



**Комплексная оценка влияния гидrolесомелиорации
и лесоводственных мероприятий на продуктивность
сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) в условиях Вологодской области**

Олег С. Попов¹ ✉, popovoleg81@gmail.com, 0000-0003-2464-1729
Анатолий С. Новосёлов², AnSer-Rock-Bard@mail.ru, 0000-0002-6907-0424
Фёдор Н. Дружинин¹, drujinin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4645-4270>

¹ ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина»,
ул. Шмидта, 2, с. Молочное, гор. округ г. Вологда, 160555, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», ул. Ленина, 15, г. Вологда, 160000, Российская
Федерация

Актуальность исследования обусловлена необходимостью комплексной оценки долговременного влияния гидrolесомелиорации и лесоводственных уходов на продуктивность и качество древесины сосняков в условиях масштабных климатических изменений. Цель работы – анализ динамики лесоводственно-таксационных показателей, смолопродуктивности и макроструктуры древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на объектах многолетнего мониторинга в Сокольском муниципальном округе Вологодской области. Исследования проведены на девяти пробных площадях, отграниченных в разных условиях местопроизрастания: естественные болотные древостои (контроль), осушение (1970-е гг.), осушение в сочетании с лесоводственными мероприятиями (проходная рубка ухода и добровольно-выборочная заготовка древесины; 1990-е гг.). Применены стандартные таксационные методы, оценка смолопродуктивности (ОСТ 13-80-79), дендрохронологический анализ и расчет базисной плотности древесины. Установлено, что гидrolесомелиорация положительно сказалась на запасе древесины (увеличение на 30 – 35 % по сравнению с заболоченным контролем). Проведенный лесоводственный уход оптимизировал структуру древостоя, повысив долю деревьев высших классов Крафта. Выявлено, что максимальная смолопродуктивность характерна для осушаемых насаждений, пройденных проходной рубкой ухода (239 г), а также для естественных низинных болот. При этом ширококронные деревья продуцируют живицы при подсочке достоверно больше, чем узкокронные. Найдена связь выхода терпентина с экспозицией кроны, обусловленная ориентацией осушительных каналов. Дендрохронологический анализ показал, что осушение стимулирует прирост древесины: ширина годичного кольца увеличилась на 9 % за счет утолщения зоны поздней древесины (на 27 %) при сокращении ранней (на 15 %). Плотность древесины сосны в приканальных областях мелиорируемых лесополос возросла на 5 %, превысив среднерегиональные показатели.

Ключевые слова: гидротехническая мелиорация, торфяные почвы, сосна обыкновенная, лесохозяйственные мероприятия, сосновый терпентин (живица), плотность древесины

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Попов, О. С. Комплексная оценка влияния гидrolесомелиорации и лесоводственных мероприятий на продуктивность сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) в условиях Вологодской области / О. С. Попов, А. С. Новосёлов, Ф. Н. Дружинин // Лесотехнический журнал. – 2026. – Т. 16. – № 2 (62). – С. 82–99. – Библиогр.: с. 97–99 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2026.2/6>.

Поступила 03.03. 2026. Пересмотрена 14.04.2026. Принята 15.05.2026. Опубликовано онлайн 26.06.2026

Comprehensive Assessment of the Influence of Hydroforestry Reclamation and Silvicultural Measures on the Productivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) under the Conditions of the Vologda Region

Oleg S. Popov¹ ✉, popovoleg81@gmail.com,  0000-0003-2464-1729
Anatoly S. Novoselov², AnSer-Rock-Bard@mail.ru,  0000-0002-6907-0424
Fedor N. Druzhinin¹, drujinin@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-4645-4270>

¹FSBEI HE Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, 2 Schmidt St., Molochnoye, Vologda Urban Okrug, 160555, Russian Federation

²FSBEI HE Vologda State University, 160000, 15 Lenina Street, Vologda, Russian Federation

Abstract

The relevance of the study is determined by the need for a comprehensive assessment of the long-term impact of hydroforestry reclamation and silvicultural treatments on the productivity and wood quality of pine forests in the context of large-scale climatic changes. Aim of the Work. The aim of the work is to analyze the dynamics of forest inventory parameters, resin productivity, and macrostructure of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood at long-term monitoring sites in the Sokolsky Municipal District of the Vologda Region. Methods. The research was conducted on nine sample plots established in different site conditions: natural swamp forest stands (control), drainage (1970s), and drainage combined with silvicultural measures (intermediate thinning and selective logging; 1990s). Standard forest inventory methods, resin productivity assessment (according to OST 13-80-79), dendrochronological analysis, and calculation of basic wood density were applied. It was found that hydroforestry reclamation had a positive effect on timber stock (an increase of 30–35% compared to the waterlogged control). The implemented silvicultural treatments optimized the stand structure, increasing the proportion of trees in the higher Kraft classes. It was revealed that maximum resin productivity is characteristic of drained stands that underwent intermediate thinning (239 g), as well as natural lowland bogs. Furthermore, wide-crowned trees produced significantly more oleoresin during tapping compared to narrow-crowned trees. A relationship was found between turpentine yield and crown exposure, attributed to the orientation of drainage ditches. Dendrochronological analysis showed that drainage stimulates wood growth: tree-ring width increased by 9% due to the thickening of the latewood zone (by 27%) while earlywood decreased (by 15%). The wood density of pine in near-ditch areas of reclaimed forest strips increased by 5%, exceeding the regional average.

Keywords: *hydraulic reclamation, drainage reclamation, peat soils, Scots pine, silvicultural operation, pine oleoresin, pine resin, wood density*

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgments: The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of the article.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Popov O. S., Novoselov A. S., Druzhinin F. N. (2026). Comprehensive Assessment of the Influence of Hydroforestry Reclamation and Silvicultural Measures on the Productivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) under the Conditions of the Vologda Region. Forestry Engineering journal, Vol. 16, No. 2 (62), pp. 82–99 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2026.2/6>.

Received 03.03.2026.

Revised 14.04. 2026.

Accepted 15.05.2026. **Published online** 26.06.2026

Введение

Современное лесное хозяйство сталкивается с необходимостью адаптации к глобальным климатическим изменениям и возрастающему антропогенному давлению на лесные экосистемы [1, 3]. Наиболее остро эти вызовы проявляются в бореальной зоне, где леса выполняют ключевые средообразующие, водорегулирующие и климаторегулирующие функции. Вологодская область, расположенная в подзоне южной и средней тайги, характеризуется

Лесотехнический журнал 2/2026

значительной долей переувлажнённых и заболоченных земель, что делает сосновые насаждения (*Pinus sylvestris* L.) особенно чувствительными к изменениям гидрологического режима [4, 5].

На территории региона широко проводились гидроресомелиоративные работы, направленные на осушение избыточно увлажнённых лесных земель с целью повышения их продуктивности. Однако последствия осушения оцениваются неоднозначно. С одной стороны, гидромелиорация стимулирует ростовые процессы,

улучшает санитарное состояние древостоев и увеличивает текущий прирост. С другой – трансформация гидрологического режима может приводить к обеднению гидрографической сети, смене типов лесорастительных условий и снижению биоразнообразия напочвенного покрова [3, 9]. В этой связи необходима количественная оценка долговременных трендов изменения таксационных показателей и качественных характеристик древесины сосны на объектах с различным водным режимом [8, 12].

Помимо гидрологического фактора, существенное влияние на состояние и продуктивность сосновых насаждений оказывают лесохозяйственные мероприятия: рубки ухода, несплошные рубки и, в особенности, подсочка. Интенсивность выделения терпентина и общая смолопродуктивность сосны обыкновенной тесно связаны с генотипом дерева, густотой стояния, гидрологическими условиями и возрастом насаждения [14, 17]. Вместе с тем, комплексное влияние естественной заболоченности, гидромелиорации и выборочных рубок на анатомическую структуру (ширину годичного кольца, плотность древесины), ассимиляционный аппарат и смолывыделительную способность сосны остаётся изученным фрагментарно [16, 18]. В частности, остаются дискуссионными вопросы о динамике полноты насаждений и о характере изменения физико-механических свойств древесины после проведения осушительных работ и подсочки [13, 19].

Существующие методики оценки состояния лесных массивов чаще всего ограничиваются анализом отдельных таксационных показателей (высоты, диаметра, запаса) и не позволяют учесть сочетанное действие природных и антропогенных факторов. Для научного обоснования режимов лесопользования, отвечающих требованиям экологической безопасности (сохранение биоразнообразия, депонирование углерода) и хозяйственной эффективности (качество древесины, выход живицы), необходим системный подход [1, 7]. Это предполагает организацию долгосрочных наблюдений на ключевых объектах с фиксацией комплекса параметров: метрических таксационных показателей, сбежистости стволов, санитарного состояния крон, плотности древесины и смолопродуктивности [19, 20].

Цель исследования – комплексная оценка влияния гидролесомелиорации и лесоводственных мероприятий на продуктивность, качество древесины и смолывыделительную способность сосняков в условиях Вологодской области. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать многолетнюю динамику таксационных параметров сосновых

насаждений на осушенных и неосушенных участках.

2. Оценить физико-механические свойства древесины (плотность, ширину годичного кольца) в зависимости от гидрологического режима и интенсивности подсочки.
3. Изучить смолопродуктивность древостоев и её корреляцию с морфометрическими характеристиками деревьев.
4. Разработать практические рекомендации по оптимизации режимов лесопользования на переувлажнённых и осушенных территориях Вологодской области.

Материалы и методы

Объекты исследования – это сосновые древостои (или фитоценозы с доминированием сосны), произрастающие в различных лесорастительных условиях в лесном фонде Сокольского муниципального округа Вологодской области (рис. 1). В основу исследования положен сравнительный анализ постоянных пробных площадей (ПП), изначально отграниченных в 2008 году с выполнением повторных наблюдений (вплоть до 2019 г.), характеризующих следующие категории покрытых лесом земель: естественно-болотные древостои (контроль): ПП 10 – низинный тип торфяной залежи, ПП 17 – переходный тип торфяной залежи (дислокация – N59°25.70' E40°18.95', высота: 125 м). Осушаемые древостои (дислокация – N59°27.82' E40°15.33', высота: 129 м) на мезотрофных торфяных почвах, осушенные в начале 1970-х годов (ПП 1 и 5). На части лесных объектов в начале 1990-х годов проведены проходные рубки (лесохозяйственный уход). Лесные объекты после несплошной лесозаготовки, (добровольно-выборочные), ПП 6 и 7, находятся в осушаемых условиях, с евтрофно-мезотрофном типом торфяной залежи.

Предмет исследования – лесоводственно-таксационные показатели, смолопродуктивность, параметры макроструктуры и физические свойства древесины (плотность) в зависимости от гидрологического режима и антропогенного воздействия (лесоводственные приёмы, несплошное удаление древостоя, подсочка).

Полевые работы выполнялись с применением стандартизированных и общепринятых в лесном хозяйстве методик, что обеспечивало корректность последующего анализа. Расчет таксационных характеристик проведен с использованием региональных нормативно-справочных материалов. Сплошной перебор деревьев проводили по стандартным ступеням толщины с распределением стволов по классам роста и развития, согласно шкале Г. Крафта.

Для оценки влияния условий произрастания на выход терпентина проведена опытная подсочка. Работы проводились в соответствии с отраслевым

Лесотехнический журнал 2/2026

стандартом ОСТ 13-80-79. Подсочку осуществляли восходящим способом в период с июля по август. Технические параметры нанесения подновки: ширина карры – 10 см (односторонняя); шаг подновки – 12 мм; угол подновки – 45°; глубина подновки: 4 мм. Пауза вздымки составляла, в среднем, 3,5 суток. В общей сложности проведено 8 обходов. Для сбора терпентина использовали

полиэтиленовые приемники, устанавливаемые «в щап». Для нивелирования влияния диаметра штамба на выход терпентина проводили пересчет фактического выделения пасоки на нагрузку ствола в 50% от длины его окружности ($V_{50\%}$).



Рисунок 1. Схема размещения пробных площадей

Figure 1. Scheme of sample plot arrangement

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Определение количества карр на стволе:

$$N_{\text{кар.}} = \frac{b}{\pi \cdot d_{1,3}} \cdot 100 \quad (1)$$

где b – ширина карры (10 см);

$d_{1,3}$ – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см.

Пересчет смоловыделения на эталонную нагрузку ($V_{50\%}$):

$$V_{50\%} = \frac{V_k \cdot 50}{N_{\text{кар.}}} \quad (2)$$

где V_k – фактическая масса терпентина, собранного с карры, г.

Оценка состояния ассимиляционного аппарата проводилась по оригинальной авторской методике [20], согласно которой кроны деревьев классифицировались по форме и равномерности развития на шесть типов: равномерная (Р), эллиптическая неравномерная (ЭН), а также группы, ориентированные по сторонам света (СВ, СЗ, ЮВ, ЮЗ).

С целью изучения макроструктуры древесины на каждом объекте (ПП) проводился отбор кернов при помощи возрастного бура (Haglöf, Швеция) по принципу пропорционально-ступенчатого представительства. Высота отбора – 0,6 м. Объем выборки составлял не менее 10 экз. на каждой пробной площади, что обеспечило точность опыта на минимальном уровне 10 %. Подготовка образцов включала зачистку поверхности лезвием и нанесение тонкого слоя мела для повышения контрастности границ годовичных колец. Измерение ширины годовичных колец (ШГК), а также ширины ранней (РД) и поздней (ПД) древесины выполнялось методом высокоточной сканерной денситометрии (DPI 1200). Для этого использовался сканер и графический редактор «Paint.NET версии 5.1.11» с предварительно разработанной калибровочной шкалы с ценой деления 0,05 мм.

Обработка полученных полевых материалов и расчеты выполнялись с использованием программного пакета на ПК Microsoft Excel версии 2408. Статистическая обработка данных включала расчет основных дескриптивных статистик (среднее арифметическое, ошибка среднего, стандартное отклонение), вариационный, корреляционный

анализы и расчет достоверности различия средних величин с использованием t-критерия Стьюдента для таксационных показателей и параметров макроструктуры.

Расчет базисной плотности древесины (P , кг/м³) производился аналитическим методом с использованием регрессионного уравнения (3), которое связывает плотность с шириной годовичных слоев (S , мм) и процентом поздней древесины (Bd , %):

$$P = 279,3 - 10,8 \cdot S + 4,9 \cdot Bd \quad (3)$$

Использованный косвенный метод проверялся на предмет расхождения результатов с прямым гравиметрическим методом О.И. Полубояринова не превышал 5%, что вполне допустимо для сравнительных экологических исследований.

Для выявления закономерностей влияния лесорастительных условий и антропогенных факторов на изучаемые параметры древостоев применялись методы сравнительного анализа и группировки данных. Результаты, полученные на участках с различным водным режимом и историей лесохозяйственных воздействий, сопоставлялись между собой и с контрольными (естественно-болотными) лесными объектами.

Результаты

В ходе исследования проанализированы лесоводственно-таксационные характеристики, показатели смолопродуктивности и макроструктуры древесины сосны обыкновенной на девяти пробных площадях, различающихся по гидрологическому режиму и истории антропогенного воздействия. Полученные данные позволили выявить статистически значимые различия между обозначенными группами насаждений.

Анализ таксационных показателей выявил существенную дифференциацию древостоев, в зависимости от условий произрастания (табл. 1). Наибольшей производительностью характеризовались насаждения на осушенных землях (ПП 1 и 5), где средний запас ствольной древесины достигал 320–340 м³/га, что на 30–35 % выше, чем на контрольных заболоченных участках (ПП 10 и 17). Гидромелиорация на мезотрофных почвах позволила увеличить периодический прирост за последние 40–50 лет после проведения работ.

Silvicultural and inventory characteristics of the study objects

Номер ИП Sample plot №	Шифр типа леса Forest type code	Состав древостоя Stand composition	Древесная порода Tree species	Средние Average		Густота, экз./га Density, trees/ha	Полнота Relative density		Запас сырастающих, м³/га Growing stock, m³/ha
				диаметр, см diameter, cm	высота, м height, m		абсолютная, м²/га basal area, m²/ha	относительная relative	
1	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	10С, ед. Е и Б 10Р, single S and B	С Р	25	24	820	37	0,9	400
2	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	10С, ед. Б 10 Р, single B	С Р	23	24	920	47	1,2	423
3	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	10С + Е, ед. Б 10Р + S, single B	С Р	24	24	730	34	0,9	355
4	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	9С1Б + Е 9Р1В + S	С Р	25	22	660	34	0,9	351
			Б В	10	16	420	4	0,2	28
5	С. бр.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	9С1Е + Б 9Р1S + B	С Р	26	23	660	36	1,0	331
			Е S	12	11	460	6	0,3	34
6	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	9С1Б, ед. Е 9Р1В, single S	С Р	22	20	1410	60	1,7	425
			Б В	11	13	835	8	0,4	52
7	С. чер.-зм. ос. Pine forest, bilberry–green moss, drained	8С2Б, ед. Е 8Р2В, single S	С Р	22	20	920	36	1,0	323
			Б В	19	20	375	10	0,4	89
8	С. чер. ос. Pine forest, bilberry type, drained	10С, ед. Б 10Р, single B	С Р	22	20	1360	56	1,5	536
9	С. чер. ос. Pine forest, bilberry type, drained	10С, ед. Б 10Р, single B	С Р	23	21	1260	57	1,5	567
10	С. сф.-разн. Pine forest, sphagnum– forb	10С+Б 10Р + В	С Р	21	21	740	27	0,7	270
17	С. куст.-сф. Pine forest, dwarf shrub– sphagnum	10С+Б 10Р + В	С Р	20	22	1020	14	0,4	143

Примечание: жирным обозначены максимумы по столбцам

Note: bold indicates column maxima

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Анализ структуры древостоев по шкале Г. Крафта выявил существенные различия в ценоотическом положении деревьев в зависимости от

лесорастительных условий и антропогенного воздействия. Максимальные значения диаметров на высоте груди зафиксированы у деревьев,

относящихся к высшим классам, в частности к «господствующим», «лидерам» (исключительно господствующим) и «согосподствующим». Их наибольшая концентрация отмечена в приканальном положении осушаемых областей. В частности, на пробных площадях, пройденных лесоводственным уходом в сочетании с гидролесомелиорацией, размерные характеристики стволов в этих категориях были максимальными для всей выборки (табл. 2).

Кроме этого, установлена зависимость угнетенной части древостоя (IV–V классы) от микрорельефа: наиболее крупные экземпляры из числа отстающих в росте преобладали в межканальном положении осушаемого пространства. Это косвенно свидетельствует о сохранении градиента условий увлажнения даже спустя десятилетия после осушения.

Таблица 2

Ведомость распределения средних таксационных диаметров деревьев сосны (см) по классам роста и развития Крафта на объектах исследования

Table 2

Distribution of average mensuration diameters of Scots pine (cm) by Kraft growth and development classes across study sites

Категории роста и развития Growth categories	Номер ПП, лесоводственные мероприятия, положение (*) Sample plot №, silvicultural treatment, location (*)								
	1, ПРХ. Л/У, ПК 1 improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch	2, ПРХ. Л/У, МК 2 improvement thinning (silvicultural tending) mid-ditch (center) (MC)	3, ПРХ. Л/У, ПК 3 improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	4, ПРХ. Л/У, ПК 4 improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	5, ПРХ. Л/У, МК 5 improvement thinning (silvicultural tending) mid-ditch (center) (MC)	6, Д-В Р, ПК 6 voluntary-selective felling near-ditch (PC)	7, Д-В Р, МК 7 voluntary-selective felling mid-ditch (center) (MC)	8, ПК 8, near-ditch (PC)	9, МК 9, mid-ditch (center) (MC)
господствующие dominant	23	24	25	24	23	24	23	21	20
лидеры leaders	28	28	30	27	27	27	29	28	26
согосподствующие codominant	18	19	19	17	12	17	17	16	15
угнетённые деревья suppressed	9	7	8	-	-	13	12	14	16
сухостой текущий current deadwood	20	-	16	15	12	13	14	15	14
сухостой прошлых лет old deadwood	15	14	15	16	14	13	13	11	11

Примечание: жирным обозначены максимумы по строкам, * – местоположение на осушаемом пространстве между каналами (ПК – приканальное, МК – межканальное (в центре)), ПРХ. Л/У (проходная рубка ухода (лесоводственный уход)), НЗ (добровольно-выборочная), К – контрольный древостой

Note: bold indicates row maxima; * – location in the drained space between ditches (PC – near-ditch, MC – mid-ditch (center)); PRKh. L/U – improvement thinning (silvicultural tending); NZ – voluntary-selective felling; K – control stand

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

Полученное распределение встречаемости деревьев по категориям Крафта (рис. 2) показало, что доля господствующих особей закономерно выше на всех участках с гидролесомелиорацией по сравнению с естественно-заболоченными участками. Максимальное долевое участие деревьев I–II

классов отмечено в насаждениях, где осушительная сеть дополнялась рубками ухода, а также в древостоях после несплошной лесозаготовки. Наименьшая доля согосподствующих и исключительно господствующих деревьев, а также максимальный процент угнетенной части

зафиксирован в межканальном положении после первого приема несплошной заготовки леса (ПП 7). Это, вероятно, связано с неравномерным снятием

полога и временным ухудшением условий для оставленных деревьев на переувлажненных микроповышениях.

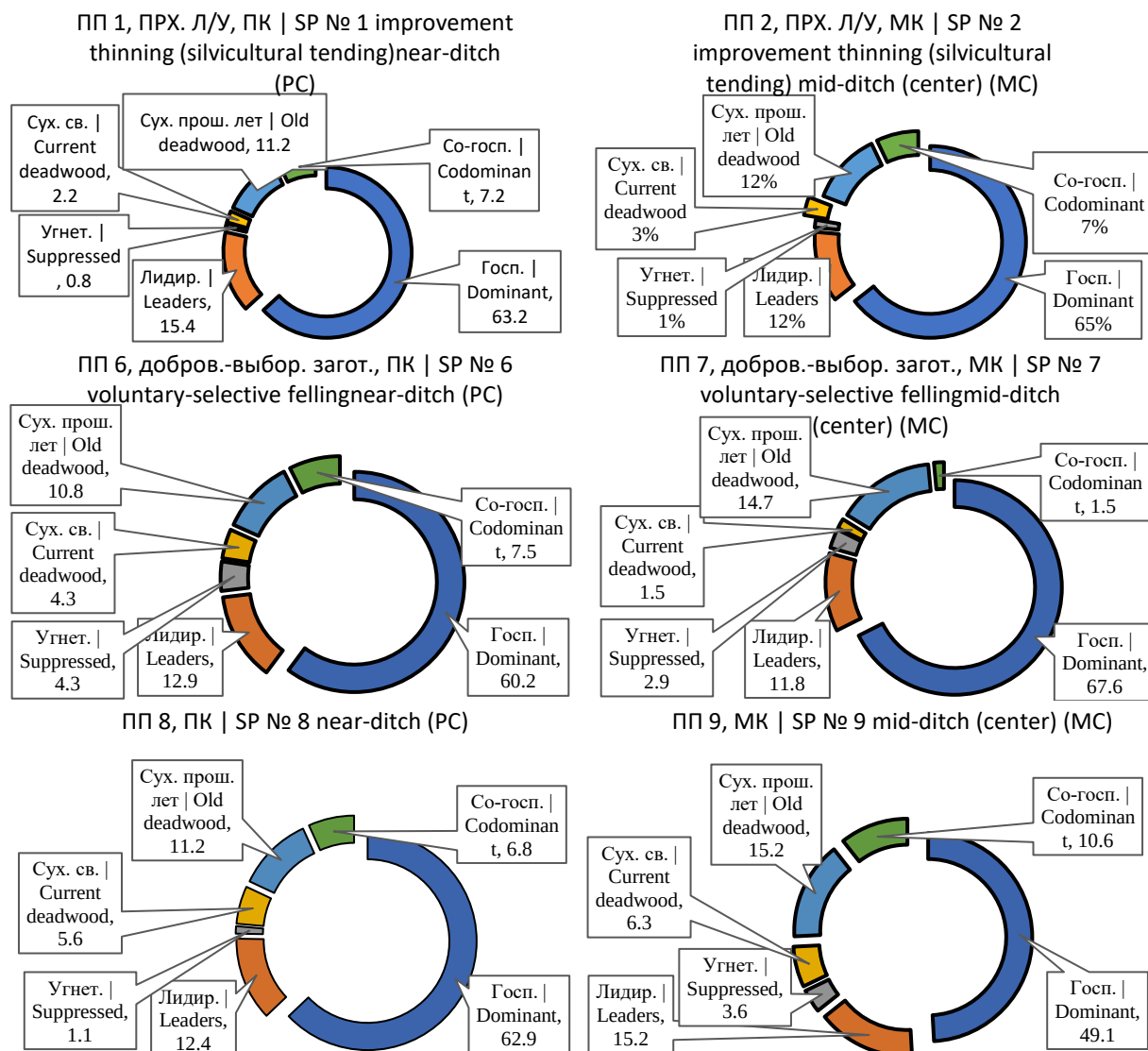


Рисунок 2. Распределение деревьев в относительных величинах по классам роста и развития Крафта на объектах исследования (местоположение на осушаемом пространстве между каналами (ПК – приканальное, МК – межканальное (в центре)), ПРХ. Л/У (проходная рубка ухода (лесоводственный уход)), Д-В Р (добровольно-выборочная рубка), К – контрольный древостой)

Figure 2. Figure 2. Relative distribution of trees by Kraft growth and development classes across study sites (location in the drained space between ditches: PC – near-ditch, MC – mid-ditch (center)); PRKh. L/U – improvement thinning (silvicultural tending); V-S F – voluntary-selective felling; K – control stand)

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

В сообществе лесоводов принято считать, что интенсивность выделения терпентина – это объективный физиологический маркер, отражающий виталитет деревьев. В связи с этим особый интерес представляет анализ выхода терпентина, приведенного к стандартизированной 50-процентной нагрузке карры. Наибольшая продуктивность в рамках опыта зафиксирована на

объектах, пройденных рубками ухода. Средний объем выделения терпентина составил 239 г, что на 11 % превышает аналогичный показатель в древостоях после добровольно-выборочных рубок и на 9 % – в осушаемых насаждениях без лесоводственных уходов (табл. 3). В сравнении с болотными условиями (ПП 17) преимущество имеют осушаемые лесные объекты с проведённым

лесоводственным уходом, выборочными рубками (превышение достигает 44, 39 и 40 % соответственно). Отличие отдельного выделения терпентина с карры со средневзвешенным параметром (229 ± 16 г в осушаемых сосняках) статистически удалось доказать в двух случаях. Полученные данные: $t_{\text{факт.}}=0,94$; $t_{\text{ст.}}=0,68$ (с контролем на евтрофных торфяных почвах различие

доказано на 50% уровне). На уровне в 90 % удалось доказать превышение массы выделившегося терпентина у сосняков вблизи осушительного канала после проведения в них ухода – ПП 4 ($t_{\text{факт.}}=1,83$; $t_{\text{ст.}}=1,68$). На объекте с олиготрофной залежью различие достаточно явное (43%), что позволяет не выполнять стат. расчёта.

Таблица 3

Выделение соснового терпентина и его зависимость от таксационного диаметра

Table 3

Collection of Scots pine turpentine and its relationship with mensuration diameter

Номер ПП, Лесоводственные мероприятия, местоположение (*) Plot №, treatment, location (*)	Средний вес терпентина при нагрузке стволов каррами 50 %, гр. $M \pm m_m$) Mean turpentine weight, 50% bark scraping, g ($M \pm m_m$)	Коэффициент изменчивости выхода терпентина, % CV of turpentine yield, %	Максимальный индивидуальный вес терпентина, гр. Maximum individual turpentine weight, g	Коэффициент корреляции (таксационный диаметр и выход терпентина с карры) ** Correlation coefficient (DBH and turpentine yield per streak) **
10, К 10, control	256±23	63	865	$r = 0,3$; $t_r=2,3$
17, К 17 control	132±13	70	586	$r = 0,3$; $t_r=2,4$
1, ПРХ.Л/У, ПК 1, improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	245±20	58	683	$r = 0,5$; $t_r = 4,3$
2, ПРХ.Л/У, МК 2, improvement thinning (silvicultural tending) mid-ditch (center) (MC)	206±13	50	578	$r = 0,1$; $t_r=1,2$
3, ПРХ.Л/У, ПК 3, improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	236±14	40	508	$r = 0,3$; $t_r=2,6$
4, ПРХ.Л/У, ПК 4, improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	274±18	47	666	-
5, ПРХ.Л/У, МК 5, improvement thinning (silvicultural tending) mid-ditch (center) (MC)	236±18	54	534	$r = 0,3$; $t_r=2,1$
6, Д-В Р, ПК 6, voluntary- selective felling near-ditch (PC)	218±19	61	716	$r = 0,3$; $t_r=2,2$
7, Д-В Р, МК 7, voluntary- selective felling mid-ditch (center) (MC)	214±15	50	511	$r = 0,4$; $t_r=2,8$
8, ПК 8, near-ditch (PC)	243±17	49	561	-
9, МК 9, mid-ditch (center) (MC)	195±17	62	483	$r = 0,3$; $t_r=2,2$

Примечание: жирным обозначены максимумы и минимумы по столбцам, * – местоположение на осушаемом пространстве между каналами (ПК – приканальное, МК – межканальное (в центре)), ПРХ. Л/У (проходная рубка ухода (лесоводственный уход)), Д-В Р (добровольно-выборочная рубка), К – контрольный фитоценоз; ** – в опыте подсочки было задействовано от 48 до 52 деревьев на каждой ПП

Note: bold indicates column maxima and minima; * – location in the drained space between ditches (PC – near-ditch, MC – mid-ditch (center)); PRKh. L/U – improvement thinning (silvicultural tending); V-S F – voluntary-selective felling; K – control phytocoenosis; ** – tapping experiment involved 48 to 52 trees per sample plot

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Анализ вариабельности признака показал, что минимальный разброс значений характерен для древостоев, пройденных лесоводственным уходом, что свидетельствует о выравнивании физиологического статуса деревьев под влиянием изреживания. В условиях естественного болота (ПП 17) индивидуальная изменчивость по смолопродуктивности оказалась максимальной, что, вероятно, обусловлено различной степенью угнетения особей.

Корреляционный анализ выявил тесную положительную связь между выходом терпентина и таксационным диаметром у деревьев, произрастающих в приканальной области осушаемого пространства после проходных рубок ухода. В то же время для приканального положения осушаемого сосняка без удаления части деревьев (ПП 8) подобная зависимость практически

отсутствует, что может указывать на иные лимитирующие факторы, не связанные с размерами штамбов.

Отдельно следует отметить болотный сосняк на низинной залежи (ПП 10). В нём отмечен достаточно высокий уровень выделения терпентина, сопоставимый с мелиорируемыми лесными объектами. Данный факт свидетельствует о принципиальной пригодности таких насаждений для организации подсочного производства при условии корректного выбора режима нанесения регулярных поранений.

Анализ связи между поперечной конфигурацией крон и смолопродуктивностью (табл. 4) выявил отчетливую зависимость выхода терпентина от ориентации ассимиляционного аппарата, что, вероятно, обусловлено условиями освещенности и ветрового режима на мелиорируемых участках.

Таблица 4

Выделение соснового терпентина по градациям крон

Table 4

Scots pine turpentine yield by crown classes								
Фенотипический признак (параметр кроны) Phenotypic trait (crown)	Номер ПП, лесоводственные мероприятия (*), положение Sample plot №, silvicultural treatment (*), location							
	1, 3 и 4, ПРХ, Л/У, ПК SP № 1, 3 and 4 improvement thinning (silvicultural tending) near-ditch (PC)	2 и 5, ПРХ, Л/У, МК SP № 2 and 5, improvement thinning (silvicultural tending), mid-ditch (center) (MC)	6, Д-В Р, ПК SP № 6, voluntary-selective felling, near-ditch (PC)	7, Д-В Р, МК SP № 7, voluntary-selective felling, mid-ditch (center) (MC)	8, ПК SP № 8, near-ditch (PC)	9, МК SP № 9, mid-ditch (center) (MC)	10, К (Н) SP № 10, control (N)	17, К SP № 17, control
Классы развитости крон деревьев относительно сторон горизонта Crown development classes relative to cardinal directions								
P uniform	207	-	186	-	280	165	-	86
CB NE-oriented	270	250	194	204	268	216	210	137
C3 NW-oriented	239	197	182	244	239	160	217	106
ЮВ SE-oriented	240	202	252	167	218	174	319	150
ЮЗ SW-oriented	267	242	225	252	238	218	216	114
ЭН elliptical non-uniform	248	147	262	259	238	195	211	210
Типы крон Crown types								
Узко-кронная Narrow-crowned	189	156	143	160	160	158	192	72
%	20	18	29	31	20	49	22	20
Широко-кронная Broad-crowned	267	235	248	238	264	231	274	147
%	80	82	71	69	80	51	78	80

Примечание: жирным обозначены максимумы по столбцам (первый блок) и по строкам – для второго блока таблицы, * – местоположение на осушаемом пространстве между каналами (ПК – приканальное, МК – межканальное (в центре)), ПРХ. Л/У (проходная рубка ухода (лесоводственный уход)), Д-В Р (добровольно-выборочная рубка), К – контрольный древостой.

Note: bold indicates column maxima (first block) and row maxima (second block of the table); * – location in the drained space between ditches (PC – near-ditch, MC – mid-ditch (center)); PRKh. L/U – improvement thinning (silvicultural tending); V-S F – voluntary-selective felling; K – control stand

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

В осушаемых насаждениях максимальные показатели выделения живицы зафиксированы у деревьев, кроны которых имели преимущественное развитие в северо-восточном направлении. Ориентация каналов на север определяет специфический световой режим. На лесных участках, пройденных проходными рубками, определено повышенное смоловыделение с юго-западной экспозицией крон деревьев.

В древостоях после первого приема выборочной рубки, а также на контрольном участке переходного типа болота (ПП 17) какой-либо выраженной ориентации крон у деревьев с высокой смолопродуктивностью не наблюдалось.

Лидирующие позиции здесь занимали сосны с эллиптической формой кроны без четкого доминирования какой-либо стороны света. В заболоченном сосняке на низинной залежи (ПП 10) максимальные показатели смоловыделения определены у деревьев с кронами, развитыми с юго-восточной стороны.

Анализ такого морфологического признака, как ширина кроны, показал однозначное превосходство ширококронных деревьев над узкокронными по интенсивности истечения терпентина во всех категориях насаждений. Закономерно, что наибольшая доля ширококронных экземпляров сформировалась в разреженных древостоях после лесоводственного ухода. В то же время в осушаемых фитоценозах без частичного удаления деревьев (ПП

1 и 5) отмечена повышенная встречаемость узких крон, что выступает прямым следствием высокой первоначальной густоты и, как результат, механического воздействия (охлестывания) в условиях ограниченного пространства.

Анализ пространственной структуры крон выявил существенные различия в их ориентации в зависимости от лесорастительных условий и истории лесохозяйственного освоения лесных объектов (рис. 3).

В древостоях, испытывавших эффект от гидролесомелиорации в сочетании с лесоводственным уходом, отчетливо доминируют сосны с преимущественным развитием кроны в юго-западном направлении. На участках после выборочных рубок наибольшая доля деревьев характеризуется доминирующей направленностью ассимиляционного аппарата на северо-восток. В этих насаждениях (ПП 6) зафиксирована максимальная для всей выборки встречаемость экземпляров с равномерно развитой кроной.

Микрорельеф мелиорируемых территорий также вносит коррективы в распределение признака. В приканальной полосе возрастает доля деревьев с юго-восточной ориентацией крон. По мере удаления от каналов к центру межканального пространства преобладают экземпляры деревьев, чьи кроны преимущественно более сформировались в северо-восточном направлении.

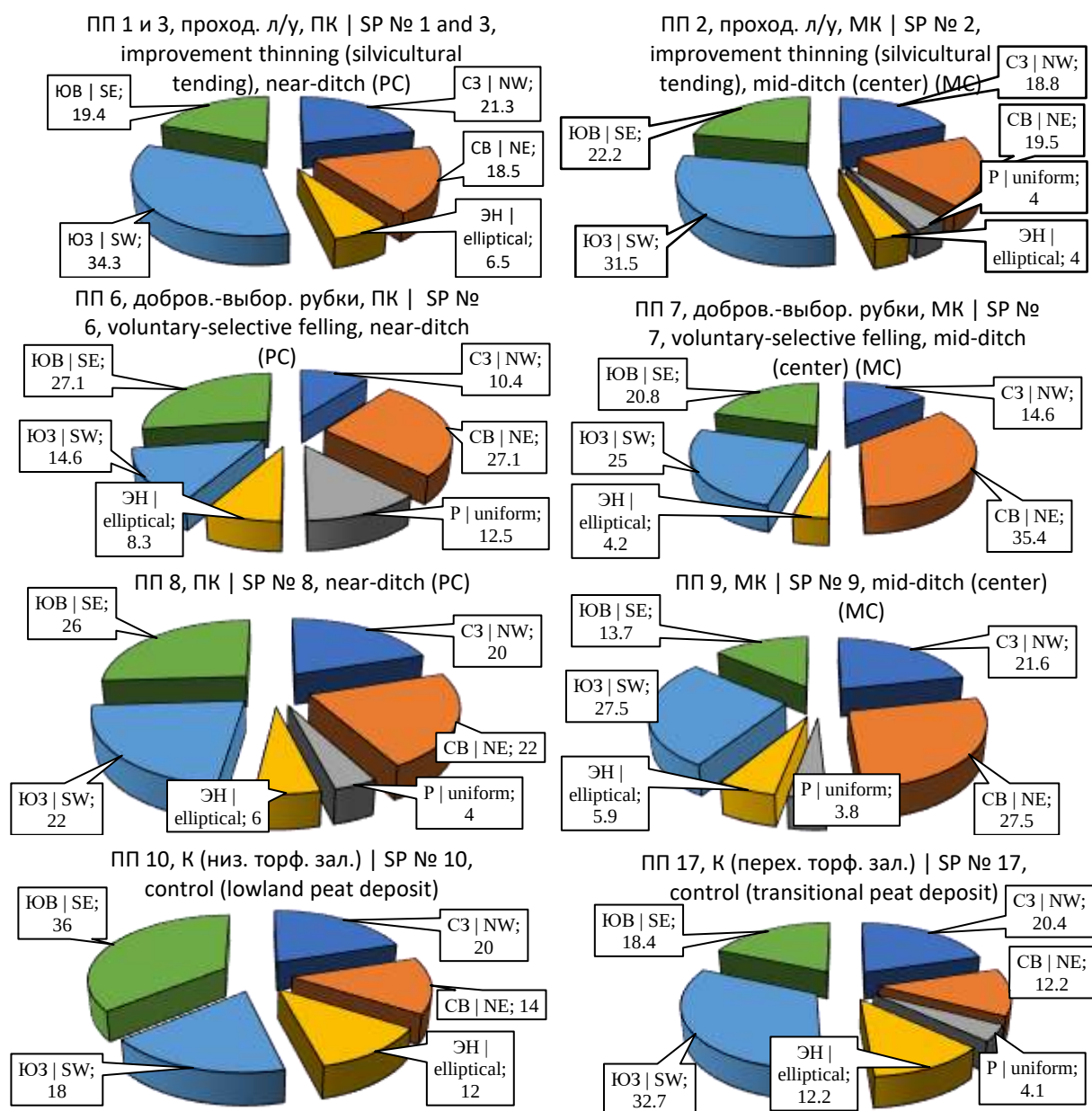


Рисунок 3. Представленность сосновых деревьев по разным классам развитости крон
Figure 3. Distribution of Scots pine trees by crown development classes

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

В естественно-болотных лесных объектах (контрольных) как на низинной (ПП 10), так и на переходной (ПП 17) торфяной залежи кроны деревьев имеют отчетливую южную ориентацию, но с различной долготной составляющей: в первом случае преобладает юго-восточное, во втором – юго-западное направление максимального развития. Анализ макроструктуры древесины (табл. 5) подтвердил ожидаемую зависимость параметров годовичных колец от трофности местообитания.

Максимальные абсолютные значения ширины годовичного слоя зафиксированы на богатых элементами питания торфяных залежах низинного типа (ПП 10). Тем не менее, несмотря на лидерство по общему радиальному приросту, доля поздней древесины в этом древостое остается невысокой и статистически не отличается от показателя, характерного для более бедной переходной залежи (ПП 17).

Параметры макроструктуры древесины сосны

Table 5

Parameters of Scots pine wood macrostructure

Номер ПП, положение Sample plot №, location	ПД, мм latewood, mm	РД, мм earlywood, mm	ППК, мм tree ring width, mm	Доля ПД в ППК, % Latewood proportion in tree ring width, %
10, К (Н) 10, control (N)	<u>0,3±0,1</u> 28,9	<u>0,8±0,1</u> 17,1	<u>1,1±0,2</u> 18,3	<u>30,0±5,0</u> 16,7
17, К 17, 10, control	<u>0,2±0,1</u> 31,8	<u>0,6±0,1</u> 21,7	<u>0,8±0,2</u> 23,2	<u>29,7±4,6</u> 15,4
8, ПК (до осушения) 8, near-ditch (PC) (before drainage)	<u>0,2±0,1</u> 27,1	<u>0,6±0,1</u> 8,5	<u>0,8±0,1</u> 10,3	<u>29,7±6,3</u> 21,3
8, ПК (после осушения) 8, near-ditch (PC) (after drainage)	<u>0,3±0,1</u> 24,6	<u>0,6±0,1</u> 10,5	<u>0,9±0,1</u> 14,2	<u>33,9±4,1</u> 12,1
9, МК (до осушения) 9, mid-ditch (center) (MC) (before drainage)	<u>0,3±0,1</u> 20,3	<u>0,7±0,1</u> 24,5	<u>0,7±0,1</u> 27,5	<u>38,0±3,4</u> 30,8
9, МК (после осушения) 9, mid-ditch (center) (MC) (before drainage)	<u>0,3±0,1</u> 48,1	<u>0,5±0,1</u> 26,8	<u>0,8±0,1</u> 32,4	<u>36,2±1,2</u> 18,1

Примечание: в знаменателе приведены коэффициенты изменчивости признаков (в %), жирным обозначены максимумы по столбцам

Note: coefficients of variation (in %) are given in the denominator; bold indicates column maxima

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Сравнительный анализ временных срезов (до и после работ по мелиорации) выявил отчетливую реакцию анатомических элементов. Осушение выступило фактором, стимулирующим формирование большей толщины поздних трахеид в кольцах (увеличение в среднем на 27 %), сформировавшихся после проведения гидролесомелиоративных работ. Это закономерно отразилось на общей ширине годичного слоя, которая возросла на 9 %.

Наиболее контрастная реакция на улучшение водно-воздушного режима проявилась в изменении соотношения между накоплениями ранних и поздних трахеид. Ширина ранней зоны, формирующейся в начале вегетационного периода, после осушения, напротив, сократилась в среднем

на 0,1 мм (или на 15 %). Такое перераспределение ассимилятов в пользу более поздних, механически прочных элементов, вероятно, связано с продлением периода активного роста во второй половине лета в условиях понижения уровня грунтовых вод.

Анализ расчетной плотности древесины выявил ряд закономерностей, связанных с трофностью болотных местообитаний и гидрологическим режимом территории (рис. 4). В естественно-болотных условиях различия между древостоями на низинной (ПП 10) и переходной (ПП 17) торфяными залежами оказались минимальными. Показатель плотности на богатом органоминеральными веществами участке лишь на <1 % уступает таковому на бедном переходном болоте.

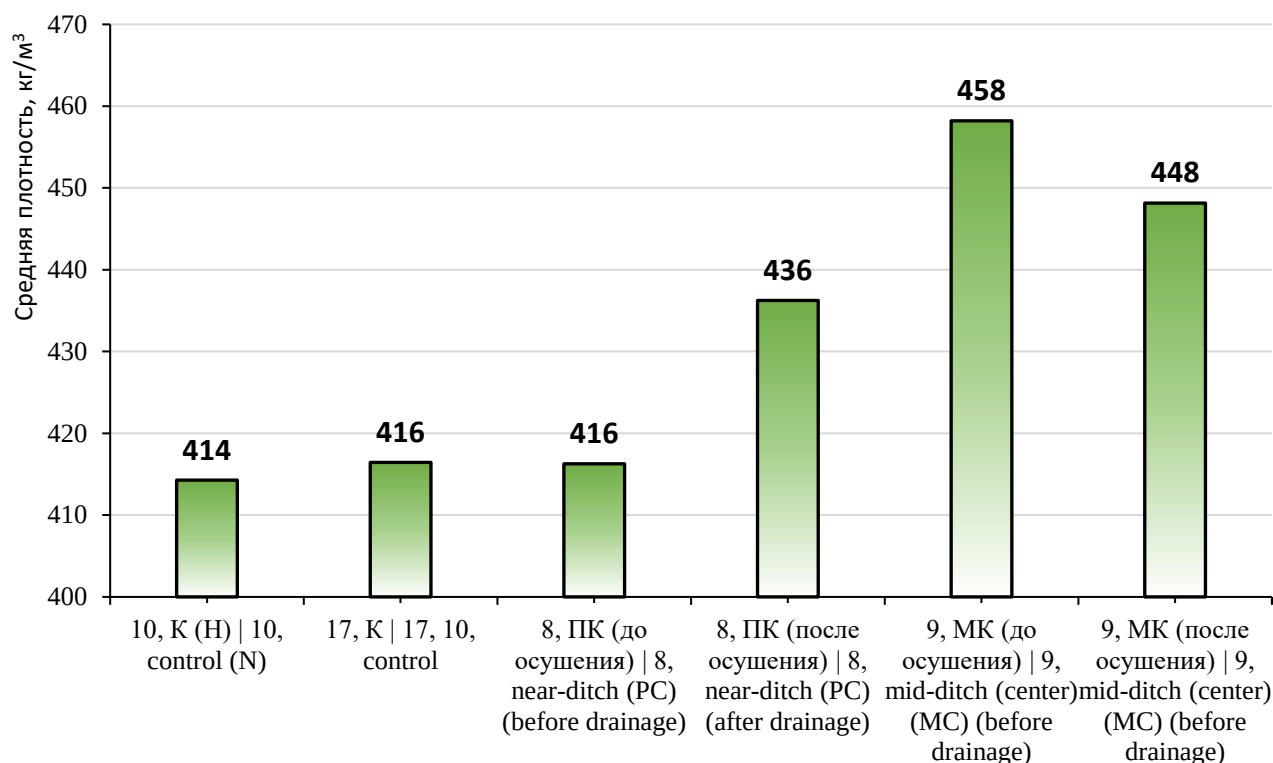


Рисунок 4. Средняя плотность древесины сосны

Figure 4. Average density of Scots pine wood

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Гидротехническая мелиорация внесла существенные коррективы в формирование физических свойств древесины. Характер этих изменений зависит от положения дерева относительно осушительной сети. В приканальной полосе, где эффект осушения проявляется максимально, плотность древесины сосны возросла на 5 % по сравнению с периодом роста в анаэробных условиях до мелиорации. В центральной части межканального пространства положительный эффект выражен слабее. Превышение составляет лишь около 3 %. В среднем по всему осушаемому массиву прирост плотности после лесосошения не превышает <1 %, что может указывать на неоднородность отклика древостоев.

Сравнение с региональными нормативами демонстрирует высокий потенциал исследованных насаждений. Плотность древесины в осушаемых сосняках Сокольского муниципального округа устойчиво превосходит средние показатели, характерные для Архангельской области (395 ± 2 кг/м³), что может быть обусловлено как локальными почвенно-климатическими условиями, так и особенностями возрастной структуры древостоев. Обобщая данные по всему спектру условий, следует отметить, что на мелиорируемых землях плотность древесины в среднем на 6 % выше, чем на

заболоченных участках, не затронутых гидротехническими работами. При этом общая изменчивость признака остается невысокой (коэффициент вариации $S \approx 7\%$). Исключение составляет ретроспективный анализ кернов, соответствующих периоду роста в центре осушаемого пространства до проведения мелиорации. Здесь вариабельность достигает 13 %, что, вероятно, отражает исходную гетерогенность гидрологического режима. Наиболее однородны по плотности древостои неосушенного контроля ($S \approx 5\%$), что характерно для стабильных условий переувлажнения.

Выводы

Комплексные исследования на объектах долгосрочного влияния гидротехнической мелиорации в Сокольском муниципальном округе Вологодской области позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1) Проведение гидротехнической мелиорации на торфяных почвах переходного типа, даже спустя десятилетия при отсутствии реконструкции канальной сети (сохраняющей удовлетворительное рабочее состояние), обеспечило ожидаемый положительный лесоводственный эффект. Это выразилось в достоверном увеличении запасов стволовой

древесины на осушаемых лесных территориях по сравнению с естественно-заболоченными аналогами.

2) Лесоводственные мероприятия (уходы и несплошные заготовки древесины), проведенные на оне действующей мелиорации, способствовали оптимизации структуры древостоя. Отмечено увеличение доли деревьев высших классов роста и развития по Крафту (лидирующих и господствующих), что свидетельствует об улучшении условий местопроизрастания и усилении конкурентных позиций.

3) Анализ смолопродуктивности выявил два типа насаждений, пригодных для организации подсочного производства: естественные сосняки на низинных (евтрофных) торфяниках и осушаемые древостои, пройденные проходной рубкой. В обоих случаях получены максимальные значения по этому показателю.

4) Установлена устойчивая морфологическая закономерность: независимо от типа лесорастительных условий, наиболее высокие показатели выхода терпентина установлены у ширококронных деревьев. Этот признак может служить дополнительным селекционным критерием при отборе деревьев-кандидатов для промышленной подсочки.

5) Выявлена связь смолопродуктивности с экспозицией кроны, обусловленная ориентацией осушительной сети. При направлении каналов по

линии «север-юг» максимальные значения по выходу терпентина определены для осушаемых древостоев без лесоводственных уходов для деревьев с кронами, развитыми в северо-восточном направлении. В насаждениях, пройденных проходной рубкой, наилучшие показатели демонстрируют особи с юго-западной ориентацией крон.

6) Анализ макроструктуры древесины подтвердил высокую чувствительность радиального прироста к изменению гидрологического режима. В период после осушения определено увеличение толщины поздних трахеид на 27 %, что сопровождалось ростом общей ширины годичного кольца (в среднем на 9 %). При этом ширина ранней древесины, напротив, сократилась на 15 %, что указывает на перераспределение ассимилятов в пользу более поздней, механически прочной зоны.

7) Плотность древесины как показатель ее качества под влиянием искусственного дренирования в среднем по осушаемому массиву увеличилась на 1% по сравнению с периодом до осушения. Максимальный прирост плотности (до 5 %) наблюдается в приканальных зонах с наиболее интенсивным дренажом. Установлено, что по абсолютным значениям плотности древесины исследуемые сосняки в Сокольском муниципальном округе превосходят среднерегиональные показатели по Архангельской области.

Список литературы

1. Богданов А.П., Цветков И.В., Карабан А.А. [и др.] Исследования радиального прироста хвойных древостоев на объектах длительного наблюдения под влиянием осушения // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2024. – № 9(49). – DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.5>.
2. Ding X. [et al.]. Genetic analysis and elite tree selection of the main resin components of slash pine. *Front. Plant Sci.* – 2023. – 14: 174. – DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079952>
3. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Лесопользование в осушаемых лесах : монография. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 168 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=fyzcmy>
4. Пахучий, В. В, Пахучая Л.М. Особенности реакции старовозрастной сосны при осушении водораздельной территории в Республике Коми // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2025. – № 6(408). – С. 77-91. – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-6-77-91>.
5. Ермохин М.В, Барсукова Т.Л., Углянец С.А. и др. Динамика и состояние болотных и заболоченных сосновых лесов Беловежской пуши // *Ботаника. Исследования*. – 2021. – № 50. – С. 171-194. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50236035>.
6. Gurau V. [et al.]. Robot operations for pine tree resin collection. *Technologies*. – 2021. – 9 (4): 79. – DOI: <http://doi.org/10.3390/technologies9040079>
7. Pikkarainen L., Strandman H., Vento E. [et al.]. Effects of forest conservation and management on timber, ecosystem carbon, dead wood and habitat suitability area in a boreal forest under climate change. *Silva Fennica*. – 2024. – 58(2): 23045. – DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.23045>
8. Пахучий В.В., Пахучая Л.М. Оптимизация размещения осушительных каналов в связи с географическим положением объектов гидромелиорации в Республике Коми // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2025. – № 2(54). – DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.11>.
9. Бабилов Б. В., Субота М.Б. Гидромелиорация в лесном хозяйстве: история научных исследований // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2022. – № 3(387). – С. 103-118. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-103-118>.
10. Дружинин Н.А. [и др.]. Особенности и лесоводственная эффективность проходных рубок в осушаемых лесах // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2023. – № 242. – С. 28–42. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50504394>
11. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Возобновление леса и возрастное строение древостоев на торфяных почвах. – Вологда: Полиграф-Периодика, 2021. – 118 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ebokop>
12. Загородский М. А., Третьяков С.В., Коптев С.В. Плотность древесины сосны обыкновенной в осушаемом сосняке сфагновом // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2023. – № 2(392). – С. 160-171. – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-160-171>.
13. Третьяков С.В., Коптев С.В., Давыдов А.В. и др. Качество древесины осушаемых северотаежных сосняков Архангельской области, определенное экспресс-методом // *Сибирский лесной журнал*. – 2023. – № 4. – С. 64-74. – DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230407>.
14. Штрахов С. Н., Данилов Д.А., Зайцев Д.А. Особенности смолывыделения в древостоях сосны (*Pinus sylvestris* L.) разного состава и товарной структуры в черничном типе леса // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2025. – № 252. – С. 170-187. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2025.252.170-187>.
15. Aloui F. [et al.]. Assessment of biological activities of resin extracted from Tunisian pine forests. *Pak. J. Bot.* – 2022. – 54 (2): 97–102. – DOI: [http://doi.org/10.30848/PJB2022-2\(45\)](http://doi.org/10.30848/PJB2022-2(45))
16. Штрахов С. Н., Данилов Д.А., Зайцев Д.А. Динамика прироста и плотность древесины сосны после подсадки в брусничном типе леса в Ленинградской области // *Лесохозяйственная информация*. – 2024. – № 3. – С. 47-56. – DOI: <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.03>.
17. Штрахов С.Н., Данилов Д.А., Зайцев Д.А. Оценка смолопродуктивности спелых чистых сосновых древостоев в Ленинградской области // *Труды СПбНИИЛХ*. – 2024. – Вып. 3 (15). – С. 58–66. – DOI: <http://doi.org/10.21178/2079-6080.2024.3.78>.
18. Garcia-Forner N. [et al.]. Growth-defence tradeoffs in tapped pines on anatomical and resin production. *For. Ecol. Manag.* – 2021. – 496: 119406. – DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119406>
19. Zaluma A. [et al.]. Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Trees*. – 2022. – 36 (5): 1507–1514. – DOI: <http://doi.org/10.1007/s00468-022-02307-y>
20. Инишева Л. И., Шайдак Л.В., Бабилов Б.В. Гидрологический и газовый режим болот в условиях лесомелиорации // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2020. – № 6. – С. 39-44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44417888>

References

1. Bogdanov A. P., Tsvetkov I. V., Karaban A. A. [et al.]. *Issledovaniya radial'nogo prirosta khvoynykh drevostoev na ob'ektakh dlitel'nogo nablyudeniya pod vliyaniem osusheniya* [Studies of radial increment of coniferous stands at long-term observation sites under the influence of drainage]. Journal of Agriculture and Environment. 2024;(9(49)). (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.5>.
2. Ding X., Li Y., Zhang Y. [et al.]. *Genetic analysis and elite tree selection of the main resin components of slash pine*. Front. Plant Sci. 2023; 14: 1079952. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079952>.
3. Druzhinin N. A., Druzhinin F. N. *Lesopol'zovanie v osushaemykh lesakh: monografiya* [Forest use in drained forests: monograph]. Vologda: Infra-Inzheneriya, 2024. 168 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=fyzcmy>.
4. Pakhuchiy V. V., Pakhuchaya L. M. *Osobennosti reakcii starovozrastnoj sosny pri osushenii vodorazdel'noj territorii v Respublike Komi* [Peculiarities of the response of old-growth pine during drainage of a watershed area in the Komi Republic] Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal = News of Higher Education Institutions. Forestry Journal. 2025; № 6(408): 77-91. (In Russ.) – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-6-77-91>.
5. Ermohin M.V., Barsukova T.L., Uglyanec S.A. [et al.]. *Dinamika i sostoyanie bolotnyh i zabolochennykh sosnovykh lesov Belovezhskoj pushchi* [Dynamics and condition of swamp and marshy pine forests of Belovezhskaya Pushcha]. Botanika. Issledovaniya = Botany. Research. 2021; (50); – 171-194. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50236035>.
6. Gurau V. [et al.]. *Robot operations for pine tree resin collection*. Technologies. 2021;9(4):79. DOI: <http://doi.org/10.3390/technologies9040079>.
7. Pikkarainen L., Strandman H., Vento E. [et al.]. Effects of forest conservation and management on timber, ecosystem carbon, dead wood and habitat suitability area in a boreal forest under climate change. Silva Fennica. – 2024; 58(2): 23045. – DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.23045>
8. Pakhuchiy V. V., Pakhuchaya L. M. *Optimizatsiya razmeshcheniya osushitel'nykh kanalov v svyazi s geograficheskim polozheniem ob'ektov gidromelioratsii v Respublike Komi* [Optimization of drainage canal placement in relation to the geographical location of drainage facilities in the Komi Republic]. Journal of Agriculture and Environment. 2025;(2(54)). (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.11>.
9. Babikov B. V., Subota M.B. *Gidromelioratsiya v lesnom hozyajstve: istoriya nauchnykh issledovanij* [Hydromelioration in forestry: history of scientific research]. // Lesnoj zhurnal = News of Higher Education Institutions. Forestry Journal. 2022; 3(387): 103-118. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-103-118>.
10. Druzhinin N. A. [et al.]. *Osobennosti i lesovodstvennaya effektivnost' prokhodnykh rubok v osushaemykh lesakh* [Features and silvicultural efficiency of thinning cuttings in drained forests]. Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii = Proceedings of the Saint Petersburg State Forest Technical University. 2023;(242): 28-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50504394>.
11. Druzhinin N. A., Druzhinin F. N. *Vozrozhdenie lesa i vozrastnoe stroenie drevostoev na torfyanikh pochvakh* [Forest regeneration and age structure of stands on peat soils]. Vologda: Poligraf-Periódika, 2021. 118 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ebokop>.
12. Zagorodskij M. A., Tret'yakov S.V., Koptev S.V. *Plotnost' drevesiny sosny obyknovЕННОj v osushaemom sosnyake sfagnovom* [Wood density of Scots pine in a drained sphagnum pine forest] Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal = News of Higher Education Institutions. Forestry Journal. 2023; 2(392): 160-171. – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-160-171>.
13. Tret'yakov S.V., Koptev S.V., Davydov A.V. [et al.]. *Kachestvo drevesiny osushaemykh severotaezhnykh sosnyakov Arhangel'skoj oblasti, opredelennoe ekspress-metodom* [The quality of wood from drained northern taiga pine forests in the Arkhangelsk region, determined by an express method]. Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Forestry Journal. 2023; № 4; 64-74. – DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230407>.
14. SHtrahov S. N., Danilov D.A., Zajcev D.A. *Osobennosti smolovydeleniya v drevostoyah sosny (Pinus sylvestris L.) raznogo sostava i tovarnoj struktury v chernichnom tipe lesa* [Features of resin secretion in pine (Pinus sylvestris L.) stands of different composition and commodity structure in the blueberry forest type] // Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii = Proceedings of the Saint Petersburg State Forest Technical University. 2025; (252): 170-187. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2025.252.170-187>.
15. Aloui F., Baraket M., Ben Salem E. [et al.]. *Assessment of biological activities of resin extracted from Tunisian pine forests*. Pak. J. Bot. 2022;54(2):97-102. DOI: [http://doi.org/10.30848/PJB2022-2\(45\)](http://doi.org/10.30848/PJB2022-2(45)).
16. SHtrahov S. N., Danilov D.A., Zajcev D.A. *Dinamika prirosta i plotnost' drevesiny sosny posle podsochki v brusnichnom tipe lesa v Lenin-gradskoj oblasti* [Dynamics of growth and density of pine wood after tapping in lingonberry forest in the Leningrad region]. Forestry information. 2024; (3): 47-56. DOI: <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.03>.

17. Shtrakhov S. N., Danilov D. A., Zaytsev D. A. *Otsenka smoloproduktivnosti spelykh chistyykh sosnovykh drevostoev v Leningradskoy oblasti* [Assessment of resin productivity of mature pure Scots pine stands in the Leningrad region]. Trudy SPbNIILKh = Proceedings of SPbNIILH. 2024;3(15):58-66. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.21178/2079-6080.2024.3.78>.
18. Garcia-Forner N. [et al.]. *Growth-defence tradeoffs in tapped pines on anatomical and resin production*. For. Ecol. Manag. 2021;496:119406. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119406>.
19. Zaluma A. [et al.]. *Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of Scots pine (Pinus sylvestris L.)*. Trees. 2022;36(5):1507-1514. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00468-022-02307-y>.
20. Inisheva L. I., SHajdak L.V., Babikov B.V. *Gidrologicheskij i gazovyj rezhim bolot v usloviyah lesomelioracii* [Hydrological and gas regime of swamps under forest reclamation conditions]. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo = Land reclamation and water management. 2020; (6): 39-44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44417888>

Сведения об авторах

✉ **Попов Олег Сергеевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина», ул. Шмидта, 2, с. Молочное, гор. округ г. Вологда, 160555, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2464-1729>, e-mail: popovoleg81@gmail.com.

Новосёлов Анатолий Сергеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Географии и рационального природопользования ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», ул. Ленина, 15, г. Вологда, 160000, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6907-0424>, e-mail: AnSer-Rock-Bard@mail.ru.

Дружинин Фёдор Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», ул. Шмидта д. 2, с. Молочное, г. Вологда, 160555, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4645-4270>, e-mail: druzhinin@mail.ru.

Information about the authors

✉ **Oleg S. Popov** – Cand. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, 2 Schmidt St., Molochnoye, Vologda Urban Okrug, 160555, Russian Federation, 160555, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2464-1729>, e-mail: popovoleg81@gmail.com.

Anatoly S. Novoselov – Cand. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of Geography and Rational Nature Management, Vologda State University, 15 Lenin Street, Vologda, 160000, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6907-0424>, e-mail: AnSer-Rock-Bard@mail.ru.

Fedor N. Druzhinin – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Forestry Department of the Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Schmidt str., 2, Molochnoye village, Vologda, 160555, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4645-4270>, e-mail: druzhinin@mail.ru.

✉ Для контактов / Corresponding author