилия доминантных видов приводит к нарушению связей в существующих микроассоциациях и формированию новых фитоценотических отношений приводящих к смене во времени микроассоциации в соответствии с изменившимися экологическими условиями (табл. 10).

Т а б л и ц а 1 0

**Изменение видового разнообразия напочвенного покрова в сосняках кустарничково-сфагновых под влиянием осушения**

Группы видов	Уч-к № 3		Уч-к № 7		Уч-к №10		Уч-к № 15	
	Давность осушения							
	0	25	5	25	8	30	0	20
Кустарничково-травяной ярус								
Виды олиготрофных болот	$\frac{6}{76}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{6}{80}$	$\frac{5}{74}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{73}$	$\frac{7}{78}$	$\frac{7}{65}$
Гигрофильные и гидрофильные виды мезотрофных и евтрофных и болот	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{6}$		$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{17}$	$\frac{3}{15}$		$\frac{3}{7}$
Мезотрофные лесные виды								$\frac{1}{2}$
Общее покрытие кустарничково-травяного яруса	$\frac{7}{79}$	$\frac{8}{86}$	$\frac{6}{80}$	$\frac{7}{79}$	$\frac{7}{70}$	$\frac{9}{88}$	$\frac{7}{78}$	$\frac{11}{74}$
Моховой ярус								
Мхи олиготрофных болот	$\frac{3}{95}$	$\frac{4}{60}$	$\frac{3}{70}$	$\frac{3}{55}$	$\frac{3}{90}$	$\frac{3}{60}$	$\frac{3}{95}$	$\frac{5}{45}$
Лесные мхи		$\frac{2}{15}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{2}{30}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{20}$		$\frac{2}{20}$
Общее покрытие мохового яруса	$\frac{3}{95}$	$\frac{6}{75}$	$\frac{5}{90}$	$\frac{5}{85}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{3}{95}$	$\frac{7}{65}$

\* числитель – количество видов  
знаменатель – процент проективного покрытия

В растительном покрове сосняков кустарничково-сфагновых происходящие изменения не столь существенны, понижается жизненность некоторых гигрофитов, увеличивается роль голубики. Отмечено появление двух новых видов, произрастающих обычно в более богатых условиях местопроизрастания. В моховом покрове значительно снижается роль мхов олиготрофных болот, степень проективного покрытия их уменьшилась в двое. Появились новые виды мхов, более требовательные к богатству условий местообитания.

Видовое разнообразие сосняков кустарничково-сфагновых под влиянием осушения в первые 20–25 лет меняется незначительно. Это обусловлено тем, что в данных условиях произошло только изменение водно-воздушного режима за счет сброса воды из верхних горизонтов торфяной залежи. Процент же зольности и степень разложения торфа мало изменяются.

Таким образом, через 20–25 после проведения гидрлесомелиорации ценогическое и видовое разнообразие сосновых фитоценозов увеличивается. Скорость и степень происходящих изменений предопределяется богатством условий местопроизрастания и интенсивностью осушения, чем богаче условия и выше интенсивность осушения, тем существеннее изменения. За этот период времени не происходит изменения типа леса, но древостой растут уже по классам бонитета соответствующим минеральным почвам. Формируются совершенно новые биогеоценозы, характерные для промежуточного звена между суходольными и болотными, поэтому при таксации их обязательным условием является добавление к названию типа леса слова «осушенный» (сосняк травяно-сфагновый осушенный).

### **Сохранение биоразнообразия в водоохранных лесах в связи с их хозяйственным освоением**

На территории Карелии насчитывается свыше 11 тыс. рек и речек и около 60 тыс. озер. Вокруг их выделены водоохранные леса. В водоохранных лесах ранее предпочтение отдавалось несплошным рубкам (выборочным и постепенным), рубки главного пользования запрещены. Согласно «Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах Европейской части России» (7) в них разрешается проведение рубок ухода, обновления и переформирования. В настоящее время на территории Карелии действуют, разработанные Институтом леса «Рекомендации по проведению рубок обновления и переформирования в водоохранных лесах Карелии» (8).

Они проводятся в спелых и перестойных древостоях с целью повышения водоохранных функций лесов. Интенсивность рубок обновления за-

висит от породного состава, типа возрастной структуры и полноты древостоев и варьирует от 20 до 35 % по запасу.

При выборе технологий устойчивого лесопользования в водоохраных лесах необходимо учитывать не только устойчивость оставшейся части древостоя к рубке и сохранность подроста, но и решать задачу по сохранению биологического разнообразия.

Для изучения влияния рубок обновления на видовое разнообразие лесного фитоценоза, на участках пройденных и не пройденных рубкой выполнялись геоботанические описания напочвенного покрова старшим научным сотрудником Института биологии Грабовик С.И. по общепринятой методике [9]. Для этого в пределах каждого выделенного фитоценоза закладывались метровые площадки, где отмечались для цветковых растений обилие по Друде и проективное покрытие в процентах, а для сфагновых мхов только проективное покрытие каждого вида на пробной площади. Затем определялись покрытие каждого вида на пробной площади как средние из его покрытий на метровых площадках. Лисостебельные мхи определялись старшим научным сотрудником Института биологии Института биологии Бойчук М.А.

В водоохранной зоне произрастают коренные ельники с различным возрастным строением от разновозрастных (где различие в возрасте деревьев не превышает два класса возраста) до абсолютно-разновозрастных (с непрерывным возрастным рядом ели до 300-летнего возраста) древостоев естественного происхождения. Промежуточная фаза вышеуказанной возрастной динамики коренных ельников – это относительно-разновозрастные древостои, где на долю основного поколения приходится 50% и более общего запаса. По данным анализа возрастной структуры ельников, назначенных в рубку обновления, установлено, что большая часть их относится к категории относительно-разновозрастных.

Рассмотрим результаты исследований влияния рубок обновления на изменение биологического разнообразия в разновозрастных ельниках черничных типов леса.

Таксационная характеристика насаждения приведена в таблице 11. Это ельник черничный свежий. Относительно разновозрастный древостой в фазе устойчивого накопления запаса. До проведения рубок обновления состав насаждения характеризовался присутствием четырех пород – ель, сосна, береза, осина (табл. 11). Анализируемое насаждение относится к категории высокополнотных (относительная полнота 1,0) с довольно высоким запасом около 400 м<sup>3</sup>/га. Сухостоя насчитывалось 5,9 м<sup>3</sup>/га и в основном он представлен елью.

Т а б л и ц а 11

## Характеристика разновозрастного ельника до и после проведения рубок обновления

Тип леса Бонитет	Период наблюдений	Состав	Возраст, лет	Густота, шт./га	Средние		Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га	
					Д, см	Н, м	Абс.	Отн.	Раст.	Сух.
Чернич. IV	1999г., до рубки	2,1 Е	210	50	40,8	29,5	6,0	0,15	82,5	2,5
		6,7 Е	150	566	25,1	21,8	23,0	0,70	264,2	3,1
		0,9 С	210	21	34,0	24,8	3,2	0,09	34,5	–
		0,2 Б	90	13	15,1	18,4	0,7	0,02	9,1	0,3
		0,1 Ос	90	4			0,3	0,01	3,2	–
	Итого		654			33,2	0,97	393,5	5,9	
Чернич. IV	1999г., после рубки	1,9 Е	210	28	39,0	28,9	3,7	0,09	51,1	–
		7,1 Е	150	429	22,7	20,1	17,0	0,50	194,0	0,3
		0,8 С	210	13	43,8	26,0	1,9	0,05	20,7	–
		0,1 Б	90	7	26,2	26,8	0,3	0,01	3,8	–
		0,1 Ос	90	2	29,3	25,7	0,1	0,01	1,8	–
	Итого		479			23,0	0,66	271,4	5,9	

Подрост: 10Е; N= 6105 шт/га, A=15 лет, H<sub>m</sub>= 0,3 м

В процессе рубки вырубалась спелая и перестойная ель. После рубки возрастная структура древостоя существенно не изменилась. Сохранялось биологическое разнообразие по породному составу, т.е. после рубки в составе сохранена примесь сосны, березы и осины. Интенсивность рубки составила 31% по запасу и 27% по числу стволов. Оставлен сухой в объеме 0,3 м<sup>3</sup>/га. Выборка с 1 га на данном участке составила 122,1 м<sup>3</sup>/га. Полнота после рубки снизилась до 0,66.

При изучении влияния рубок обновления на биологическое разнообразие особое внимание было уделено напочвенному покрову. Подлесок представлен *Sorbus aucuparia*. Геоботанические описания напочвенного покрова сделаны на 3-ой год после проведения рубок (таблица 12).

Напочвенный покров на контроле и на пробной площади имеет незначительные отличия. Видовой состав практически одинаков, в составе травяно-кустарничкового яруса выявлено 19 видов. Обилие и покрытие доминантов травяно-кустарничкового яруса *Vaccinium myrtillus* и *Vac. vitis-idaea* варьирует незначительно (15–35% для черники и 5% для брусники) как на контроле, так и на вырубленном участке. Существенно увеличили покрытие на вырубленном участке малина (*Rubus idaeus*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*), которые под пологом леса или отсутствуют или представлены единичными экземплярами, тогда как на вырубленном участке (в окнах) малина образует заросли, также здесь в большом количестве встречается щитовник картузианский, который также произрастает небольшими куртинами.

Т а б л и ц а 12

**Видовой состав и проективное покрытие (в %) растительного покрова в еловом насаждении пройденном рубкой обновления**

Видовой состав	Проективное покрытие
1	2
<i>Деревья и кустарники:</i>	
<i>Picea abies</i>	+
<i>Pinus sylvestris</i>	+
<i>Betula pubescens</i>	+
<i>Populus tremula</i>	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	+
<i>Кустарники:</i>	
<i>Juniperus communis</i>	–
<i>Rosa acicularis</i>	1
<i>Rubus idaeus</i>	10
<i>Кустарнички:</i>	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	35
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5
<i>Rubus arcticus</i>	+
<i>Rubus saxatilis</i>	1
<i>Травы:</i>	
<i>Atragene sibirica</i>	+
<i>Athyrium filix-femina</i>	–
<i>Calamagrostis sp.</i>	+
<i>Cal. arundinacea</i>	10
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	7
<i>Convallaria majalis</i>	–
<i>Deschampsia caespitosa</i>	1
<i>Dryopteris carthusiana</i>	1
<i>Dryopteris expansa</i>	–
<i>Geranium sylvaticum</i>	–
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	–
<i>Lerchenfeldia flexuosa</i>	–
<i>Linnaea borealis</i>	1
<i>Luzula pilosa</i>	+
<i>Majanthemum bifolium</i>	5
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	-
<i>Oxalis acetosella</i>	+
<i>Orthilia secunda</i>	–
<i>Phegopteris connectilis</i>	–

1	2
<i>Solidago virgaurea</i>	1
<i>Trientalis europaea</i>	1
<i>Viola riviniana</i>	+
<i>Мху:</i>	
<i>Dicranum majus</i>	–
<i>D. polysetum</i>	20
<i>D. scoparium</i>	5
<i>Hylocomium splendens</i>	15
<i>Pleurozium schreberi</i>	5
<i>Polytrichum commune</i>	5
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	–
<i>Rhodobrium roseum</i>	–
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	–
<i>Sphagnum angustifolium</i>	–
<i>S. fallax</i>	5
<i>S. girgensohnii</i>	–
<i>S. russowii</i>	10
<i>S. quinquefarium</i>	5

В составе мохового покрова выявлено 8 видов, проективное покрытие которых в среднем составляет как на контроле, так и на вырубленном участке 70%. Доминантами мохового покрова являются *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, в отдельных микропонижениях встречаются *Sphagnum fallax*, *S. quinquefarium*, покрытие мхов рода *Dicranum* заметно увеличивается на вырубленных участках, так как они являются светолюбивыми видами. Более существенные изменения произошли на волоках, где проективное покрытие *Calamagrostis arundinaceae* достигает до 50–60%, также здесь встречаются заросли *Driopteris carthusiana*, отдельными пятнами произрастает *Rubus saxatilis*, здесь также встречен редкий для этого района вид княжник сибирский *Atragene sibirica*.

В производных лесах – в березняках со вторым ярусом и подростом ели проводятся рубки реформирования с целью коренного изменения (улучшения) породного состава и возрастной структуры древостоев. Проведение рубок реформирования приводит к существенным изменениям как на типологическом, так и видовом уровне. Меняется породный состав насаждений в пользу хвойных пород, которые наиболее полно выполняют целевые функции.

В березово-еловых древостоях травяно-сфагнового типа леса видовое разнообразие по породному составу снижается, формируются практически чистые ельники. Успешность восстановления древостоев

в значительной степени зависит от количества сохранившегося подраста после рубки. В данном случае его насчитывалось около 6,9 тыс. шт./га, чего вполне достаточно для пополнения перерешетной части древостоя и формирования в последующем высокополнотных и высокопроизводительных еловых насаждений.

Снижение сомкнутости древесного полога, в результате интенсивной рубки, приводит к значительным изменениям в напочвенном покрове. В травяно-кустарничковом покрове обнаружено 27 видов кустарничков и травянистых растений, являющихся представителями 17 семейств и относящихся к 24 родам. Видовое разнообразие здесь выше, чем в сомкнутых травяно-сфагновых ельниках (19–20 видов). Травяно-кустарничковый покров хорошо развит: при общем проективном покрытии в 50% достигает 60 см высоты – I ярус, 30 см – II ярус и 10–20 см – III ярус.

По количеству видов преобладает группа светолюбивых растений, которые проходят полный цикл развития: цветут и плодоносят. Теневыносливые растения также положительно реагируют на улучшение светового режима. В напочвенном покрове доминирует вейник ланцетный: проективное покрытие – 20%, встречаемость – 76%, распределение по площади равномерное. Брусника (соответственно 10% и 56%) также встречается равномерно и хорошо плодоносит. То же относится к таким видам, как майник двулистный (встречаемость – 92%), седмичник европейский (88%). Характер встречаемости растений свидетельствует о положительной реакции их на улучшение светового и теплового режимов.

Типично болотные растения (гигрофилы): морошка, осоки, клюква, кассандра, таволга, горец и т.д. – имеют в покрове подчиненное положение, встречаются редко (не более 4–12% или единично). Моховой покров сплошной, имеет мощность живого слоя 4–5 см, мертвого – 3–4 см. Его проективное покрытие составляет 80%, из которых 70% приходится на сфагнумы и 10% – на зеленые мхи, приуроченные к микроповышениям.

Таким образом проведение рубок обновления по сортиментной технологии обеспечивает сохранение биологического разнообразия в коренных ельниках на типологическом уровне при незначительном изменении разнообразия на видовом уровне, как древесных пород, так и напочвенного покрова. При переформировании лиственно-еловых древостоев в хвойные происходят существенные изменения биологического разнообразия на типологическом и видовом уровнях.

Для сохранения биологического разнообразия в водоохранных лесах необходимо исключить из лесопользования:

1. Участки мест обитания редких животных и растений.
2. Лесные биогеоценозы пониженных ложбин стока.

Обобщая влияние лесохозяйственных мероприятий на видовое и фитоценотическое разнообразие растительности следует отметить, что разные мероприятия изменяют его в той или иной степени. При проведении рубок ухода (прореживания, проходные рубки) в хвойных насаждениях изменяется в большей степени видовое разнообразие, ценотическое почти не изменяется. При уходе за молодняками и последующих уходах в лиственных насаждениях со вторым еловым ярусом и хорошо развитым подростом, здесь наряду с видовым разнообразием происходят изменения и на фитоценотическом уровне.

Гидролесомелиорация уже по истечению первого десятилетия в корне меняет как видовое, так и ценотическое биоразнообразие. Образуются лесные фитоценозы промежуточной стадии между суходольными и заболоченными лесами.

Рубки обновления и переформирования в водоохраных лесах сохраняют фитоценотическое биоразнообразие и незначительно изменяют видовое.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Синькевич Т.А., Синькевич С.М.* Влияние проходных рубок на фитоценотическое разнообразие. Тезисы докладов международной конференции «Экология таежных лесов», Сыктывкар, 1998. С. 253.
2. *Сеннов С.Н.* Уход за лесом. Экологические основы. М., 1984, 128 с.
3. *Синькевич Т.А., Синькевич С.М.* Комплексный уход в лиственно-еловых лесах Карелии. Петрозаводск, 1991, 135 с.
4. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М., 1961. 134 с.
5. *Рубцов В.Г., Книзе А.А.* Ведение лесного хозяйства в мелиорируемых лесах. М., 1981. 84 с.
6. *Воронов А.Г.* Геоботаника. М., 1973. 384 с.
7. Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах Европейской части России. М., 1994. – 190 с.
8. Рекомендации по проведению рубок обновления и переформирования в водоохраных лесах Карелии. Петрозаводск, 2003. 32 с.
9. Программа и методика биогеоценологических исследований. М., 1996.

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

*Германова Н.И., Саковец В.И.*

Через 30 лет лесной осушительной мелиорации в условиях умеренно холодного влажного климата Карелии необходим всесторонний анализ успехов и неудач этой широкомасштабной акции. Как известно, осушение торфяных почв в большей или меньшей мере влияет на все компоненты биогеоценоза, круговорот веществ и плодородие почвы. Интенсивность круговорота веществ, в свою очередь, в значительной степени зависит от жизнедеятельности микроорганизмов и почвенных животных. Химический состав растений и состав почвенных организмов на фоне экологических условий определяют деструкцию органического вещества и участие отпавшей биомассы в его круговороте [1], что можно использовать для оценки эффективности гидролесомелиорации в конкретных природно-климатических условиях.

### **Объекты и методы**

Исследования проводились на стационаре «Киндасово» Института леса Карельского НЦ РАН на неосушенных и осушенных контрастных по трофности торфяных почвах.

Сосняки кустарничково-сфагновые на верховых торфяных почвах расположены в одном болотном массиве. Осушение проведено 20 лет назад сетью открытых каналов с расстоянием между ними 180, 120 и 35 м. Мелиоративная сеть на момент исследований находилась в рабочем состоянии, при этом посередине 180-метровой межканальной полосы средний за 1991–1994 г.г. уровень почвенно-грунтовых вод составил 11 см, на участке интенсивного осушения (35 м между канавами) – 31 см. Торфяные почвы близки по строению залежи, ботаническому составу и степени разложения торфа: мощность залежи 2,5–2,9 м, на глубине 0–20 см она сложена верховым фускум-торфом со степенью разложения 5–10%, глубже – магелланикум-торфом со степенью разложения 10–15%. До осушения состав древостоя был 7,3С(90)2,7С(35) с полнотой 0,2 Уб класса бонитета, при слабом осушении за 20 лет изменений в составе древостоя не отмечено. После интенсивного осушения за счет более быстрого роста молодого поколения произошло естественное омоложение древостоя и состав стал 5,4С(50)4,6С(110), увеличилась полнота до 0,3, а продуктивность возросла до Уа класса бонитета.

Сосняки травяно-сфагновые также расположены в одном болотном массиве, часть которого осушена 20 лет назад сетью открытых каналов с расстоянием между ними 125 м. Каналы, между которыми находятся пробные площади, нормально функционируют, их ширина по верху составляет 2,3–2,6 м, по дну – 1 м, глубина 1 м, заиление 16–30 см. Средний уровень ПГВ за период наблюдений (1991 – 1994 г.г.) составил в 10-метровой приканальной зоне 52–54, в 30 метрах от канала – 35, посередине межканальной полосы 22 см. Пробные площади заложены в зоне интенсивного осушения (0–20 м от канала) и посередине межканальной полосы. Мощность торфа на участках до и после осушения 1,2–1,7 м, залежь до глубины 40 см сложена переходным осоковым, а глубже низинным осоково-сфагновым торфом со степенью разложения 20–25%. На период исследований неосвоенное насаждение Уа класса бонитета имело состав 4,0С(110) 6,0Б(105)ед.Е(70), в интенсивно осушенной зоне участка текущий бонитет III класса, состав 4,3С(105)5.7Б(105)+Е(70), в слабоосушенной части участка при составе насаждения 4.5С(105)5.4Б(105)0.1Е(70) текущий бонитет III,2.

Для микробиологических и химических исследований образцы торфяных почв отбирались 2–4 раза за сезон из верхнего 20–50-сантиметрового слоя залежи, с учетом парцеллярной структуры биогеоценоза и удаленности точек отбора от канала, их количество колебалось от 5 до 10, из которых готовился один смешанный образец подстилки или торфа. Изучение численности и эколого-трофического состава микробиоты проводили в свежих почвенных образцах методом посева почвенной взвеси на стандартные питательные среды в трех повторностях. О функциональной активности почвенных микроорганизмов судили по характеру и скорости разложения свежего растительного опада путем постановки модельных полевых опытов.

Химический состав почв и растительного опада определен в Аналитической лаборатории Института леса Карельского НЦ. Содержание в них органических и минеральных веществ определено путем сжигания навески в муфеле при 450°C [2], общего азота – методом Кьельдаля, фосфора – методом Труога, калия – пламеннофотометрическим методом (там же).

Как известно, действие осушительных каналов на основные компоненты биогеоценоза ослабевает по мере удаления от них, и границы перехода от зоны интенсивного к зоне экстенсивного осушения безошибочно улавливаются по характеру растительности. В связи с этим в осушенном сосняке травяно-сфагновом мы условно разделили межканальное пространство на пять равных частей, обозначив приканальные части индексом а, центральную – индексом б, промежуточные –  $\frac{1}{2} а + \frac{1}{2} б$ . Среднее значение искомого параметра определяли по формуле  $(3а + 2б) / 5$ .

## Результаты и обсуждение

Осушение предопределяет разный ход развития верховых и переходных торфяных почв на современном этапе, своеобразно влияя на их свойства. Установлено, что в результате осушения уплотняются верхние горизонты торфяных почв, повышается зольность и содержание элементов минерального питания в них [3–7]. На изучаемых объектах за 20 лет интенсивного осушения почв сформировалась лесная подстилка, на верховой торфяной почве на 40% площади участка (35 м между каналами), на переходной – в 20–30-метровой приканальной зоне. Плотность верхнего полуметрового слоя осушенного верхового торфа увеличилась в 1,2–1,6 раза, в сосняке травяно-сфагновом – в 1,2–2,4 раза. Слабое осушение мало повлияло на эти показатели свойств почв. С уплотнением торфа естественно повышение в нем концентрации азота и зольных элементов. Заметные различия неосушенных верховых и переходно-низинных торфяных почв по количеству в них основных элементов питания растений углубляются при осушении (табл.1).

Микробиологическое обследование осушенных верховых торфяных почв (при параллельном отборе почвенных проб на неосушенном участке) проводилось через 6, 10 и 28 лет после проведения мелиоративных работ. Условия произрастания древесных пород на верховых торфях, где в составе живого напочвенного покрова доминируют сфагновые мхи, очень специфичны. Кислая реакция и токсичность среды, неблагоприятный режим питания влияют на жизнедеятельность почвенной биоты, характер обменных процессов, и в конечном итоге, на успешность роста древостоя. Имеющиеся в литературе сведения о разложении торфообразователей верховых болот говорят о высокой устойчивости сфагновых мхов к воздействию микроорганизмов [8–13]. Для верховых торфяных почв южной Карелии характерны крайняя бедность и относительно стабильный состав микробных сообществ вне зависимости от давности и степени осушения торфа (табл.2). Доминируют микроорганизмы, осуществляющие первичную стадию деструкции органического вещества растений-торфообразователей. Спорозоные бактерии, актиномицеты, цитофаги – агенты разложения устойчивых соединений, встречаются в почвах эпизодически, в момент оптимального теплового и гидрологического режима, и их роль в круговороте веществ на верховых болотах незаметна.

Особенно неэффективно для жизнедеятельности микроорганизмов в верховых торфях слабое осушение (180 м между каналами), биологическая активность почв при таких параметрах осушительной сети не повышается и с приближением к каналу. С улучшением режима аэрации путем

**Т а б л и ц а 1**  
**Запас основных элементов питания в торфяных почвах, ц/га**

Глубина, см	Сосняк кустарничково-сфагновый		Сосняк травяно-сфагновый	
	экстенсивно осушенный	интенсивно осушенный	неосушенный	экстенсивно осушенный
	Сумма зольных элементов			
Подстилка (сфагновый очес)	1,91	1,91	6,53	7,15
0-30	30,96	39,93	183,23	263,65
0-50	50,74	62,10	275,23	368,90
	Азот			
Подстилка (сфагновый очес)	0,77	1,12	0,98	4,59
0-30	12,03	12,32	49,47	87,51
0-50	22,93	23,22	97,42	133,94
	Фосфор			
Подстилка (сфагновый очес)	0,05	0,06	0,06	0,25
0-30	0,60	0,82	2,28	3,25
0-50	0,95	1,30	3,94	4,50
	Калий			
Подстилка (сфагновый очес)	0,19	0,18	0,24	0,25
0-30	1,29	0,99	2,00	1,34
0-50	1,68	1,23	2,43	1,55
	интенсивно осушенный			
Подстилка (сфагновый очес)				16,90
0-30				321,10
0-50				404,30

Т а б л и ц а 2  
**Развитие микробных ценозов в верховых торфяных почвах, тыс/г абсолютно сухого вещества**

Период осушения, лет	Расстояние между осушителями, м Расстояние от осушителя, м	Микромицеты	Микроорганизмы, усваивающие азот		Олигонитрофилы	Олиготрофы	Спороносные	Акциномицеты	Целлюлозоразрушающие
			органический	минеральный					
Неосушенная		320	1600	980	4000	3400	не обн.	не обн.	ед. колонии
6*	<u>120</u> 60	50	1330	3000	4760	10550	27	"-	14
10	<u>120</u> 60	394	10	5990	5550	2040	31	"-	ед. колон
28	<u>180</u> 10	46	3380	930	70	3500	35	10	112
"-	<u>180</u> 90	104	3310	2760	250	800	не обн.	27	55
"-	<u>35</u> 17,5	159	700	800	1400	1040	329	не обн.	167

\* по данным Л.М. Загуральской [14]

интенсивного осушения (35 м между каналами) коренной перестройки структуры микробных сообществ также не произошло. Наличие в составе микробоценоза осушенной почвы небольшого количества целлюлозоразлагающих и споровых бактерий не повышает эффективность работы деструктивного блока: льняная ткань здесь разлагается со скоростью 6–7% потери массы за один летний месяц.

Вследствие осушения почвы под сосняком травяно-сфагновым произошла четкая дифференциация участка на зоны интенсивного и экстенсивного осушения. Первая ограничена 20-метровым расстоянием от канала. Эти зоны различаются по водно-воздушному режиму почвы, плотности торфа, запасу в нем основных элементов питания растений, по массе и составу опада. Запас древесины с 70 м<sup>3</sup>/га до осушения равен 170 м<sup>3</sup>/га в приканалье и 140 м<sup>3</sup>/га посередине полосы. По общей численности микроорганизмов в верхнем 20-сантиметровом слое торфа исследуемые участки образуют ряд: интенсивно осушенный → экстенсивно осушенный → неосушенный (табл.3). Высокая численность микроорганизмов на интенсивно осушенном участке отмечена в подстилке, тогда как различия в их количестве в верхнем 20-сантиметровом слое торфа между участками не столь заметны. Потенциальные возможности микрофлоры к выполнению важнейшей функции в почве – деструкции органического вещества, достаточно высоки на всех участках – это обусловлено качеством торфа. В осушенном сосняке формирование микробоценоза с высокой долей грибного компонента идет в соответствии с составом опада. При участии спорозоносных бактерий, актиномицетов, микромицетов и относительно большого количества миксобактерий, обладающих мощной энергией разложения, здесь происходит деструкция устойчивых компонентов древесного опада.

За 20-летний период гидролесомелиорации при сохранении видового разнообразия фитоценоза в сосняке кустарничково-сфагновом изменились количественные соотношения между отдельными его компонентами, соответственно изменился и состав надземного опада (табл.4). На фоне значительного уменьшения в нем доли сфагновых мхов возросла роль относительно легкоразлагаемых компонентов, среди них масса более доступного микробиоте опада листьев голубики, кассандры и подбела увеличилась в 3 раза – от 118 до 384 кг/га. Масса хвойного опада, который среди прочих торфообразователей верховых болот относительно легко разлагаем, возросла от 188 до 716 кг/га. При этом скорость разложения верховых растений – торфообразователей остается одинаково низкой как в условиях слабого, так и интенсивного осушения и не превышает 46 % (листья голубики) потери массы опада за год.

## Т а б л и ц а 3

## Изменение структуры микробных ценозов за 20 лет осушения переходо-низинной торфяной почвы, тыс/г абсолютно сухого вещества

Глубина, см	Микромицеты	Микроорганизмы, усваивающие азот		Олиготрофы	Спороносные	Активные мицеты	Целлюлозоразрушающие
		органический	минеральный				
0-20	307	8300	7900	2800	5230	2	173
Неосушенная почва							
60 м от канала							
0-10	256	5000	6100	3600	3400	4	209
10-20	59	4700	4200	7100	1600	не обн.	172
1-20 м от канала							
Подстилка	1122	4400	5800	16500	1980	30	194
0-10	216	4900	4700	5300	3280	19	650
10-20	165	2100	2400	2600	1340	26	157

**Изменение характера и темпов высвобождения элементов минерального питания из опада растений  
в сосняке кустарничково-сфагновом после интенсивного осушения почвы**

Часть насаждения	Поступление, кг/га			Высвобождение, кг/га				
	Сумма зольных элементов	N	P	К	Сумма зольных элементов	N	P	К
<b>Экстенсивно осушенный</b>								
Древостой	<u>6,00</u> 13*	<u>1,80</u> 13	<u>0,15</u> 12	<u>0,57</u> 12	<u>1,1</u> 18**	<u>0,10</u> 5	<u>0,04</u> 27	<u>0,45</u> 79
Напочвенный покров	<u>38,5</u> 87	<u>12,23</u> 87	<u>1,05</u> 88	<u>4,40</u> 88	<u>8,2</u> 21	<u>1,13</u> 9	<u>0,32</u> 30	<u>2,69</u> 61
Насаждение	<u>44,5</u> 100	<u>14,03</u> 100	<u>1,20</u> 100	<u>4,97</u> 100	<u>9,3</u> 21	<u>1,23</u> 9	<u>0,36</u> 30	<u>3,14</u> 63
<b>Интенсивно осушенный</b>								
Древостой	<u>23,6</u> 42	<u>7,50</u> 42	<u>0,59</u> 32	<u>2,46</u> 45	<u>2,4</u> 10	<u>0,64</u> 8	<u>0,07</u> 12	<u>1,93</u> 78
Напочвенный покров	<u>32,6</u> 58	<u>10,35</u> 58	<u>1,32</u> 68	<u>3,06</u> 55	<u>11,1</u> 34	<u>1,02</u> 10	<u>0,74</u> 56	<u>1,71</u> 56
Насаждение	<u>56,2</u> 100	<u>17,85</u> 100	<u>1,91</u> 100	<u>5,52</u> 100	<u>13,5</u> 24	<u>1,66</u> 9	<u>0,81</u> 42	<u>3,64</u> 66

В знаменателе: \* – % от общей массы;

\*\* – от количества в свежем опаде

Произшедших изменений в структуре фитоценоза за 20 лет интенсивного осушения верховой торфяной почвы недостаточно для ускорения круговорота элементов питания и повышения её плодородия. При увеличении массы опада в сравнении со слабоосушенным сосняком на 300 кг/га возрастание количества зольных элементов (суммы), поступающих с ним на почву, в интенсивно осушенном составило 12 кг/га, азота – 4 кг/га, калия и фосфора – 500–700 г/га, при этом размеры высвобождения из опада зольных элементов в сравнении с контролем увеличились на 4 кг/га, а азота, фосфора, калия – на 400–500 г/га (табл.4).

За этот же период запасы надземной фитомассы в сосняке травяно-сфагновом, составлявшие до осушения 534.5 ц/га, увеличились до 956 ц/га посередине межканальной полосы и до 1032 ц/га в приканальной. С изменением структуры и состава насаждения и значительным увеличением фитомассы древостоя возрастает доля древесных компонентов в составе опада, происходит сдвиг в характере и темпах процессов минерализации (табл.5). В неосушенном сосняке надземный опад представлен на 56 % компонентами древесного яруса и на 44 % растениями напочвенного покрова. За 20 лет осушения это соотношение изменилось в соответствии с изменением структуры фитоценоза и составило соответственно 87 и 13% (в приканальной зоне 91 и 9). Общая масса опада здесь в 2,2 раза больше, чем в сосняке кустарничково-сфагновом [15].

С улучшением водно-воздушного режима почвы и повышением её трофности после осушения качество опада, с точки зрения его доступности микрофлоре, ухудшается, в неосушенном сосняке травяно-сфагновом относительно легкоразлагаемых компонентов опада (трав и листьев березы) 3200 кг/га (половина из них хорошо разлагающиеся травы) – это 70% от его общей массы. При осушении почвы эта доля опада снижается до 2130 кг/га (50 % от общей массы), из них трав всего лишь 200 кг/га.

В неосушенном сосняке травяно-сфагновом существенную роль в биологическом круговороте играют относительно легразлагаемые растения травяного покрова, их здесь в 8 раз больше, чем в осушенном сосняке. Они отличаются высокой зольностью, её средние значения на объектах до и после осушения составляют 9,3 и 5,7 %, в них больше калия, а процентное содержание азота и фосфора в травах на объектах примерно одинаково. В результате в неосушенном сосняке с опадом трав и мхов на почву ежегодно поступает 52 % зольных элементов (сумма), азота 59, фосфора 61, калия 80 % от их количеств

ва в опад е насаждения. По количеству поставляемых на почву элементов питания здесь лидируют осока, вахта, тростник, с опадом этих растений ежегодно поступает от 40 до 60 %, с опадом сфагновых мхов от 6 до 10 %, с листьями березы 20 – 40 %, с опадом хвои 1–4 % азота и зольных элементов от общего количества в опаде всего насаждения [15].

Т а б л и ц а 5

**Скорость разложения растительного опада в сосняках травяно-сфагновых**

Компоненты опада	Масса свежего опада, кг/га	Потеря за год*, %	Компоненты опада	Масса свежего опада, кг/га	Потеря за год*, %
Неосушенный			Осушенный		
Древостой:			Древостой:		
хвоя сосны	265	34	хвоя сосны	710	40
ветви сосны	150	14	ветви сосны	518	26
листья березы	1630	27	листья березы	1930	35
ветви березы	553	4	ветви березы	542	11
ВСЕГО	2598	22	ВСЕГО	3700	31
Травяной покров:			Травяно-кустарничковый покров		
калужница	17	87	кизляк	6.5	56
вахта	314	80	поляника	79.4	51
хвощ	45	64	вейник	14.2	50
осока	569	38	сабельник	5.4	57
сабельник	147	68	тростник	17.0	52
тростник	477	59	папоротник	16.3	32
ВСЕГО	1569	57	золотая розга	4.9	67
моховой покров:			осока	13.2	37
сфагновые мхи	480	8	марьянник	28.3	67
ИТОГО	4647	32	майник	1.9	79
			клюква	4.8	35
			хвощ	0.4	50
			голубика	2.7	23
			брусника	9.4	22
			ВСЕГО	204.4	50
			моховой покров:		
			зеленые мхи	75.6	31
			сфагновые мхи	284.4	12
			ВСЕГО	360.0	16
			ИТОГО	4264.0	31

\* Приведена средняя за 1992–1993 и 1996–1997 г.г. величина потери массы.

В результате перестройки структуры фитоценоза и изменений в составе опада после гидролесомелиорации основную роль в пополнении почвы элементами питания начинает выполнять древесной опад. С древесным опадом на почву поступает до 90 % зольных элементов (сумма) и азота и около 80 % фосфора и калия (табл.6). В осушенном сосняке возросла роль опавших листьев березы в обогащении почвы химическими элементами, как в абсолютных показателях, кг/га, так и в процентном отношении. В насаждениях до и после осушения с ними поступает (% от количества в опаде насаждения): азота 30 и 57, фосфора 30 и 60, калия 18 и 63, зольных элементов (сумма) 40 и 70. Здесь с листовым опадом березы на почву поступает 69 % зольных элементов и азота, с хвоей 10, ветвями березы около 8 и сосны 5 % от их количества во всей массе опада. В целом поступление азота и зольных элементов через 20 лет после осушения почвы сократилось на 26 % (калия на 44 %).

В неосушенном насаждении при разложении опада растений напочвенного покрова в течение года высвобождается: зольных элементов (сумма) 57, азота 85, фосфора 76, калия 80 % от количества элементов высвобождающихся из ежегодного опада насаждения, или соответственно 50, 54, 62, 95 % от их количества, поступившего со свежим опадом на почву.

Сопоставить питательную ценность отдельных видов опада в лесных насаждениях можно путем пересчета количества высвободившихся за год элементов из 1 т/га растительных остатков [15]. В неосушенном сосняке травяно-сфагновом самую низкую ценность имеют хвоя и ветви сосны и березы, а также сфагновые мхи. Остальные виды опада растений по количеству высвободившихся из них зольных элементов и азота можно расположить в ряд: калужница – вахта – хвощ – сабельник – осоки – тростник – листья березы. Последовательность высвобождения элементов из всех видов опада одинакова: калий – фосфор – азот. Из трав в первый год разложения исчезает почти весь калий, из листьев березы 80 %, из хвои и ветвей сосны 70, из сфагновых мхов около 60 %.

На неосушенном болоте от 94 до 100 % высвободившихся в процессе разложения из растительного опада основных элементов питания приходится на растения напочвенного покрова и листья березы.

После осушения почвы высвобождение зольных элементов и азота из растительного опада в сосняке травяно-сфагновом сократилось вдвое (табл. 6). Большая часть элементов высвобождается из опада древесной опад: азота 85 %, фосфора и калия 77 и всего количества зольных элементов 89 %. Наиболее мобильный компонент в составе древесной опад — это листья березы: 78 % зольных элементов и азота в осушенном насаждении высвобождается при их разложении, 11 % из опада трав и кустарничков, на долю опада хвои и ветвей приходится 8 %. В целом из опада осушенного насаждения высвободилось значительно меньше элементов, чем в неосушенном сосняке.

Т а б л и ц а 6

**Изменение характера и темпов высвобождения элементов минерального питания из опада растений  
в сосняке травяно-сфагновом после осушения почвы**

Часть насаждения	Поступление, кг/га			Высвобождение, кг/га				
	Сумма зольных элементов	N	P	К	Сумма зольных элементов	N	P	К
Несушенный								
Древостой	121,37 48*	26,09 40	1,68 39	6,93 20	49,79 41**	3,75 14	0,52 31	5,31 77
Напочвенный покров	130,38 52	38,30 60	2,59 61	27,50 80	65,51 50	20,90 54	1,60 62	26,03 95
Насаждение	251,75 100	64,39 100	4,27 100	34,43 100	115,30 46	24,65 38	2,12 50	31,34 91
Осушенный (125 м между каналами)								
Древостой	171,45 90	45,63 85	2,79 83	15,05 78	55,49 32	9,52 21	0,41 15	12,11 80
Напочвенный покров	19,60 10	8,17 15	0,55 17	4,20 22	6,98 36	1,69 21	0,12 22	3,59 85
Насаждение	191,05 100	53,80 100	3,34 100	19,25 100	62,47 33	11,21 21	0,53 16	15,70 81
Интенсивно осушенный (10 м от канала)								
Древостой	171,00 90	62,50 89	2,55 83	8,80 70	49,96 29	7,10 11	0,61 24	6,21 70
Напочвенный покров	18,76 10	7,66 11	0,51 17	3,84 30	10,51 56	2,99 39	0,20 39	2,18 57
Насаждение	189,76 100	70,16 100	3,06 100	12,64 100	60,41 32	10,09 14	0,81 26	8,39 66

В знаменателе: \* – % от общей массы;

\*\* – от количества в свежем опаде

В интенсивно осушенной зоне приканалья, прослеживаются те же тенденции в поступлении с опадом и высвобождении из него элементов питания, что и в целом на межканальной полосе (табл. 6).

### **Заключение**

Исследования характера и темпов изменений биологических и экологических факторов разложения растительного опада в сосняках кустарничково-сфагновых на верховых и сосняках травяно-сфагновых на переходно-низинных торфяных почвах проведены через 20 лет после их мелиорации. В ходе исследований выявлена неоднозначная реакция почв разного генезиса на осушение. Специфичность свойств верховых торфяных почв, мало изменяющихся при гидромелиорации, является причиной формирования в них крайне бедных и мало активных микробных сообществ, неспособных осуществлять глубокую деструкцию органического вещества. На объектах слабого и интенсивного осушения в первый год разложения растительного опада размеры высвобождения из него азота и зольных элементов одинаково низкие. Недостаток доступных источников питания может быть одной из основных причин слабого лесоводственного эффекта мелиорации почв с верховой залежью торфа в среднетаежной подзоне Карелии.

На более богатых переходно-низинных торфяных почвах в сосняках травяно-сфагновых с растительным опадом поступает ощутимо больше азота и зольных элементов, чем на верховых. Вместе с тем в результате осушения почвы и изменений структуры фитоценоза в опаде заметно увеличивается доля труднорастворимых древесных остатков, развитие почвенного микробного ценоза идет по пути наращивания численности актиномицетов, микромицетов и миксобактерий, способных производить их деструкцию. В сравнении с неосушенным объектом темпы высвобождения основных элементов питания из свежего опада в осушенном сосняке замедляются, размеры поступления их в почву снижаются, но остаются значительно более высокими, чем в сосняках кустарничково-сфагновых. Лесоводственные показатели свидетельствуют о соответствии питательного режима осушенной почвы потребностям древостоя в элементах минерального питания.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука, 1978. 172 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ. 1970. 487 с.
3. Бухман В.А. Изменение агрохимических свойств и плодородия торфяно-болотных почв Карелии при их освоении // Петрозаводск, 1958. С.27–52 (Тр.Карел.фил. АН СССР; Вып. IX).

4. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат. 1986. 264 с.
5. *Ефремова Т.Т.* Формирование почв при естественном облесении осушенных болот. Новосибирск. Наука. 1975. 125 с.
6. *Морозова Р.М.* Влияние мелиорации на свойства болотных почв // Антропогенная динамика почв таежных экосистем. Петрозаводск: Карелия, 1992. С.88–173.
7. *Переверзев В.Н.* Влияние окультуривания на изменение химического состава и агрохимических свойств болотных почв в Мурманской области // Почвоведение. 1963. № 5. С.41–52.
8. *Беликова Н.М.* Распад органического вещества торфообразователей // Тр.Ин-та торфа. 1934, 14. С.120–173.
9. *Кондратьев Е.В., Костина М.И.* Воспроизведение торфообразовательного процесса в искусственных условиях // Сообщ. о научных работах членов Всесоюз. хим. об-ва. М.: Изд-во АН СССР. 1955. Вып.1. С.26–31.
10. *Лукошко Е.С., Раковский В.Е.* Влияние отдельных факторов на разложение растений-торфообразователей в торфогенном слое // Химия и генезис торфа и сфагнелей. Минск: Изд-во АН БССР, 1962. С.3–10.
11. *Раковский В.Е., Пигулевская Л.В.* Химия и генезис торфа. М.: Недра, 1978. 232 с.
12. *Румянцева Л.А.* Относительные скорости разложения целлюлозы различного происхождения // Микробиология, 1939. Т.8, вып.5. С.571–583.
13. *Сивочуб О.А.* Разложение сфагновых мхов чистыми культурами грибов // Вестник ЛГУ. Биология, 1972, № 3, вып.1. С.157–158.
14. *Загуральская Л.М.* Микробиологические и биохимические свойства торфяных почв южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР. 1977. С.88–104.
15. *Германова Н.И., Саковец В.И.* Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии. Петрозаводск. 2004. 188 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ КРУГОВОРОТА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ (N, P, K) В СОСНЯКАХ ТРАВЯНО-СФАГНОВЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ**

*В.И.Саковец*

Интенсивность биологического круговорота органического вещества и питательных элементов в лесоболотных биогеоценозах довольно хорошо изучены. Она тесно связана с биологической продуктивностью растительных сообществ, обусловленной состоянием водного режима и потенциальным богатством почвы питательными элементами, а также концентрацией элементов питания в различных фракциях фитомассы растений (1–4). Однако специальных исследований по изменению круговорота азота и зольных элементов под влиянием осушения не проводилось. Нами изучалась динамика органического вещества и круговорот N, P, K в лесоболотных осушенных и неосушенных биогеоценозах на экосистемном уровне (фитоценоз, торфяная залежь, ПГВ).

Объекты и методика исследований.

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Карелии (Киндасовский опытный стационар) в сосняках травяно-сфагновых на мезоевтрофных торфяных почвах. Пробные площади были заложены на 125-метровой межканальной полосе с давностью осушения 20 лет, в зоне интенсивного (0–30 м от канала) и экстенсивного (30–60 м от канала) осушения и параллельно в неосушенном насаждении того же типа леса, в одном и том же болотном массиве. Условия местопроизрастания и таксационная характеристика этих насаждений до осушения были близкими. Возраст сосны до осушения 85–90 лет, полнота древостоя 0,45 – 0,48, запас 44–48 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>. В составе древостоя кроме сосны – 5–6 ед. березы. Мощность торфа на пробных площадях в осушенном насаждении составляет 1,5, а до осушения по материалам опытного проектирования каналов была 1,8 м. В приканальной полосе мощность залежи после осушения уменьшилась на 28, а на середине межканального пространства на 20 см. Залежь до глубины 40 см сложена переходным, а глубже низинным осоково-сфагновым торфом со степенью разложения 20–25 %. Зольность торфа в верхнем горизонте (0–20 см) 7–8 %, а ниже 3,0–4,4 %.

Закладка пробных площадей и обработка полученных данных производились в соответствии с методическими указаниями (5, 6). Общая фитомасса древостоев и слагающих её компонентов определялась на

основании методических разработок, выполненных Институтом леса СО АН СССР (7, 8). При изучении динамики органического вещества и круговорота N, P, K в осушенном и неосушенном биогеоценозах использовались методические указания по изучению биологического круговорота (9, 10).

Для характеристики динамики органического вещества были определены надземная и подземная фитомасса осушенного и неосушенного биогеоценозов, её структурный состав, величина прироста и опада. В различных фракциях фитомассы, в почве, почвенно-грунтовых и дренажных водах определено содержание N, P, K и суммы зольных элементов.

Образцы воды в скважинах и каналах отбирались ежемесячно (с мая по октябрь), из скважины с глубины 0–50 и 50–100 см в течение 4-х лет. На химический анализ почвы и опада отобрано более 500 образцов.

Объемная масса торфяного слоя определялась весовым методом в нескольких точках в 10–20 м от канала, в середине межканальной полосы и на контрольной (неосушенной) пробной площади путем послыного, через 10 см, отбора образцов торфа и замера их объема в полевых условиях. Масса опада древесного яруса измерялась с помощью опадоуловителей. За количество опада напочвенного покрова условно принималась величина его ежегодного прироста. Запасы лесной подстилки и сфагнового опада определялись весовым методом на площадках  $0,5 \times 0,5$  м в количестве от 20 до 50.

Химические анализы торфа, воды, растительности и её опада выполнены в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН. Определялось: содержание органических и минеральных веществ путем сжигания навески в муфеле при  $450^\circ$ ; содержание общего азота методом Кьельдаля; содержание фосфора методом Труога; содержание калия пламенно-фотометрическим методом (11).

Слабоосушенный сосняк травяно-сфагновый (середина межканального пространства) несколько меньше по общей фитомассе насаждения (на 8 %) и годовому приросту фитомассы (на 16 %) по сравнению с интенсивно осушенным. Однако доля надземной фитомассы древесного яруса в них примерно одинакова (77,5 и 75,6 %). Доля живого напочвенного покрова в общей фитомассе интенсивно осушенного и слабо осушенного биогеоценоза невелика – 1,7 и 2,0 %, тогда как на неосушенном 15,2 %. Круговорот N, P, K в слабо осушенном насаждении незначительно отличается от интенсивно осушенного. В связи с этим в дальнейшем рассматриваются изменения его под влиянием осушения лишь интенсивно осушенного и неосушенного биогеоценозов.

## Результаты и их обсуждения

Химический состав растений связан с почвенно-климатическими условиями их произрастания (2, 12, 13). Анализ содержания различных элементов в древесных растениях лесоболотных фитоценозов подтверждает их зависимость от экологических условий. Особенно заметные различия наблюдаются в содержании азота и суммы зольных элементов в хвое и листьях растений осушенных и неосушенных биогеоценозов: под влиянием осушения их становится больше. Закономерных изменений в процентном содержании Р и К в древесных растениях в связи с осушением не наблюдается (табл.1).

Т а б л и ц а 1  
Содержание химических элементов в различных фракциях фитомассы  
древесного яруса

Тип леса	Порода	Элементы питания	Содержание химических элементов в % на а.с.в.				
			хвоя и листья	ветви	др-на стволов	корни	кора
Сосняк травяно-сфагновый неосушенный	Сосна	∑ зол.элемент. и азота	1,208	0,709	0,299	1,009	1,182
		N	1,14	0,56	0,25	0,54	0,51
		P	0,07	0,01	0,002	0,03	0,02
		K	0,51	0,16	0,06	0,32	0,20
	Береза	∑ зол.элемент. и азота	1,703	0,910	0,347	1,191	1,134
		N	2,10	0,89	0,24	0,67	0,53
		P	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
		K	0,57	0,029	0,19	0,38	0,26
Сосняк травяно-сфагновый осушенный	Сосна	∑ зол.элемент. и азота	1,406	0,709	0,324	0,964	1,466
		N	1,25	0,56	0,25	0,48	0,53
		P	0,06	0,01	0,08	0,01	0,05
		K	0,66	0,16	0,10	0,39	0,45
	Береза	∑ зол.элемент. и азота	2,992	0,983	0,347	1,003	1,078
		N	2,62	0,73	0,24	0,72	0,54
		P	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02
		K	1,12	0,25	0,19	0,34	0,22

Хвоя сосны и листья березы содержат наибольшее количество зольных элементов и азота по сравнению с другими частями деревьев. Сумма зольных элементов в хвое сосны в неосушенных типах леса составляет 1,21 %, в осушенных – 1,41 %, в листьях березы соответственно от 1,7 до 2,99 %. Азота в хвое сосны содержится в естественном типе леса 1,14, а в осушенном – 1,25 %. Самое низкое содержание азота в древесине стволов сосны 0,25%. Концентрация фосфора невелика во всех частях сосны и березы – 0,01–0,08 %. Содержание калия наиболее высокое в

листьях березы – 0,57–1,12 % и в хвое сосны (0,51–0,66 %). К обладает высокой подвижностью, поэтому количество его в хвое очень изменчиво в течение вегетационного периода, и зависит от её возраста. Повышенным содержанием К отличается молодая растущая хвоя, а по мере старения количество его понижается (14).

Анализ данных по сумме зольных элементов в различных структурных частях сосны показывает, что наиболее зольной частью является хвоя, затем кора, корни, ветви и самой низкозольной – древесина стволов. В таком же порядке изменяется и содержание в них N, P, K.

Содержание N, P, K в свежем опаде хвои и ветвей сосны несколько ниже, чем в растущей хвое и ветвях. Особенно заметны различия по содержанию калия, которого становится почти в два раза меньше. Различий в процентном содержании N, P, K в свежем опаде в связи с осушением не наблюдается, однако имеется некоторое увеличение содержания азота.

В напочвенном покрове болотных лесов распространены различные виды кустарничков, трав и мхов. Их произрастание связано с экологическими условиями, они относятся к разным семействам и разнообразны по минеральному составу. Для сосняков травяно-сфагновых характерно преобладание болотных видов травянистых растений и сфагновых мхов, типичных для мезотрофных условий местопроизрастания.

Сравнение содержания зольных элементов и азота в кустарничках и травянистых растениях показывает, что последние более богаты питательными элементами. Особенно богаты зольными элементами такие растения как хвощи, вахта трехлистная, сабельник болотный. Например, в хвощах содержится азота 2,36 %, фосфора 0,09 %, калия 2,7 %. Менее богаты зольными элементами сфагновые мхи. Преобладание в напочвенном покрове тех или иных растений обуславливает особенности формирования органического вещества и круговорота зольных элементов в лесоболотных фитоценозах.

Под влиянием осушения масса растений напочвенного покрова в лесоболотных фитоценозах, как правило, снижается, уменьшается и его значение в круговороте органического вещества и зольных элементов, особенно на более богатых торфяных почвах.

### **Потоки азота, фосфора и калия**

В лесных биогеоценозах происходит постоянный обмен минеральными элементами между растительностью и почвой, поглощение из почвы азота и зольных элементов растительностью и возврат их в почву с опадом. Наряду с этим, часть минеральных элементов поступает с осадками, вымывается из живых органов растений, передвигается по профилю почвы и выносятся с

грунтовыми водами за пределы биогеоценоза. Основные звенья биологического круговорота – потребление химических элементов на формирование прироста, возврат их с опадом, закрепление в органическом веществе живых растений, накопление в лесной подстилке и корнеобитаемом слое почвы.

В естественном лесоболотном биогеоценозе 57.9 % годичного прироста фитомассы образуют растения напочвенного покрова (сфагновые мхи, травы, болотные кустарнички) и их корни. Большая часть их ежегодно поступает в опад и в условиях обильного увлажнения способствует формированию торфа.

Под влиянием осушения деградируют сфагновые мхи, исчезают растения гидрофиты и в составе напочвенного покрова появляются типичные лесные растения, формируется настоящая лесная подстилка, толщина которой составляет 3–10 см. Торф в верхних горизонтах уплотняется, увеличивается его объемная масса, в нем повышается концентрация элементов питания. Запасы N и P и суммы зольных элементов в верхнем 20-сантиметровом слое торфяной залежи в зоне интенсивного осушения через 20 лет возрастают в 1,5–2,5 раза и составляют по N – 74,64, по P – 2,81 ц га<sup>-1</sup>, а по K уменьшаются в связи с его большей подвижностью. Запасы элементов питания в нижележащих слоях торфяной залежи, где осадки торфа не наблюдалось, в осушенном и неосушенном сосняках травяно-сфагновых приблизительно одинаковы (15). Однако мощность торфяной залежи в интенсивно осушенной зоне была на 28 см меньше в сравнении с неосушенным насаждением, что привело к снижению запасов основных элементов питания в ней по N на 1594, P – 64, K – 135 кг га<sup>-1</sup>, спустя 20 лет после осушения.

В общей фитомассе сосняка травяно-сфагнового неосушенного содержится 837 кг на га<sup>-1</sup> зольных элементов, 434 кг азота, 20 кг фосфора и 265 кг калия (табл.2). При этом лишь 59 % всех зольных элементов, 67 % азота, 40 % фосфора сосредоточено в надземной и подземной фитомассе древесного яруса. Остальная часть элементов сосредоточена в травяно-кустарничковых и моховых растениях, их корнях, значительная часть которых ежегодно отмирает.

В общей фитомассе сосняка травяно-сфагнового 20-летней давности осушения содержится 929 кг зольных элементов, 505 кг азота, 42 кг фосфора и 333 кг калия (табл.3). В древесном ярусе заключено 95 % всех зольных элементов, 96 % N, 84 % P и 93 % K и лишь незначительная часть их сконцентрирована в травяно-кустарничковом ярусе.

Содержание азота и зольных элементов в сосняке травяно-сфагновом неосушенном в древесном ярусе 1.18 кг, а в напочвенном покрове 4.04 кг на 1 ц а.с.в. органической массы, а в осушенном – соответственно 1.1 кг, и 4.05 кг, т.е. приблизительно одинаковая.

**Т а б л и ц а 2**  
**Содержание суммы зольных элементов и N, P, K в фитомассе и приросте фитомассы в сосняке травяно-сфагновом неосушенном, кг га<sup>-1</sup>**

Фракции фитомассы	Фитомасса общая кг га <sup>-1</sup>	Содержание в кг га <sup>-1</sup>				Прирост фитомассы кг га <sup>-1</sup>	Содержание в кг га <sup>-1</sup>			
		Σзол. элем.	N	P	K		Σзол. элем.	N	P	K
<b>Древостой</b>										
Стволы и кора	38700	181,67	113,09	3,07	62,59	558	2,62	1,62	0,044	0,91
Крона	7460	84,64	73,74	1,91	21,43	1914	28,28	32,17	0,665	9,38
<b>Подрост и подлесок</b>										
	4170	39,11	30,55	0,854	10,0	833	9,99	9,9	0,214	2,98
<b>Напочвенный покров</b>										
Кустарнички, травы и мхи	2920	98,97	37,92	2,68	37,62	1990	76,78	29,26	1,9	31,84
<b>Подземная часть</b>										
Корни	23770	433,03	178,59	11,48	133,2	3430	90,23	31,46	2,99	27,13
Всего	77020	837,4	433,9	20,0	264,9	8725	207,9	104,4	5,81	72,2

На формирование годичного прироста в неосушенном насаждении выносятся из почвы 208 кг зольных элементов, 104 кг азота, 6 кг фосфора и 72 кг калия (табл. 2). Питательные элементы расходуются в основном на прирост растений напочвенного покрова, трав и их корней и формирование хвои сосны и листьев березы.

На ежегодный прирост фитомассы сосняка травяно-сфагнового осушенного выносятся лишь 150 кг зольных элементов, 101 кг азота, 5 кг фосфора и 56 кг калия, т.е. емкость круговорота несколько меньше, чем в неосушенном (табл. 3). Потребление на прирост азота и зольных элементов на 19, фосфора на 12, калия на 22 % ниже, чем в естественном насаждении. Это связано с тем, что питательные элементы в осушенном насаждении расходуются главным образом на прирост древесного яруса, а зольность древесины сосны, березы, их ветвей гораздо ниже, чем у растений живого напочвенного покрова. Поэтому, несмотря на увеличение годичного прироста фитомассы под влиянием осушения, вынос из почвы азота и фосфора снизился. То же самое наблюдается при рассмотрении расходов питательных элементов на прирост 1 ц а.с.в.: в сосняке травяно-сфагновом неосушенном используются 1,2 кг азота, 0,07 кг фосфора и 0,82 кг калия и соответственно 0,67, 0,02 и 0,37 в осушенном, т.е. значительно меньше.

Т а б л и ц а 3  
**Содержание суммы зольных элементов и N, P, K в фитомассе и её приросте  
 в интенсивно осушенном сосняке травяно-сфагновом, кг га<sup>-1</sup>**

Фракции фитомассы	Фитомасса общая кг га <sup>-1</sup>	Содержание в кг га <sup>-1</sup>				Прирост фитомассы кг га <sup>-1</sup>	Содержание в кг га <sup>-1</sup>			
		∑зол. элем.	N	P	K		∑зол.э. элем.	N	P	K
Древостой										
Стволы и кора	85810	364,63	236,37	30,8	143,12	3450	14,59	7,36	1,26	5,69
Крона	14887	193,8	147,49	4,35	58,70	4346	84,06	69,01	1,90	32,22
Подрост и подлесок										
	1710	18,97	13,26	0,45	5,85	437	6,96	5,52	0,16	2,43
Напочвенный покров										
Кустарнички, травы и мхи	814	25,48	9,57	0,75	9,17	492	17,46	6,6	0,46	6,73
Подземная часть										
Корни	30900	326,0	97,94	5,88	116,57	1800	27,16	12,86	0,68	9,12
Всего	134121	928,88	504,6	42,2	333,4	10525	150,2	101,4	4,5	56,2

В сосняке травяно-сфагновом без осушения ежегодно отмирает большое количество трав, их корней и сфагновых мхов – 47 ц га<sup>-1</sup>, а в осушенном насаждении всего лишь 9,5 ц. Общая масса опада в насаждении без осушения 7956, а в интенсивно осушенном 7320 ц га<sup>-1</sup> (табл.4). С опадом ежегодно поступает в почву сосняка травяно-сфагнового неосушенного 99 кг азота, 5 кг фосфора и 68 кг калия, а в осушенном 88,1; 3,5 и 47 кг га<sup>-1</sup>, т.е. меньше, чем в естественном насаждении (табл. 4). Это также является результатом снижения роли живого напочвенного покрова в круговороте питательных элементов после осушения. В сосняке травяно-сфагновом неосушенном возврат элементов питания в почву составляет по азоту 94, фосфору 95, калию 94 %, а в осушенном насаждении соответственно 87, 77 и 83 % от содержания их в годичном приросте фитомассы, т.е. в последнем случае значительная часть N, P, K остается в фитомассе древесного прироста. Нетто-продукция в осушенном сосняке в 3 раза выше, чем в неосушенном. На истинный прирост в осушенном насаждении расходуется больше N в 2,4, P в 4,4 и K в 2,2 раза, чем в неосушенном.

**Т а б л и ц а 4**  
**Содержание суммы зольных элементов и N, P, K в фитомассе свежего опада в сосняке травяно-сфагновом интенсивно осушенном и неосушенном в кг га<sup>-1</sup>**

Фракции фитома	С. травяно-сфагновый осушенный					С. травяно-сфагновый неосушенный				
	Фито-масса	∑зол.э.лем.	N	P	K	Фито-масса	∑зол.э.лем.	N	P	K
Древостой										
стволы	1447	5,53	3,72	0,53	2,36	313	1,84	1,01	0,03	0,58
крона	4023	81,26	68,63	1,88	30,17	1907	28,38	32,05	0,68	9,42
Подрост и подлесок										
	262	2,63	1,71	0,06	0,73	810	9,86	9,76	0,21	2,94
Напочвенный покров										
Кустарнички, травы, мхи	470	16,92	6,4	0,45	6,56	1930	74,61	28,42	1,84	29,99
Подземная часть										
корни	1118	20,28	7,62	0,54	6,92	2999	80,15	27,76	2,67	24,92
всего	7320	126,6	88,1	3,5	46,7	7959	194,8	99,0	5,4	67,8

Наряду с более высоким использованием питательных элементов на истинный прирост, происходит увеличение после осушения их выноса со стоковыми водами. Под влиянием осушения увеличивается содержание N, P, K в ПГВ. Так, средняя концентрация в воде неосушенного и осушенного биогеоценозов возрастает по N от 1,62 до 3,67 мг л<sup>-1</sup>, по P от 0,063 до 0,097 мг л<sup>-1</sup>, по K от 0,145 до 0,299 мг л<sup>-1</sup>. Соответственно увеличиваются и запасы этих элементов в ПГВ (табл.5).

**Т а б л и ц а 5.**  
**Изменение запасов N, P, K (в кг га<sup>-1</sup>) в различных компонентах сосняков травяно-сфагновых под влиянием 20-летнего осушения**

Компоненты биогеоценоза	Осушенный				Неосушенный				Ежегодное изменение запасов		
	Орг.в-во, т га <sup>-1</sup>	N	P	K	Орг.в-во, т га <sup>-1</sup>	N	P	K	N	P	K
Фито масса	134,2	604,9	42,2	333,4	77,0	433,9	20,0	264,8	+8,56	+1,11	+3,43
Подстилка, очес	19,9	508	26	18	8,6	98	6	24	+20,5	+1,0	-0,30
Торфян. залежь	1059	17680	651	119	1076	19274	715	254	-79,7	-3,2	-6,7
ПГВ		2282	61	186		1489	58	133	+39,6	+0,1	+2,65
Итого	1213	21075	780,2	656,4	11616	21295	799	675,8	-11,04	-0,99	-0,92

Повышение содержания N, P, K в стоковых водах с осушенных земель менее значительно. В дренажных водах сосняка травяно-сфагнового неосушенного средняя концентрация N составляет 1,23, в осушенном 1,91 мг л<sup>-1</sup>, P – 0,03 и 0,07 мг л<sup>-1</sup>, K – 0,181 и 0,216 мг л<sup>-1</sup>.

Под влиянием гидролесомелиорации со стоковыми водами поступало за годы исследований ежегодно в водоприемники больше N в среднем на 2,42, P – 0,11, K – 0,13 кг га<sup>-1</sup>. Несмотря на некоторое увеличение выноса N, P, K со стоком, этот процесс не окажет значительного загрязняющего влияния на воды ручьев и рек водоприемников, так как содержание этих элементов в дренажных водах ниже ПДК. В связи с тем, что объем стока на объектах исследования определялся на основе многолетних наблюдений, но без учета данных в первые годы после осушения, когда вынос химических веществ особенно велик, а концентрация элементов питания в воде изучалась в последние четыре года, результаты определений по выносу элементов питания и содержанию их в ПГВ в среднем за период осушения можно считать лишь приближительными.

При рассмотрении ежегодных запасов N, P, K в различных компонентах биогеоценоза сосняков травяно-сфагновых под влиянием 20-летнего осушения (табл.5) выявлено следующее:

- возрастание запасов элементов в фитомассе древесного яруса;
- уменьшение запасов элементов в живом напочвенном покрове;
- снижение запасов элементов в торфяной залежи;
- возрастание запасов элементов в почвенно-грунтовых и стоковых водах.

Возврат питательных элементов с опадом не восполняет их затрат на прирост и вынос со стоком, поэтому в первые 20 лет после осушения, несмотря на повышение плодородия корнеобитаемого слоя почвы, произошло некоторое уменьшение запасов N, P, K в торфяной залежи. Общий годовой баланс содержания N, P, K в экосистеме осушенного сосняка травяно-сфагнового отрицательный, происходит, учитывая увеличение выноса со стоковыми водами, некоторое снижение запасов элементов в осушенном биогеоценозе.

## **Выводы**

Анализ величины и структуры общего запаса, прироста, закрепления и возврата элементов почвенного питания в осушенном и неосушенном сосняках травяно-сфагновых позволяет выявить ряд особенностей биологического круговорота в связи с гидролесомелиорацией 20-летней давности.

1. Годичный цикл круговорота элементов питания в сосняке травяно-сфагновом неосушенном без антропогенного воздействия носит застойный характер, так как приводит к пополнению запасов торфа и концентрации значительной части элементов питания в органическом веществе верхних горизонтов в основном за счет опада травяно-кустарничковых и моховых растений.

2. Под влиянием осушения в лесоболотных биогеоценозах складывается новый тип круговорота и из нисходящего он превращается в восходящий, при котором аккумуляция основных элементов происходит не в органическом веществе почвы, а в древесном приросте.

3. В богатых условиях произрастания сосняков травяно-сфагновых емкость круговорота основных элементов питания (N, P, K) в звеньях прирост – опад под влиянием осушения уменьшается. Это обусловлено тем, что в неосушенном биогеоценозе общий прирост фитомассы формируют более высокозольные растения живого напочвенного покрова, а в осушенном – менее зольные древесные растения. С лесоводственной точки зрения это явление положительно, так как увеличение прироста древесины является основной целью этого мероприятия.

4. Возврат основных элементов питания (N, P, K) в лесоболотных биогеоценозах в почву с опадом не компенсирует расходы на их рост. Возврат их от выноса на прирост в результате осушения в сосняке травяно-сфагновом уменьшился по сравнению с неосушенным с 94 до 82 %.

5. В истинном приросте осушенного насаждения закрепляется питательных элементов значительно больше, чем в неосушенном, азота в 2,4, фосфора в 4,4, калия в 2,2 раза.

6. Под влиянием осушения возрастает вынос питательных элементов из почвы с дренажными водами, особенно азотам. Увеличение расходов питательных элементов на истинный прирост и вынос со стоком, особенно в первые годы после осушения привело к уменьшению их запасов в торфяной залежи. В то же время отмечено обогащение питательными элементами верхних почвенных горизонтов. Под влиянием осушения происходит перераспределение элементов питания в почвенном блоке, уменьшение их запасов в торфяной залежи и увеличение в ПГВ, что способствует лучшему усвоению их растительностью.

7. Оценивая изменения круговорота основных элементов питания под влиянием гидролесомелиорации на экосистемном уровне, необходимо отметить, что в сосняке травяно-сфагновом происходит некоторое снижение запасов питательных элементов.

## Л и т е р а т у р а

1. *Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.; Л., 1965. 253 с.
2. *Пьявченко Н.И.* Биологический круговорот азота и зольных веществ в болотных лесах // Почвоведение. 1960. № 6. С.21–32.
3. *Глебов Ф.З., Толейко Л.С.* О биологической продуктивности болотных лесов, лесообразовательном и болотообразовательном процессах // Ботан. Журн. 1975. № 9. С.1336–1347.
4. *Медведева В.М., Егорова Н.В., Антипин В.К.* Биологический круговорот азота и зольных элементов в некоторых типах заболоченных лесов и болот // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск. 1977 С.123–147.
5. *Рубцов В.Г., Книзе А.А.* Ведение лесного хозяйства в мелиорируемых лесах. М., 1981. 84 с.
6. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М., 1961. 134 с.
7. *Поздняков Л.К.* Элементы биологической продуктивности светлохвойных лесов Якутии // Лесоведение. 1967. № 6. С.36–42.
8. *Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М.* Биологическая продуктивность лесов средней Сибири и Якутии. Красноярск, 1969. 155 с.
9. *Родин Л.Е., Ремизов Н.П., Базилевич Н.И.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1988. 144 с.
10. *Титлянова А.А.* Изучение биологического круговорота в биогеоценозах. Новосибирск, 1971. 32 с.
11. *Ариушикина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 487 с.
12. *Манаков К.Н.* Продуктивность и биологический круговорот в тундровых биогеоценозах Кольского полуострова. Л., 1972. 118 с.
13. *Казимиров Н.И., Морозова Р.М.* Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л., 1973. 176 с.
14. *Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С.* и др. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л., 1977. 304 с.
15. *Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии. Петрозаводск. 2000. 154 с.

**ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛЕСАХ КАРЕЛИИ**

*Печатается по решению Ученого совета Института леса  
Карельского научного центра РАН*

Материалы опубликованы в авторской редакции  
Фото на обложке: С.М. Синькевич

Серия ИД. Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99 г. Сдано в печать 00.12.05 г.  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Times. Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 9,5. Усл. печ. л. 10,1. Тираж 300. Изд. № 83. Заказ № 552

Карельский научный центр РАН  
Редакционно-издательский отдел  
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

