

УДК 630*2+470.11

КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ ОСУШАЕМЫХ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНЯКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, ОПРЕДЕЛЕННОЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ

С. В. Третьяков^{1,2}, С. В. Коптев^{1,2}, А. В. Давыдов^{1,2}, М. А. Загородский^{1,2},
И. В. Цветков^{1,2}, А. А. Парамонов¹, А. А. Карабан^{1,2}

¹Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства
163062, Архангельск, ул. Никитова, 13

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова
163002, Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

E-mail: svt@atknet.ru, s.koptev@narfu.ru, a.v.davydov@sevniilh-arh.ru, i.tsvetkov@narfu.ru,
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, karaban@sevniilh-arh.ru

Поступила в редакцию 14.03.2023 г.

Исследование качества древесины в осушаемом сосновом древостое проводили в зеленой зоне г. Архангельска на территории северотаежной части Архангельской области, которая относится к и Арктической зоне Российской Федерации. Проведены повторные измерения таксационных показателей на 6 постоянных пробных площадях, испытывающих влияние гидротехнической мелиорации с 1974 г. и реконструкции осушительной сети в 1990 г. До осушения на них произрастало заболоченное сосновое насаждение Vб класса бонитета. В настоящее время на осушаемом участке произрастают чистые средневозрастные древостои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) кустарничково-сфагнового типа леса, IV класса бонитета. Для половины участков можно рекомендовать проведение рубок ухода по действующим в России Правилам ухода за лесами (2020). В результате исследования определено влияние осушения на годовые приросты ранней и поздней древесины и связанные с ними основные показатели качества древесины. По качеству древесины часть деревьев соответствует требованиям к авиационным пиломатериалам. Для наглядного одновременного анализа влияния качества работы осушительной сети, расположения объектов относительно осушительной сети и температуры воздуха в аномально жаркие годы построены диаграммы изменения средних показателей ширины годичного слоя и плотности древесины в осушаемых сосновых насаждениях по годам. Аналогичные диаграммы построены на основе измерения кернов модельного дерева на разных относительных высотах ствола. Указанный аналитический подход применен впервые. Высказано предположение, что через 10 лет таксационные показатели всех объектов будут соответствовать требованиям для назначения рубок ухода, и качество древесины в среднем будет повышаться, для чего рекомендовано провести реконструкцию каналов.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, гидротехническая мелиорация, плотность древесины, приросты, рубки ухода, Арктическая зона Российской Федерации.

DOI: 10.15372/SJFS20230407

ВВЕДЕНИЕ

Северо-Запад и Европейский Север России относятся к зоне избыточного увлажнения с обширными массивами верховых болот и заболоченных лесов, что связано с преобладанием осадков над испарением и транспирацией (Тараканов, 2004; Инишева, 2009).

Данная проблема – ключевая для ведения лесного хозяйства в Арктической зоне Российской Федерации на территории Архангельской области, которая включает часть северотаежного лесного района и район притундровых лесов и редкостойной тайги (Чибисов и др., 1974; Михайлов, 2022). Основной направленностью научно-исследовательской деятельности в указан-

© Третьяков С. В., Коптев С. В., Давыдов А. В., Загородский М. А., Цветков И. В., Парамонов А. А., Карабан А. А., 2023

ных природных условиях традиционно является повышение продуктивности лесов, в контексте чего наиболее эффективным лесоводственным мероприятием признано осушение лесов (Чиби́сов, 2008).

Заболоченность данных территорий по отдельности составляет 54.0 и 71.3 % соответственно, а общая заболоченность сухопутной территории Арктики в Архангельской области – 62.3 %. Доля хвойных лесов достигает 90 %, они представлены в основном спелыми и перестойными ельниками и сосняками. В сосняках преобладает сфагновый тип леса (Тараканов, 2005; Соколов, Бахтин, 2006; Лесной план..., 2018). Эффективно проведенное осушение с последующим поддержанием работы осушительной сети приводит к значительному повышению годичного прироста древостоев, усилению лесовозобновления и повышению выхода недревесной продукции (Пастухова и др., 2017; Баби́ков, 2018; Баби́ков и др., 2019; Баби́ков, Субота, 2020).

Важными остаются вопросы изучения динамики годичных приростов и качества древесины осушаемых древостоев с начальной низкой продуктивностью. Гидротехнические мелиорации и реконструкции осушительной сети проводили в Архангельской области с 1960-х по 1990-е годы. Заболоченные участки стремились осушить за период оборота рубки, чтобы организовать непрерывное лесопользование для стабильного обеспечения древесиной крупных целлюлозно-бумажных и лесоперерабатывающих предприятий (Чиби́сов и др., 1974). Сейчас значительная их часть находится в зеленой зоне городов и поселков.

На динамику показателей качества древесины, из которых наиболее значимым является ее плотность, оказывают влияние макроструктура, географические аспекты, лесорастительные условия и возраст. В северных условиях отмечается повышение плотности древесины в широтном направлении с юга на север. Предполагается, что тенденция увеличения плотности древесины с ухудшением лесорастительных условий связана с саморегулирующей устойчивостью насаждений. С повышением возраста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в среднем повышается плотность древесины, но ближе к возрасту спелости ее значения стабилизируются. Причина таких изменений заключается в прямой зависимости плотности от ширины годичного кольца и доли поздней древесины. От плотности напрямую зависит и предел прочности древесины (Чиби́сов и др., 2005; Witomski et al., 2014; Федотов и др.,

2016; Усо́льцев, Цепордей, 2020; Roszyk et al., 2020).

Изменение климата при анализе качества древесины можно не учитывать (Seo et al., 2020). Дендрохронологические исследования качества древесины показывают, что оно заметно снижается под влиянием промышленных рубок, повышения выбросов углерода в атмосферу и внесения удобрений в лесные почвы, что приводит к увеличению прироста за счет ранней древесины и снижению ее плотности (Pretzsch et al., 2018). На землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, качество древесины соответствует требованиям лесной промышленности (Kozakiewicz et al., 2020).

Редко учитываемым фактом при измерениях качества древесины является снижение ее плотности от комля к вершине, что может приводить к смещенным оценкам фитомассы древостоев, применяемым при расчетах депонирования углерода и при прогнозировании выхода круглых лесоматериалов нужного качества из различных частей ствола (Мальшева и др., 2017; Schekalev et al., 2020; Demol et al., 2021). Методически верно рассчитывать плотность древесины всего дерева именно по локальным замерам на разных высотах, для чего достаточно брать по одному древесному керну на каждой относительной высоте (Усо́льцев, Цепордей, 2020; Schekalev et al., 2020). Предварительная оценка показателей качества древесины перспективна для более эффективного планирования лесопользования (Чиби́сов и др., 2005; Усо́льцев, Цепордей, 2020).

Перечисленные факты наводят на соображения об экономической целесообразности на территории Арктической зоны Российской Федерации предлагаемых исследователями низкоинтенсивных рубок ухода в осушаемых сосняках (Федотов, 2017).

Цель данного исследования – оценка влияния осушения на макроструктуру и основные показатели качества древесины средневозрастных сосняков в северотаежном лесном районе на территории Архангельской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили по общепринятой методике (ОСТ 56-69-83; Наквасина, Шаврина, 2001) на 6 постоянных пробных площадях (ппп) в конце и в начале вегетационного периода 2021 и 2022 гг. соответственно (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Таксационная характеристика осушаемых сосняков

номер	Ппп		Состав	Порода	Средние значения по древостою			Класс бонитета	Полнота	Густота, шт./га	Запас стволовой древесины, м ³ /га
	площадь, м ²				Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м				
1	900	93С7С	С	С	44 142	8.7 20.0	8.1 8.3	IV	1.11	3766	121
2	600	92С8С	С	С	44 –	7.2 22.0	9.4 11.4	IV	0.64	3167	81
3	900	93С7С	С	С	43 119	7.4 13.9	7.4 9.0	IV	0.51	2378	60
4	900	84С16С	С	С	40 181	8.4 20.6	8.8 10.3	IV	0.79	2778	95
5	900	98С1Е1Б	С	Е	49 –	7.1 3.1	8.1 –	IV	0.99	4967	114
6	750	99С1Б	С	Б	42 –	7.9 2.6	8.7 –	IV	0.42	3733	101

Примечание. С – сосна обыкновенная; Е – ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.); Б – береза повислая (*Betula pendula* Roth).

Ранее лесные участки были отграничены для наблюдений за динамикой таксационных показателей изначально заболоченного насаждения сосны, которое испытало воздействие гидротехнической мелиорации в 1974 г. и частичной реконструкции осушительной сети в 1990 г. Дополнительно на каждой пробной площади с помощью возрастного бурава у деревьев сосны

пропорционально представленности ступеней толщины отбирали керны на высоте 1.3 м.

В качестве модели подобрали дерево сосны (свежий валеж 2021 г.), близкое по параметрам к средним таксационным показателям древостоев на ппп 4. У модельного дерева были измерены диаметры и взяты 5 кернов на относительных высотах 0.1 H , 0.3 H , 0.5 H и 0.7 H , а также 1.3 м.

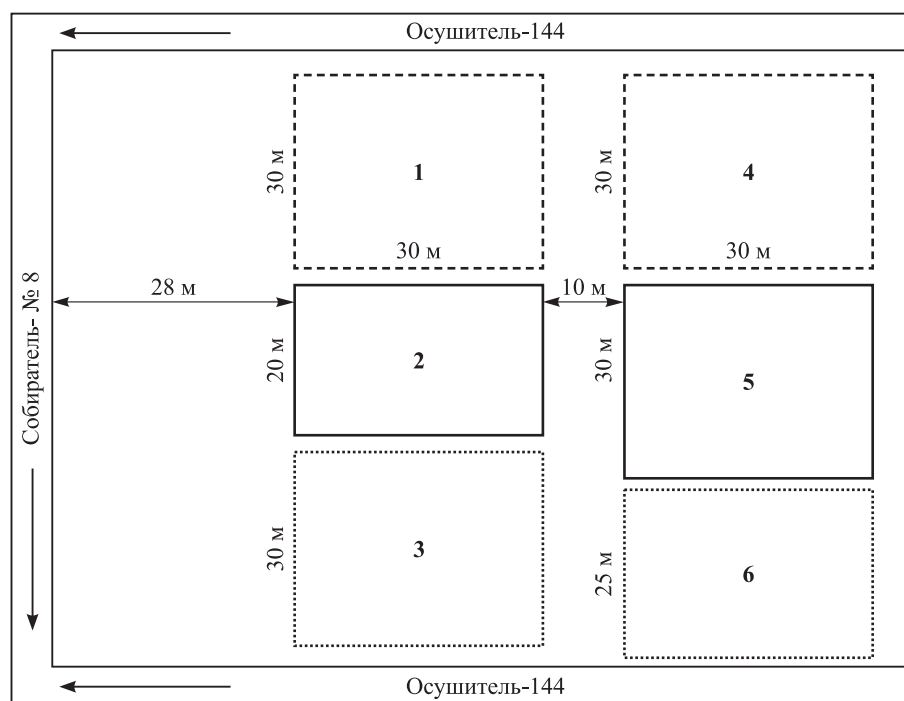


Рис. 1. Условная схема размещения ппп 1–6 в выделе 3 квартала 22 Исакогорского участкового лесничества (зеленая зона г. Архангельска, южная часть Архангельского лесничества Архангельской области).

Замеры годичных приростов осуществляли в камеральных условиях с помощью оптико-электронного измерителя пробы ядра Corim Maxi. У каждого годичного слоя отдельно измеряли ширину ранней и поздней древесины с точностью 0.01 мм.

Для оценки качества древесины рассчитывали следующие показатели:

1) среднюю ширину годичного слоя (Ш.Г.С), мм;

2) количество поздней древесины (П.Д.), %;

3) базисную плотность, или плотность абсолютно сухой древесины (ρ_0), в кг/м³, и зависимый от нее ($R^2 = 0.94$) предел прочности при сжатии волокон при влажности 12 % (σ_{12}), МПа по уравнениям

$$\rho_0 = 279 - 10.8 \times \text{Ш.Г.С.} + 4.9 \times \text{П.Д.}; \quad (1)$$

$$\sigma_{12} = 0.19\rho_0 - 35. \quad (2)$$

Базисную плотность вычисляли по годичным приростам с помощью экспресс-метода, который был разработан в ФБУ «СевНИИЛХ» под руководством академика Г. А. Чибисова на основе измерений более 1000 кернов сосен и елей. В ходе определения его точности разработчиками было установлено максимальное отклонение базисной плотности древесины сосны по уравнению (1) – от опытной плотности, определяемой путем сушки и взвешивания образцов, до 4.8 %, согласно другому исследованию (Чибисов и др., 2005; Федотов и др., 2016), до 5.53 %.

Дополнительно считали число годичных слоев в 1 см радиуса ядра, начиная от сердцевины, и находили среднее значение отдельно по каждому ядру.

Показатели качества древесины сосны: количество поздней древесины, среднее число слоев в 1 см, базисную плотность и предел прочности при сжатии вдоль волокон сравнивали с ГОСТ 968-68 (2007). Для этого пересчитали приведенные в нем показатели плотности при влажности 15 % (ρ_{15}) на значения показателей нормализованной плотности, т. е. плотности при влажности 12 % (ρ_{12}), по формуле из ГОСТ 16483.1-84 (1999):

$$\rho_{12} = \frac{\rho_{15}}{K_{12}^w}, \quad (3)$$

где K_{12}^w – коэффициент пересчета влажности образцов, равной или меньше предела насыщения клеточных стенок (K_{12}^w равен 1.01 при влажности 15 %).

Определенные с помощью экспресс-метода значения ρ_0 пересчитали на ρ_{12} по формуле (ГОСТ 16483.1-84, 1999):

$$\rho_{12} = \rho_0 \times \left(1 - \frac{(1 - 0.85 \cdot 10^{-3}) \times (W - 12)}{100} \right), \quad (4)$$

где $0.85 \cdot 10^{-3}$ – коэффициент объемного разбухания, кг/м³; W – влажность образца в момент испытания, %.

При $W = 0$ % формула (4) принимает следующий вид:

$$\rho_{12} = \rho_0 \times 1.119898. \quad (5)$$

По полученным значениям прироста и плотности строили диаграммы их динамик по годам, которые оценивали с учетом влияния осушения, реконструкции гидротехнической сети и удаленности пробных площадей от осушителей.

Значения предела прочности при сжатии вдоль волокон, отраженные в ГОСТ 968-68 (2007), аналогично пересчитывали с влажности σ_{15} на σ_{12} , используя формулу ГОСТ 16483.10-73 (1999):

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_{15}}{K_{12}^w}. \quad (6)$$

Для пересчета по формуле (6) взяли коэффициенты при влажности 15 %, равные 0.850 и 0.849, соответствующие плотностям 1-й и 2-й групп качества древесины по ГОСТ 968-68 (2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведены повторные измерения на 6 постоянных пробных площадях, расположенных между двумя осушителями и представленных чистыми средневозрастными сосняками (табл. 1). Мелиоративная система существенно снизила эффективность вследствие заиливания каналов, частичного обрушения откосов.

Напочвенный покров на всех участках соответствует сфагновой группе типов леса. В качестве преобладающих видов отмечены сфагнум бурый (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.). В ботанической практике подобные типы леса, сформировавшиеся в результате осушения, принято называть сосняками кустарничково-сфагновыми (Тюкавина, 2020).

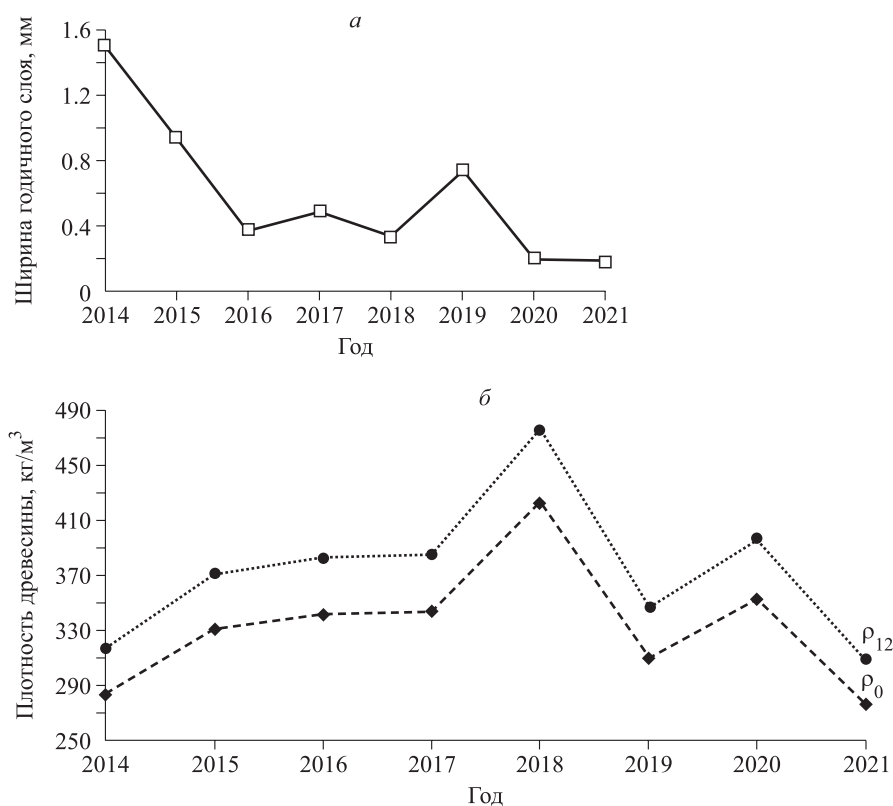


Рис. 2. Приросты модельного дерева на 0.7H (а) и плотности его древесины (б) по годам (5.65 м).

Заболоченное сосновое насаждение Vб класса бонитета в результате эффективно проведенного осушения получило развитие до кустарничково-сфагнового насаждения IV класса бонитета. Средний возраст древостоев находится в пределах 40–50 лет. При данных таксационных характеристиках на половине осушаемых участков можно рекомендовать проведение рубок ухода – прореживание (Правила..., 2020).

Возраст модельного дерева на 0.1H (0.81 м) при диаметре 8.4 см составил 35 лет, что позволяет отнести его к поколению, сформировавшемуся после начала осушения. Диаметр и высота модели близки к средним по древостою. Динамика приростов модельного дерева на 0.7H по диаметру и плотности древесины, рассчитанной по уравнению, представлена на рис. 2, а, б.

Отмечаются разные тенденции динамики плотности древесины по отношению к динамике приростов по диаметру. Низкие приросты и плотность в крайнем для модели 2021 г. связаны с недостаточным формированием поздней древесины.

На рис. 3 отмечена схожесть динамики прироста и плотности модели и керна на 0.7H с 2014 по 2021 г. Данная зависимость характерна и для других кернов. На них заметно выраже-

на реакция на реконструкцию каналов в 1990 г. снижением приростов и повышением плотности древесины. Заметное снижение приростов с некоторой стабилизацией плотности в конце 2010-х годов объясняется ухудшением работы осушительной сети. Схожие динамика приростов и плотности присутствует и на рис. 4 и 5.

Для поддержания эффективности лесосушения рекомендуется проводить реконструкцию осушительной сети не позднее чем раз в 20 лет (Федотов, 2017).

Динамика приростов и плотности модельного дерева точнее всего отражает изменения исследуемых показателей именно на ппп 4 (рис. 4 и 5). Возможно, что с увеличением количества модельных деревьев будет наблюдаться существенная вариация исследуемых признаков. Учитывая тесную связь плотности древесины с фитомассой, предполагаем, что для более точных оценок по древостою достаточно аналогичной выборки деревьев в числе 5 шт. Поставленный вопрос требует дополнительных исследований (Усольцев, Залесов, 2005; Усольцев, Цепордей, 2020).

Требуемая плотность для высококачественной авиационной древесины сосны обыкновенной во всех районах бывшего СССР составляет

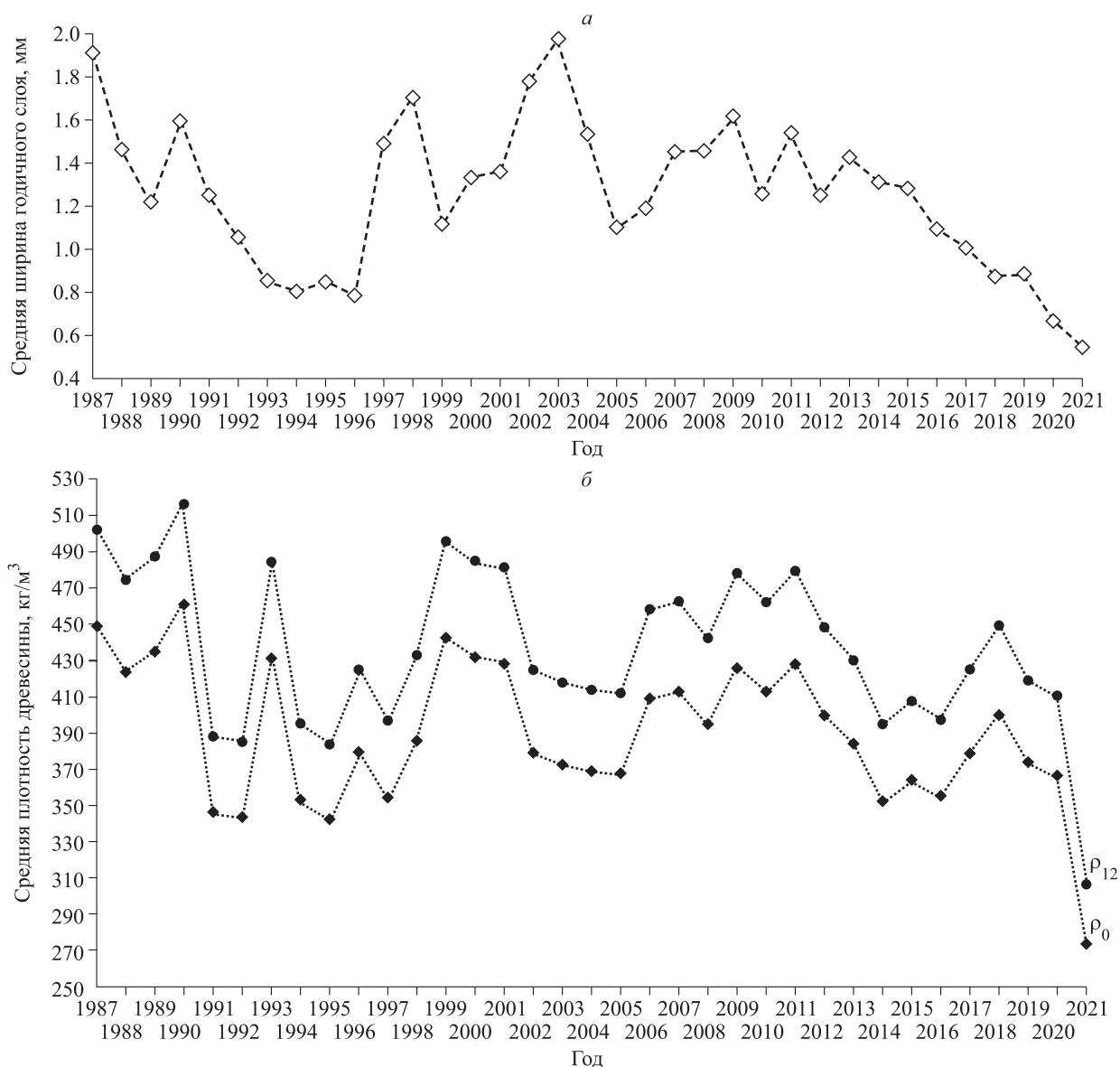


Рис. 3. Общий прирост модельного дерева (а) и плотности его древесины (б) по годам.

не менее 510 и 470 кг/м³ при влажности 15 % соответственно группам древесины с повышенными механическими свойствами по ГОСТ 968-68 (2007). При этом содержание поздней древесины составляет не менее 20–25 %, число годовых слоев в 1 см – от 3 до 25 шт. При пересчете по формуле (3) указанные значения для ρ_{12} составляют 505 и 465 кг/м³ соответственно. Пределы прочности при сжатии вдоль волокон (σ_{15}), равные 40 и 35 МПа, при пересчете по формуле (6) на σ_{12} составляют 47 и 41 МПа. Оцениваемые показатели на разных высотах модельного дерева представлены в табл. 2.

Отмечается снижение показателей качества древесины по мере продвижения от основания ствола к вершине. Требованиям ГОСТ

968-68 (2007) за исключением плотности соответствует древесина на 0.81 м (0.1H). Средняя ширина годичного слоя с учетом относительной полноты и класса бонитета древостоя соответствует особенностям возраста. Плотность древесины на высоте 1.3 м соответствует нормальной для сосняков северотаежного лесного района Архангельской области и показывает эффективность осушения для улучшения условий произрастания (Чибисов и др., 2005; Тюкавина, 2020).

На пробных площадях, расположенных ближе к собирателю (рис. 4), приросты в первые годы после осушения формировались с большей долей поздней древесины, чем на участках дальше от собирателя (рис. 5).

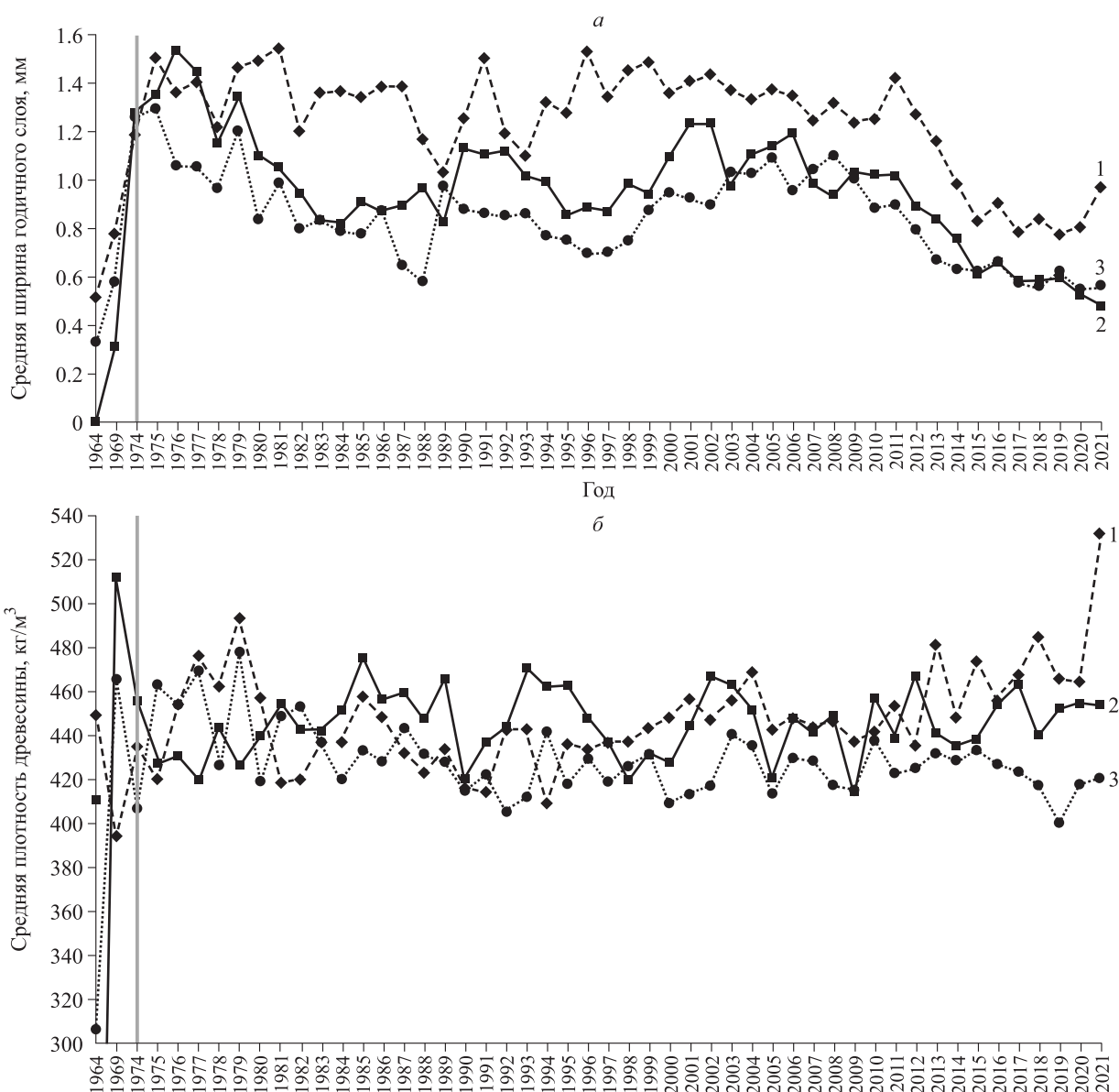


Рис. 4. Средние значения приростов (а) и ρ_{12} (б) по годам ($H - 1.3$ м) на пробных площадях 1–3 вблизи собирателя.

Таблица 2. Макроструктура и качество древесины кернов модельного дерева

Высота, м	Ш.Г.С., мм	Число слоев в 1 см	П.Д., %	ρ_0	ρ_{12}	σ_{12} , МПа
				кг/м ³		
0.81	1.23 ± 0.05	7	27.90	403	451	42
1.30	1.20 ± 0.06	8	25.54	391	438	39
2.42	1.23 ± 0.12	6	23.54	381	427	37
4.03	1.62 ± 0.12	4	22.19	371	415	35
5.65	0.59 ± 0.15	1	10.34	324	363	26
Сумма	6	26	110	1870	2094	180
Среднее	1.17	5	21.90	374	419	36
Среднее квадратичное отклонение	0.37	2.42	6.09	27.36	27.36	5.20
Основная ошибка среднего значения	0.17	1.08	2.73	12.24	12.24	2.33
Коэффициент изменчивости, %	31	46	28	7	7	14
Точность опыта, %	14	20	12	3	3	6
Достоверность среднего значения	7	5	8	31	31	16

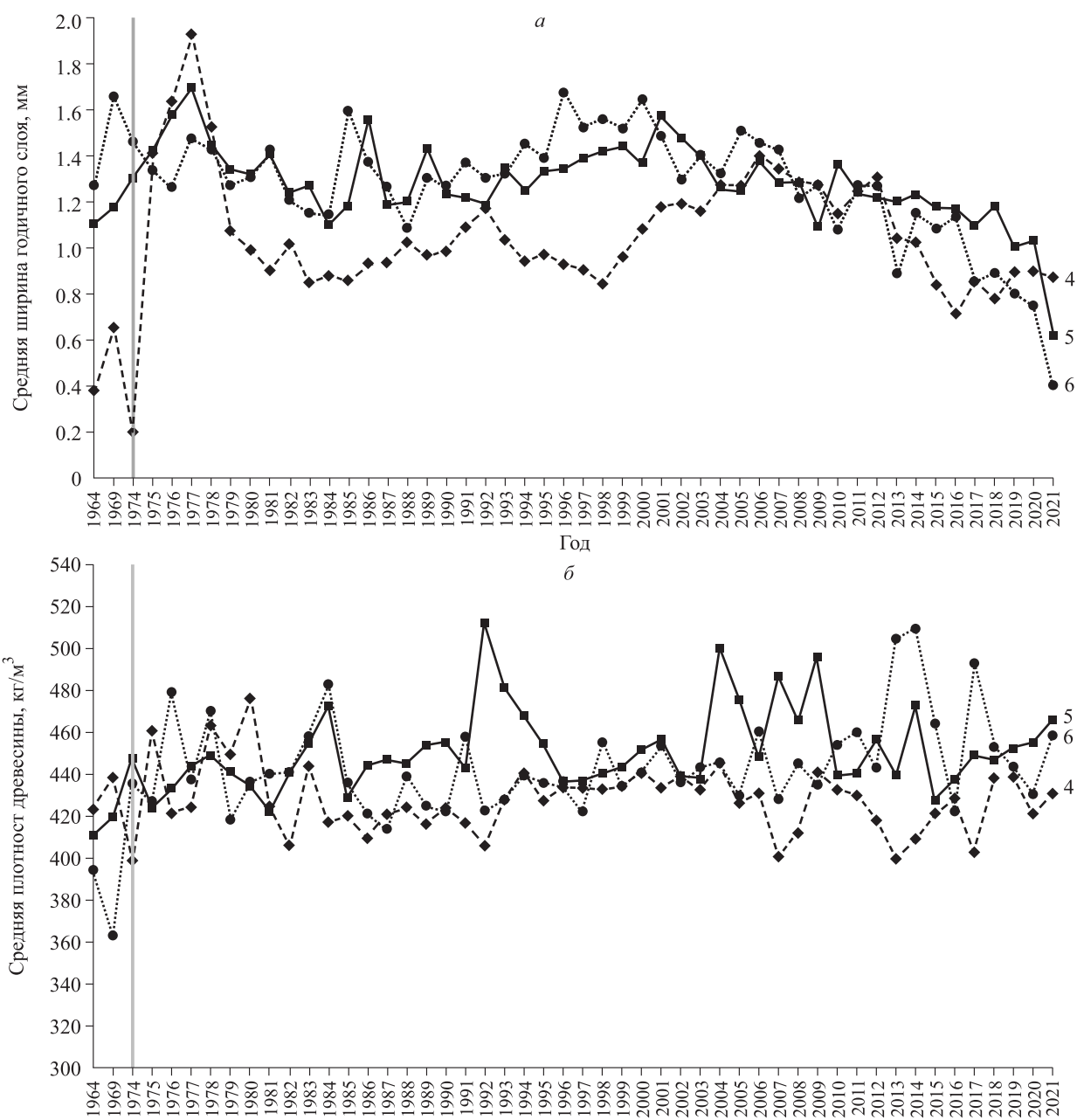


Рис. 5. Средние значения приростов по годам (а) и ρ_{12} (б) по годам ($H - 1.3$ м) на пробных площадях 4–6 вдали от собирателя.

Приведенные наблюдения позволяют оценить существенное влияние уклона местности (см. рис. 1). В свою очередь, таксационное описание в табл. 1 дает представление о наличии редкой сосны в период заболачивания участка именно на пп 1–4 и о понижении средних диаметров и высот с севера на юг от осушителя-144 к осушителю-134.

Корреляция приростов и плотностей древесины, представленных на рис. 4, 5, составила от -0.47 до -0.52 для разных объектов. Следует отметить разные реакции показателей прироста и плотности (см. рис. 3–5) на аномально жаркие

летние температуры воздуха в Европейской части России в 2003, 2010, 2011 и 2016–2018 гг. Как показывают результаты различных исследований, прирост формируется в основном за счет поздней древесины в ответ на существенные повышения температуры в период вегетации (Усольцев, Залесов, 2005; Усольцев, Цепордей, 2020).

Для анализа показателей макроструктуры и качества древесины на всех исследуемых объектах были взяты керны у деревьев разных ступеней толщины, как средневозрастных (молодых), так и спелых и перестойных (старых) возрастных групп при их наличии.

Таблица 3. Средние показатели макроструктуры и качества древесины кернов модельных деревьев на высоте 1.3 м на объектах исследования

Номер пп	Ш.Г.С., мм	Число слоев в 1 см	П.Д., %	ρ_0	ρ_{12}	σ_{12} , МПа
				кг/м ³		
1	1.26 ± 0.13	7 ± 0.4	27 ± 1.0	399 ± 4.9	447 ± 6.0	41 ± 1.0
2	1.01 ± 0.7	9 ± 0.4	27 ± 0.6	400 ± 6.4	448 ± 6.0	41 ± 1.0
3	0.83 ± 0.06	10 ± 0.7	23 ± 0.6	385 ± 3.2	431 ± 3.0	38 ± 0.6
4	1.06 ± 0.09	8 ± 0.3	23 ± 0.6	380 ± 3.6	425 ± 3.6	37 ± 0.7
5	1.28 ± 0.35	7 ± 0.4	27 ± 0.7	396 ± 5.7	443 ± 5.7	40 ± 1.0
6	1.25 ± 0.28	7 ± 0.6	26 ± 1.2	394 ± 5.9	439 ± 5.2	40 ± 1.1

В табл. 3 приведены средние по всем объектам параметры.

Для каждой пп и у каждого обмеренного дерева (69 деревьев сосны) эти параметры были рассчитаны отдельно. Коэффициент изменчивости различных параметров варьировал в пределах 4–19 %, точность опыта – от 1 до 7 %. Нормальность распределения подтверждается равенством средних, срединных и модальных значений для всех исследуемых параметров.

Достоверность установленных средних значений показателей для всех объектов более 10.

Показатели качества древесины для отдельных деревьев существенно варьируют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На эффективно осушаемых участках леса в сосняках кустарничково-сфагновых северотаежного лесного района Арктической зоны Российской Федерации желательно проводить рубки ухода для получения качественной древесины, которая соответствует требованиям, предъявляемым к авиационному кряжу, у отдельных деревьев – уже в средневозрастных древостоях.

2. Оценка динамики параметров древостоя позволяет предположить, что рубки ухода через 10 лет могут быть назначены на всех объектах, и качество древесины в среднем будет повышаться, так как условия произрастания ухудшаются, приросты снижаются, а плотность остается более постоянной и с возрастом должна закономерно возрастать, но желательно провести реконструкцию осушительной сети.

3. Впервые проведенное сопоставление приростов и нормализованной плотности по годам дает более точное представление о развитии древостоя под влиянием различных факторов

(расположение объектов относительно осушительной сети и уклона местности, качество работы каналов, аномально жаркие годы) и может быть использовано в климатических исследованиях.

4. Измерения прироста и плотности древесных стволов по кернам на разных высотах в сочетании с замерами диаметров позволяют одновременно оценить их с точки зрения выхода различных лесоматериалов нужного качества и получить данные, полезные для уточнения общеизвестных показателей поглощения углерода древостоями Арктической зоны Российской Федерации.

5. При анализе таксационных показателей древостоев и оценке качества древесины установлено, что наибольший эффект от осушения получен на участке, расположенном вблизи собирателя и верхнего по склону осушителя, а также то, что древостой, расположенный вблизи собирателя и нижнего по склону осушителя, в меньшей степени отреагировал на воздействие гидротехнической мелиорации.

Статья подготовлена по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства «Разработка цифровой имитационной модели динамики экологического состояния и продуктивности лесных экосистем на переувлажненных землях под воздействием природных и антропогенных факторов» (регистрационный номер темы: 122020300230-5) и «Создание и восстановление на сухопутной территории Арктики Российской Федерации многофакторных стационарных (постоянных) опытных лесных объектов» (регистрационный номер темы 123022800118-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабилов Б. В. Гидрологическая роль болот и водное питание рек // ИВУЗ. Лесн. журн. 2018. № 5 (365). С. 38–47.
- Бабилов Б. В., Субота М. Б. Формирование и динамика биотопа культур сосны на торфяных почвах после гидромелиорации // ИВУЗ. Лесн. журн. 2020. № 4 (376). С. 27–39.
- Бабилов Б. В., Шурыгин С. Г., Богданова Л. С. Рост сосновых древостоев на осушенных землях Ленинградской области // Изв. СПбЛТА. 2019. № 227. С. 34–44.
- ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. Введ. в действ. 10.07.1974. М.: Изд-во стандартов, 1999. 7 с.
- ГОСТ 16483.1-84 (СТ СЭВ 388-76). Древесина. Метод определения плотности. Введ. в действ. 01.07.1985. М.: Изд-во стандартов, 1999. 6 с.
- ГОСТ 968-68. Пиломатериалы авиационные (бруски и доски). Тех. условия. Введ. в действ. 01.01.1970. М.: Стандартиформ, 2007. 9 с.
- Инишева Л. И. Болотоведение: учеб. для вузов. Томск: Том. гос. пед. ун-т, 2009. 210 с.
- Лесной план Архангельской области Российской Федерации на 2019–2028 годы. Введ. в действ. 01.01.2019. Архангельск: Правительство Архангельской обл., 2018. 233 с.
- Мальшева Н. В., Моисеев Б. Н., Филипчук А. Н., Золина Т. А. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов годичного депонирования углерода // Лесн. вестн. 2017. Т. 21. № 1. С. 4–13.
- Михайлов К. Л. Экотон «тайга-гундра» в условиях обеспечения развития и безопасности материковых арктических территорий Российской Федерации // Актуал. пробл. лесн. комплекса. 2022. № 61. С. 112–114.
- Наквасина Е. Н., Шаврина Е. В. Геоботанические исследования: метод. рекоменд. к полевым работам. Архангельск: ПГУ им. М. В. Ломоносова, 2001. 44 с.
- ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки: изд. офиц. Введ. в действ. 01.01.1984. М.: Изд-во стандартов, 1983. 10 с.
- Пастухова Н. О., Лебедева О. П., Поташева Ю. И. Влияние осушительной мелиорации на выход живицы сосны в условиях северной подзоны тайги Архангельской области // Лесн. вестн. 2017. Т. 21. № 1. С. 36–40.
- Правила ухода за лесами. Утв. приказом Мин-ва природ. ресурсов и экологии РФ от 30.07.2020 № 534. Введ. в действ. 01.01.2021. М.: Мин-во природ. ресурсов и экологии РФ, 2020.
- Соколов Н. Н., Бахтин А. А. Гидротехнические мелиорации. Происхождение, характеристика и классификация болот и избыточно увлажненных лесов: учеб. пособ. Архангельск: АГТУ, 2006. 100 с.
- Тараканов А. М. Рост осушаемых лесов и ведение хозяйства в них. Архангельск: СевНИИЛХ, 2004. 228 с.
- Тараканов А. М. Характеристика гидрлесомелиоративного фонда и природные особенности заболоченных лесов Европейского Севера России // Arct. Environ. Res. 2005. № 2 (8). С. 56–63.
- Токавина О. Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых // ИВУЗ. Лесн. журн. 2020. № 2 (374). С. 73–80.
- Усольцев В. А., Залесов С. В. Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. 147 с.
- Усольцев В. А., Цепордей И. С. Квалиметрия фитомассы лесных деревьев: плотность и содержание сухого вещества: моногр. Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. 178 с.
- Федотов И. В. Мониторинг состояния осушаемых лесов и ведение хозяйства в них на примере Архангельской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Архангельск: Сев. (Аркт.) фед. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2017. 20 с.
- Федотов И. В., Третьяков С. В., Ильинцев А. С. Влияние гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны // Изв. СПбЛТА. 2016. № 214. С. 131–140.
- Чибисов Г. А. Северному научно-исследовательскому институту лесного хозяйства 50 лет // ИВУЗ. Лесн. журн. 2008. № 5. С. 135–138.
- Чибисов Г. А., Волосевич И. В., Лобова Л. В., Вялых Н. И., Васильев А. А., Прудов Б. Н., Цветков В. Ф., Попов В. Я., Жариков В. М., Артемьев А. И., Чертовской В. Г., Веретенников А. В., Боголенов В. Г., Тараканов А. М., Мочалова Г. А., Паршевников А. Л., Серый В. С., Бахвалов Ю. М., Драчков В. Н., Суханов В. И., Лукин И. Н. Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1974. 228 с.
- Чибисов Г. А., Москалева С. А., Крыжановская Л. Е. Качество древесины сосны и ели, метод его определения // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере: сб. науч. тр. Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. С. 89–99.
- Demol M., Calders K., Krishna Moorthy S. M., Van den Bulcke J., Verbeeck H., Gielen B. Consequences of vertical basic wood density variation on the estimation of above-ground biomass with terrestrial laser scanning // Trees. 2021. V. 35. Iss. 2. P. 671–684.
- Kozakiewicz P., Jankowska A., Mamiński M., Marciszewska K., Ciurzycki W., Tulik M. The wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from post-agricultural lands has suitable properties for the timber industry // Forests. 2020. V. 11. Iss. 10. Article number: 1033. 10 p.
- Pretzsch H., Biber P., Schütze G., Kemmerer J., Uhl E. Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870 // For. Ecol. Manag. 2018. V. 429. P. 589–616.
- Roszyk E., Mania P., Iwańska E., Kusiak W., Broda M. Mechanical performance of Scots pine wood from north-western Poland – A case study // BioRes. 2020. V. 15. Iss. 3. P. 6781–6794.
- Seo J., Eckstein D., Buras A., Fromm J., Wilmking M., Olbrich A. Changes in wood anatomical traits in Scots pine under different climate-change scenarios // IAWA J. 2020. V. 41. Iss. 2. P. 202–218.
- Schekalev R. V., Martynyuk A. A., Melekhov V. I. Variability properties of *Pinus sylvestris* L. wood in growing stock under technogenic impact // ИВУЗ. Лесн. журн. (ИВУЗ. Лесн. zhurn. For. J.). 2020. N. 4 (376). P. 113–122.
- Witowski P., Krajewski A., Kozakiewicz P. Selected mechanical properties of Scots pine wood from antique churches of Central Poland // Europ. J. Wood & Wood Products. 2014. N. 72. P. 293–296.

THE QUALITY OF WOOD OF DRAINED NORTH-TAIGA PINE FORESTS OF ARKHANGELSK OBLAST, DETERMINED BY EXPRESS METHOD

S. V. Tretyakov^{1,2}, S. V. Koptev^{1,2}, A. V. Davydov^{1,2}, M. A. Zagorodskiy^{1,2}, I. V. Tsvetkov^{1,2}, A. A. Paramonov¹, A. A. Karaban^{1,2}

¹ Northern Research Institute of Forestry
Nikitova str., 13, Arkhangelsk, 163062 Russian Federation

² Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
Naberezhnaya Severnaya Dvina, 17, Arkhangelsk, 163002 Russian Federation

E-mail: svt@atknet.ru, s.koptev@narfu.ru, a.v.davydov@sevniilh-arh.ru, i.tsvetkov@narfu.ru, a.paramonov@sevniilh-arh.ru, karaban@sevniilh-arh.ru

The study of the wood quality in the drained pine stand was carried out on the territory of the north taiga of Arkhangelsk Oblast, which belongs to the green zone of the city of Arkhangelsk and the Arctic zone of the Russian Federation. Repeated measurements of forest inventory parameters were carried out on 6 permanent sample plots affected by melioration since 1974 and reconstruction of the drainage network in 1990. Before drainage, a swampy pine stands of the V^b bonitet class grew on them. At present, medium-aged scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of shrubby-sphagnum forest type, IV bonitet class, grow on the drained area. For half of the plots, it is possible to recommend thinning according to the current Russian Rules of forest care (2020). Some of the trees meet the requirements for the aviation lumber wood quality. For a visual simultaneous analysis of the drainage network quality impact, the location of objects relative to the drainage network and the air temperature in abnormally hot years, diagrams of changes in the average indicators of the width of the annual increment and the wood density in the drained pine stands by year are constructed. Similar diagrams are constructed on the basis of measuring the model tree cores at different relative heights of the trunk. This analytical approach has been applied for the first time. It is suggested that in 10 years the inventory parameters of all facilities will meet the requirements for the thinning purpose, and the wood quality will increase on average, for which it is recommended to reconstruct the channels.

Keywords: Scotch pine, hydraulic melioration, wood density, increments, thinning, Arctic zone of the Russian Federation.

How to cite: Tretyakov S. V., Koptev S. V., Davydov A. V., Zagorodskiy M. A., Tsvetkov I. V., Paramonov A. A., Karaban A. A. The quality of wood of drained north-taiga pine forests of Arkhangelsk Oblast, determined by express method // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 4. P. 64–74 (in Russian with English abstract and references).