

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/6>

УДК: 630.181.633:582.475.2:547.913



**Влияние гидротехнической мелиорации и особенностей развития
ассимиляционных аппаратов деревьев сосны обыкновенной
(*Pinus sylvestris* L.) на выделение ими терпентина**

Анатолий С. Новосёлов¹ ✉, AnSer-Rock-Bard@mail.ru, 0000-0002-6907-0424

Олег С. Попов², popovoleg81@gmail.com, 0000-0003-2464-1729

¹ ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», ул. Ленина, 15, г. Вологда, 160000, Российская Федерация

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

Аннотация

В сосновых древостоях на болотно-торфяных почвах изучено влияние некоторых фенотипических показателей деревьев (типа доминирования ветвистости и величины раскидистости ассимиляционных аппаратов) на выделение терпентина при их опытной подсочке. Впервые публикуется усовершенствованная авторская методика учёта ассимиляционных аппаратов и румбовая классификация крон деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L., 1753), которая рекомендуется к применению в рамках ускоренного отбора деревьев с повышенной терпено-продуктивностью в прижизненное пользование подсочкой. Полученные данные подтверждают возможность использования осушенных лесных земель и лесоводственных уходов в целях проведения прижизненного использования сосновых лесов. Многолетнее исследование проведено в Вологодской области (Сокольский муниципальный округ), на территории гидролесомелиоративного фонда (на осушенной его части). Лесные опытные объекты были представлены двумя типами: только осушаемые, а также осушаемые и пройденные лесоводственным уходом сосновые древостои. В фитоценозах проведены лесоводственно-таксационные исследования с определением и вычислением стандартных показателей. Установлено положительное влияние на выделение соснового терпентина лесоводственного ухода «проходные рубки ухода», по сравнению с мелиорируемым древостоем без ухода – на 5 %. Изучение степени ветвистости крон деревьев по сторонам света позволило сделать вывод о том, что наиболее интенсивное выделение терпентина при подсочке характерно сосновым деревьям с более развитыми кронами на ЮЗ, ЮВ и СЗ румбах. Выявлено, что наибольшими способностями по образованию и выделению сосновой пасоки в осушаемых условиях обладают узко-кронные деревья (выделение пасоки (средний потёк деревьев с узкими кронами 66 см) в среднем больше на 24 %) несмотря на то, что в пологе преобладают широко-кронные сосны (средний потёк терпентина – 53 см). Поиск связи между выделением терпентина при подсочке и таксационными диаметрами импактных деревьев позволил прийти к выводу, что в большинстве случаев уровень связи зафиксирован отрицательным.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, классификация крон, торфяная почва, гидротехническая мелиорация, сосновый терпентин (живица), ассимиляционный аппарат

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: Новосёлов, А. С. Влияние гидротехнической мелиорации и особенностей развития ассимиляционных аппаратов деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на выделение ими терпентина / А. С. Новосёлов, О. С. Попов // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 2 (58). – С. 88-106. – Библиогр.: с. 102-105 (21 назв.). – DOI: DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/6>.

Поступила 07.02.2025. **Пересмотрена** 08.04.2025. **Принята** 26.05.2025. **Опубликована онлайн** 26.06.2025.

Article

The impact of hydroengineering reclamation and the development characteristics of the assimilation apparatus of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on its turpentine emission

Anatoly S. Novoselov¹ ✉, AnSer-Rock-Bard@mail.ru,  0000-0002-6907-0424

Oleg S. Popov², popovoleg81@gmail.com,  0000-0003-2464-1729

¹*FSBEI HE Vologda State University, 160000, 15 Lenina Street, Vologda, Russian Federation*

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

Abstract

The study examined the effect of certain phenotypic tree characteristics (such as branching dominance type and the spread of assimilatory apparatus) on turpentine yield during experimental resin tapping in pine stands growing on drained peat soils. For the first time, an improved author-developed method for assessing assimilatory apparatus and a compass-based classification of Scots pine (*Pinus sylvestris* L., 1753) crown shapes are presented, recommended for use in accelerated selection of trees with increased terpene productivity for lifetime resin extraction. The obtained data confirm the feasibility of utilizing drained forest lands and silvicultural treatments for the sustainable lifetime use of pine forests. The long-term study was conducted in the Vologda region (Sokolsky municipal district), within a hydro-forest reclamation area (drained section). The experimental forest sites included two types: drained-only stands and drained stands subjected to silvicultural thinning. Phytocenotic and forest inventory studies were carried out, with standard indicators determined and calculated. A positive effect of thinning (intermediate cuttings) on pine turpentine yield was observed, showing a 5% increase compared to drained stands without management. An analysis of crown branching density by cardinal directions revealed that the most intensive turpentine production during tapping was characteristic of pine trees with more developed crowns on SW, SE, and NW compass points. It was found that narrow-crowned trees exhibited the highest sap production capacity under drained conditions (average resin flow in narrow-crowned trees: 66 cm, 24% higher than average), despite the predominance of broad-crowned pines in the canopy (average resin flow: 53 cm). An investigation into the relationship between resin yield and inventory diameters of sampled trees indicated a predominantly negative correlation.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., Scots pine, crown classification, peat soil, hydroengineering reclamation, pine turpentine (oleoresin), assimilation apparatus

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: Novoselov A.S., Popov O.S. (2025). The impact of hydroengineering reclamation and the development characteristics of the assimilation apparatus of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on its turpentine emission. Forestry Engineering journal, Vol. 15, No. 2 (58), pp. 88-106 (in Russian). DOI: DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/6>.

Received 07.02.2025. *Revised* 08.04.2025. *Accepted* 26.05.2025. *Published online* 26.06.2025.

Введение

Сосновый терпентин (от лат. *terebinthina*) – это натуральное ценное лесохимическое сырьё (или живица), выделяющееся при нанесении поранений на стволы деревьев и представляющее собой сложное соединение, состоящее из смоляных кислот (62 – 65 %) и жидких терпеновых углеводородов (35 – 38 %). Образующаяся пасока убивает инфекции и дендро-фильных насекомых (фитонцидное действие), заживляя механические повреждения на деревьях (как отмечают П. А. Красочко и др. (2021) [1], Штрахов С. Н. и др. (2024) [2], F. Aloui и др. (2022) [3], X. Ding и др. (2023) [4], N. Garcia-Fornier и др. (2021) [5], M. L. Gaylord и др. (2007) [6]). По данным исследований Н. А. Дружинина и Ф. Н. Дружинина (2024) [7], А. С. Новосёлова и В. П. Уханова (2020) [8], О.С. Попова (2024) [9], M. L. Gaylord и др. (2007) [6], C. Vazquez-Gonzalez и др. (2020) [10], A. Zaluma и др. (2022) [11] важно отметить, что способность деревьев сосны выделять при поранениях терпентин – это также прямой указатель на их жизнестойкость.

Согласно положениям лесного кодекса добыча терпентина из сосновых насаждений расположена на втором месте в иерархическом списке, сразу же за заготовкой спелой и перестойной древесины. Получаемый лесохимический продукт продолжает оставаться важным звеном в комплексной лесной продукции, даже несмотря на то, что объём заготавливаемого терпентинового сырья в России снизился до критически низких отметок (по мнению С. Vazquez-Gonzalez и др. (2020) [10], A. Zaluma и др. (2022) [11]). В наибольшей степени рационализировать использование необходимо на лесистых территориях анаэробных и искусственно-дренируемых условиях. Необходимо добиться улучшения структуры насаждений, углеродного баланса, сохранения биоразнообразия и реализовать принципы эффективного управления этих земель (отмечено В. И.

Желдаком (2020) [12], В. В. Пахучим и Л. М. Пахучей (2021) [13], Т.И. Пономаревой (2022) [14]. Отыскание путей расширения лесосырьевой базы для осуществления подсосных мероприятий – это основа планирования в многоцелевом использовании лесов, в особенности, при прижизненной их эксплуатации. Поэтому осушительная мелиорация и лесные объекты, входящие в гидро-лесомелиоративный фонд, – это один из надёжных путей расширения лесных площадей, потенциально пригодных для заготовки соснового терпентина. Также исследованиями установлено положительное влияние во многих аспектах осушения болотных земель на состояние сосновых фитоценозов предварительной и последующей генераций.

Проектирование лесоводственных мероприятий при подготовке «лесов будущего» на гидроресомелиоративных системах, в особенности в аспекте их влияния на терпено-продуктивность сосняков, трудно переоценить. В этом контексте следует выделить необходимость лесоводственных уходов на осушенных лесных землях ввиду того, что они приводят к увеличению энергии роста, по мнению Н. А. Дружинина и др. (2023) [15], то есть к усилению объёмного прироста.

Открытыми остаются научные вопросы, связанные с влиянием на терпено-продуктивность ряда признаков у сосновых деревьев (*Pinus sylvestris* L., 1753), таких, как таксационный диаметр штамба, форма и степень ветвистости кроны, высота поднятия грубой корки в условиях болотно-торфяных почв после проведения осушительной мелиорации. Исследования в этом отношении достаточно малочисленны. Стоит также отметить возникшие за последние годы технические усовершенствования, применяемые при получении терпентина, в том числе со спиленных деревьев (как отмечали V. Gurau и др. (2021) [16]). Таким образом, резюмируя отмеченные выше аспекты, была изложена *цель*

проведённого исследования – в Сокольском муниципальном округе Вологодской области на основе улучшенной методики по изучению разнообразия крон сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L., 1753) по их ветвистости в различные стороны горизонта провести установление тенденции образования и выделения терпентина при нанесении микро-ранений в рамках опытной многолетней подсочки в древостоях на искусственно-дренируемых болотно-торфяных почвах. В ходе достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

➤ усовершенствовать и в достаточной степени апробировать авторскую Румбовую классификация крон деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L., 1753) для решения круга научных вопросов, связанных с образованием и выделением терпентина при опытной подсочке;

➤ получить достоверные данные о влиянии особенностей развитости ассимиляционных аппаратов (экспозиция) у сосновых деревьев на терпено-выделение при нанесении поранений;

➤ на искусственно-дренируемых, а также на искусственно-дренируемых и пройденных лесоводственным уходом лесных землях выявить особенности терпено-выделения при опытной подсочке закрытого типа в течение пятилетнего срока проведения эксперимента;

➤ изучить особенности выделения терпентина у сосны обыкновенной в течение летнего диапазона вегетации;

➤ установить взаимосвязь между таксационными диаметрами импактных деревьев и величинами потёков терпентина.

Материалы и методы

Методика исследования. Основные лесоводственные площадки (постоянные пробные площади (ППП)) своими длинными сторонами отграничивались параллельно регулирующим каналам мелиоративной сети (по данным Н. А. Дружинина, Ф. Н. Дружинина (2021) [17], А. С. Новосёлова и В. П. Уханова (2020) [8], С. Г. Шурыгина и др. (2023) [18]) в центре межканальной полосы (МК) и вблизи осушительных каналов (ПК). Для древостоев, с помощью лесотаксационных работ, устанавливались базовые показатели (табл. 1), исходя из исчисления

сумм площадей поперечных сечений штамбов деревьев на высоте 1,3 м. Учитывались хвойный под-рост, подлесочные породы и живой напочвенный покров согласно общепринятым методикам в лесоводстве (согласно данным исследований Н. А. Дружинина и Ф. Н. Дружинина (2024) [7, 19], Л. М. Пахучей и В. В. Пахучего (2023) [20]). Степень репрезентативности видов растений в травяно-кустарничковом и мохово-лишайниковом ярусах оценивалась по шкале обилия Друде. Исследование проводилось на площадках 2 • 2 или 1 • 1 м в границах пробных площадей (учёт вёлся в середине июля).

Получение соснового терпентина проводилось путём экспериментальной подсочки при высверливании равновеликих отверстий (\varnothing 5 мм, глубина 15 мм) на стволах деревьев с последующей установкой в них прозрачных трубок ПВХ (поливинилхлорид) – спиральное опутывание с углом поднятия в 45° соблюдалось, чтобы избежать образования воздушных пузырей, длиной от 100 до 150 м (закрытый метод подсочки). Верхние концы трубок фиксировались в грубой корке с помощью игл. Предварительно штамбы деревьев готовились в виде удаления на высоте 1,3 м грубой корки двуручным стругом. После прохождения одних суток в трубках ПВХ замерялись длины потёков терпентина с точностью измерения до 1 мм. Установление специфики терпено-выделения проводилось при подборе в эксперимент не менее 40 деревьев на каждой ППП.

Индивидуальный учёт форм крон сосновых деревьев (узко- и широко-кронные (по данным О.Н. Тюкавиной (2021) [21]) и степень развитости (или ветвистости) ассимиляционных аппаратов проводились при помощи специально разработанной методики (автор А.С. Новосёлов) и румбовой кодификации крон (*Pinus sylvestris* L., 1753), показанной на рис. 1 – 3. Применение классификации сводится к тому, что необходимо максимально близко подойти к стволу дерева. При этом правую руку туловища нужно расположить в направлении восточной стороны горизонта (с помощью компаса или гаджета с опцией установления экспозиции), при этом взгляд должен быть направлен на север (рис. 1). Удобнее зарисовывать контуры проекции кроны на бумаге,

не прибегая к условностям в обозначениях. В дальнейшем, в камеральных условиях, кроне каждого дерева присваивается индивидуальный шифр на основании основной классификации. Вначале прописывается румб, для которого была отмечена наибольшая ветвистость кроны (чёрный колер на схеме). В дальнейшем указываются румбы по мере убывания раскидистости кроны дерева, для других четвертей румбовой крестовины.

Разбор индивидуального кода: СВ > СЗ > ЮЗ.

Наибольшая раскидистость кроны дерева отмечена в направлении СВ, несколько меньшая на – СЗ и самая малая доля ветвистости – на ЮЗ направлении (Индивидуальный код – СВ-5). В вариантах, когда ассимиляционный аппарат дерева имеет вытянутую проекцию, в виде эллипса или прочих специфичных форм, применяется вспомогательная классификация крон на рис. 3. Порядок составления индивидуального шифра идентичен выше отмеченному алгоритму (пример: СВ Энс-5).

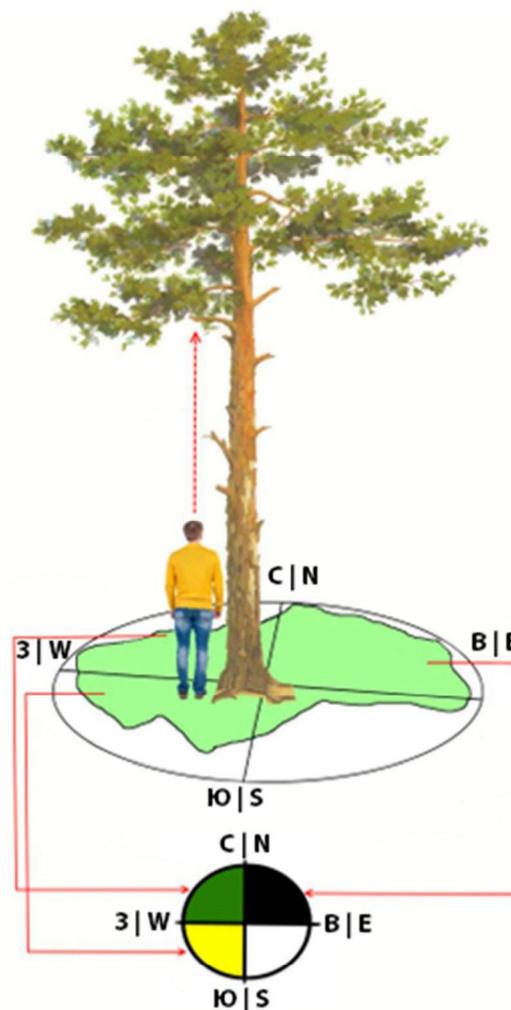


Рисунок 1. Порядок зарисовки кроны дерева при проецировании для установления индивидуального кода

Figure 1. The order of sketching the tree crown when projecting to establish an individual code
Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Естественные науки и лес

CB-1 NE-1		CB>ЮВ>СЗ NE>SE>NW	CB-2 NE-2		CB>СЗ>ЮВ NE>NW>SE
CB-3 NE-3		CB>ЮВ>ЮЗ NE>SE>SW	CB-4 NE-4		CB>ЮЗ>ЮВ NE>SW>SE
CB-5 NE-5		CB>СЗ>ЮЗ NE>NW>SW	CB-6 NE-6		CB>ЮЗ>СЗ NE>SW>NW
ЮВ-1 SE-1		ЮВ>CB>СЗ SE>NE>NW	ЮВ-2 SE-2		ЮВ>СЗ>CB SE>NW>NE
ЮВ-3 SE-3		ЮВ>ЮЗ>CB SE>SW>NE	ЮВ-4 SE-4		ЮВ>CB>ЮЗ SE>NE>SW
ЮВ-5 SE-5		ЮВ>ЮЗ>СЗ SE>SW>NW	ЮВ-6 SE-6		ЮВ>СЗ>ЮЗ SE>NW>SW
ЮЗ-1 SW-1		ЮЗ>СЗ>CB SW>NW>NE	ЮЗ-2 SW-2		ЮЗ>CB>СЗ SW>NE>NW
ЮЗ-3 SW-3		ЮЗ>ЮВ>CB SW>SE>NE	ЮЗ-4 SW-4		ЮЗ>CB>ЮВ SW>NE>NW
ЮЗ-5 SW-5		ЮЗ>СЗ>ЮВ SW>NW>SE	ЮЗ-6 SW-6		ЮЗ>ЮВ>СЗ SW>SE>NW
СЗ-1 NW-1		СЗ>ЮЗ>ЮВ NW>SW>SE	СЗ-2 NW-2		СЗ>ЮВ>ЮЗ NW>SE>SW
СЗ-3 NW-3		СЗ>ЮЗ>CB NW>SW>NE	СЗ-4 NW-4		СЗ>CB>ЮЗ NW>NE>SW
СЗ-5 NW-5		СЗ>CB>ЮВ NW>NE>SE	СЗ-6 NW-6		СЗ>ЮВ>CB NW>SE>NE
Р U		РАВНОМЕРНАЯ (Uniform crown)			

Рисунок 2. Основная классификация крон
Figure 2. The main classification of tree crowns

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

При обработке рядов эмпирических данных полевых исследований применялась статистическая обработка в виде стандартных трёх видов анализа (вариационный, корреляционный и регрессионный анализы). Использовалось программное обеспечение MS Excel (2019) – встроенный пакет анализа. Для выявления уровня доверия к результатам сравнения величин применялся критерий Стьюдента (Госсета).

Крона эллипсообразная, непропорциональная Ellipsoidal, disproportionate crown			
	Эп В Ed E		Эп з Ed W
	Эп С Ed N		Эп ю Ed S
Крона эллипсообразная, пропорциональная Ellipsoidal, proportional crown			
	Эп С-Ю Ep N-S		Эп з-в Ep W-E
Крона эллипсообразная, непропорциональная, сложная Ellipsoidal, disproportionate, complex crown			
	Эп + указывається шифр по основній класифікації, СВ-1. Окончателна формула - Эп СВ-1 (Edc) + the code according to the main classification is indicated NE-1. The final formula - Edc NE-1		
Крона эллипсообразная, румбовая Ellipsoidal, rhomboidal crown			
	Эр + прописується шифр по основній класифікації, СЗ-6. Окончателна формула - Эр СЗ-6 Er + the code is written according to the main classification, NW-6 final formula - Er NW-6		

Рисунок 3. Вспомогательная классификация крон

Figure 3. Auxiliary classification of tree crowns
Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Характеристика объектов исследования.

Древостой на лесных опытных объектах (табл. 1) представлены доминирующей сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L., 1753) с незначительным участием в составе ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H. Karst., 1881) и берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh., 1789). Подрост еловый, малочисленный, пятнисто размещённый по пробным площадям. Работы по прокладке сети открытых самотечных каналов поведены в период с 1972 по 1975 гг.

Интенсивность осушения достигается через базисное расстояние между осушительными каналами (130 м). Торфяная залежь, в основном, мезотрофного типа с относительной мощностью отложений в диапазоне от 0,5 до 1,5 м.

Лесной опытный объект 1 (ППП 8 (приканальная) и 9 (межканальная); местоположение N59°27.71', E40°15.11'; высота над уровнем моря

– 124 м; кв. 114 – рис. 4) представлен осушаемым сосняком бруснично-зеленомошного типа (*Pinetum vacciniosum-hylocomiosum drenantatum*). Среди живого напочвенного покрова преобладают: брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L., 1753; *Cop1*) и зелёные мхи, что представлены плевроциумом шребери (*Pleurozium schreberi* Willd. ex Brid., 1869; *Cop2*), дикранумом многожковым (*Dicranum polisetum* Sw., 1801; *Cop1*) и мниумом точечным (*Mnium punctatum* Hedw., T. J. Kop., 1898; *Cop3*). Подлесочные породы проявлены рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L., 1753; *Sp*) и крушиной ломкой (*Frangula alnus* Mill., 1768; *Sol*).

Опытный лесной объект 2 (ППП 2 (межканальная) и 3 (приканальная); местоположение N59°27.82', E40°15.31', высота над уровнем моря – 129 м; кв. 114 – рис. 4) представляет собой чернично-зеленомошный осушаемый сосновый древостой (*Pinetum myrtillosum-hylocomiosum drenantatum*) после проведения лесоводственного ухода. Кроме выше отмеченных видов растений на лесном объекте после антропогенного воздействия проявлены черника миртолистная (*Vaccinium myrtillus* L., 1753; *Cop1*), папоротник или телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott, 1834; *Sp-Gr*), сабельник болотный (*Comarum palustre* L., 1753; *Sol*), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., 1772; *Sp*), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L., 1753; *Cop1-Gr*) и щитовник гребенчатый (*Dryopteris cristata* (L.) A. Gray, 1848; *Sp*). В подлеске, кроме рябины (*Cop1*) и крушины (*Sp*), произрастают малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L., 1753; *Sol*) и грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L., 1753; *Sp*).

На втором объекте в середине 80-х годов прошлого века силами Кадниковского лесхоза проведено лесоводственное мероприятие – проходная рубка ухода. Технологический процесс включал хлыстовую заготовку мелкосортной древесины с её трелёвкой по технологическим коридорам на погрузочный пункт (рис. 4). Уход проводила малая комплексная бригада при удалении деревьев бензопилами и трелёвкой хлыстов гусеничным трактором. Контроль качества выполнения работ и дальнейший мониторинг провели сотрудники Вологодской региональной лаборатории АИЛиЛХ (СевНИИЛХ) под

руководством Н.А. Дружинина (описанных в работах Н. А. Дружинина и Ф. Н. Дружинина (2024) [7], Н. А. Дружинина и др. (2023) [15]).

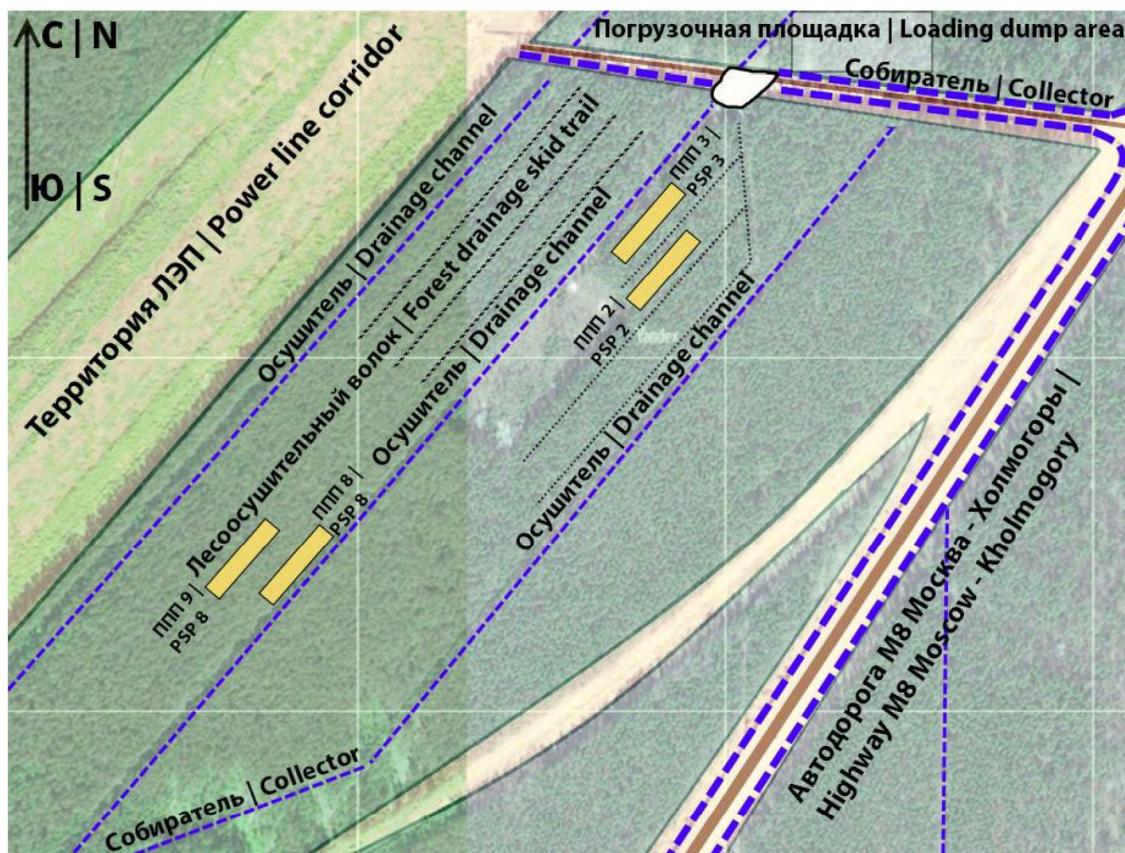


Рисунок 4. Схема расположения пробных площадей
Figure 4. Scheme of permanent sample plot arrangement

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Результаты исследования и их обсуждение

Под терпено-продуктивностью понималось количество выделившейся сосновой пасоки при одинаковых условиях эксперимента (однотипные способ подрямнивания ствола для эксперимента, параметры микро-ранений и трубок ПВХ, а также время выделения терпентина в одни сутки – от нанесения микро-ранения до факта замера потёка).

Исходя из полученной лесоводственно-таксационной характеристики нужно отметить преобладание среднего запаса сыро-растущей древесины на объекте после лесоводственного ухода (превышение на 35 м³ или 9%), кроме того, величина сухостойной древесины также ниже на в указанному древостое –

приблизительно в два раза. Ввиду того, что изучаемые древостои одного класса возраста, всё это указывает на явный положительный эффект от проведения ухода.

Принимая во внимание северо-восточное направление осушительных каналов, за пятилетний период времени изучения выделения терпентина при опытной подсочке установлена следующая ситуация (табл. 2).

Образование терпентина в сосняке на центральной части осушаемой полосы после лесоводственного ухода в июле превосходит результаты по июню на 25, а вблизи каналов – на 15%. Иная ситуация установлена в части соснового насаждения без ухода в центральной полосе между каналами – в два

первых летних месяца выделение терпентина оказалось приблизительно одинаковым. Средняя величина потёков за июнь и июль в сравнении с августом составила 26 %. Таким образом терпено-продуктивность (в среднем 48 см за сутки) осушаемого древостоя примерно на 5 % ниже, чем в осушаемом сосняке, изменённом лесоводственным уходом (среднее выделение 52,2 см), что также свидетельствует о положительном влиянии проходных рубок ухода на жизнестойкость сосновых деревьев. Прочерки в некоторых ячейках табл. 2 связаны с нехваткой фактических данных для проведения статистического анализа.

Усреднённые выходы терпентина в трубах ПВХ были соотнесены с разными классами крон, согласно румбовой классификации (рис. 2). По результатам исследования удалось выявить, что в июне на

объекте после лесоводственного ухода (ППП 2) деревья с наибольшим охвоением и раскидистостью на юго-западе имеют повышенную терпено-продуктивность, по сравнению с большей раскидистостью кроны на ЮВ (показатель надёжности $P = 0,5$, при $t_{фак.} (0,96) \geq t_{ст} (0,68)$). В приканальной части осушаемой лесополосы того же объекта (ППП 3) установлены повышенные выходы терпентина в июле у деревьев с более развитыми кронами на юго-востоке в сравнении с северо-западным доминированием ветвистости ($t_{фак.} (2,60) \geq t_{ст} (2,07)$ – доказано на уровне $P = 0,1$). В целом для рассматриваемого искусственно-дренируемого древостоя (уровень достоверности 0,5, при $t_{фак.} (1,35) \geq t_{ст} (0,68)$) получилось зафиксировать более высокие показатели терпено-продуктивности у сосен с кронами, более развитыми на юго-восточном румбе, относительно северо-восточного.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационные показатели опытных объектов

Table 1

Silvicultural and forest inventory indicators of experimental sites

Номер ППП, индекс типа леса, местоположение *, мероприятие ** PSP number, forest type index, location, silvicultural treatment	Состав древостоя Stand composition	Класс бонитета Grade of locality	Средний возраст, лет Average age, age	Древесная порода Wood species	Средняя высота, м Average height, m	Средний диаметр, см Average diameter, sm	Густота, экз./га Density, ind./ha	Полнота Completeness		Запас древесины, м³/га Stand of timber, m³/ha
								абсолютная, м²/га absolute, m²/ha	относительная relative	
2, С. чер.-з-м. ос., МК, ПРХ Р/У Bb-GM Pine Forest, drained, NCP, TO	10С, ед. Б 10P, single B	III	116	С Р	23,7	22,5	760	38,8	1,2	421
				С _{сух.} P _{dry}	-	-	208	-	-	16
				Б В	-	-	159	-	-	-
3, С. чер.-з-м. ос., ПК, ПРХ Р/У Bb-GM Pine Forest, drained, ICP, TO	10С+E, ед. Б 10P+S, single B	III	120	С Р	23,7	23,8	645	34,2	0,9	354
				С _{сух.} P _{dry}	-	-	81	-	-	16
				Е S	-	-	136	-	-	-
				Б В			281			
8, С. бр.-з-м. ос., МК Co-GM Pine Forest, drained, NCP	10С, ед. Е 10P, single S	I V	118	С Р	21,0	19,7	166	40,3	1,1	377
				С _{сух.} P _{dry}	-	-	208	-	-	27
				Б В	-	-	194	-	-	-

Естественные науки и лес

9, С. бр.-з-м. ос., ПК Co-GM Pine Forest, drained, ICP	10С, ед.	III	106	С Р	21,0	18,5	960	33,7	0,9	328
	Б 10Р, single B	-	-	С _{сух.} Р _{dry}	-	-	274	-	-	42
					Б В			354		

Примечание: положение деревьев на осушаемой полосе – приканальное (ПК) и в центре межканального пространства (МК), лесоводственное мероприятие – проходные рубки ухода (ПРХ Р/У)

Note: PSP – Permanent Sample Plot, tree position in the drained strip – near-channel (NCP) and center of the interchannel position (ICP); Silvicultural Treatment – Thinning Operations (TO)

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

По полученным данным в осушаемом сосновом древостое без уходов, в приканальной части дренируемой полосы, в июне зафиксировано наибольшее выделение терпентина у деревьев, имеющих равномерную ветвистость в кронах, в соотношении с деревьями с наибольшим охвоением на юго-востоке (надёжность $P = 0,5$; $t_{фак.} (0,73) \geq t_{ст} (0,68)$). На идентичном уровне надёжности в июле удалось установить повышенную терпено-продук-

тивность (при той же дислокации деревьев) у равномерно-охвоённых сосен относительно эллиптических (неравномерно-раскидистых) крон – $t_{фак.} (0,73) \geq t_{ст} (0,71)$. Деревья, с кронами, более развитыми на северо-восточном направлении, на 50 %-ном уровне надёжности в июле и августе продемонстрировали увеличенное терпено-выделение относительно сосен с наибольшей охвоённостью на юго-западе ($t_{фак.} (1,02 \text{ и } 0,79) \geq t_{ст} (0,68)$ для VII и VIII месяцев, соответственно).

Таблица 2

Результаты вариационного анализа данных по выделению терпентина

Table 2

The results of the variance analysis of data on the extraction of turpentine

Номер ППП, месяц PSP number, month	Показатель Indicator	Шифры крон деревьев Tree crown codes					
		Р	СВ NE	СЗ NW	Эн Ed	ЮВ SE	ЮЗ SW
2, июнь 2, June	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	-	0,502 ±0,001 3	0,428 ±0,004 6	0,261 ±0,008 9	0,717 ±0,007 2	0,837 ±0,010 0
	С	-	0,79	0,47	0,76	0,50	0,46
	N, %	-	13	26	7	33	20
2, июль 2, July	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	-	0,709 ±0,016 2	0,704 ±0,006 5	0,473 ±0,010 8	0,857 ±0,008 3	0,902 ±0,009 6
	С	-	0,72	0,41	0,51	0,49	0,41
	N, %	-	13	26	7	33	20
2, август 2, August	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	-	0,5079 ±0,012 6	0,329 ±0,004 7	0,310 ±0,008 0	0,495 ±0,005 9	0,502 ±0,007 9
	С	-	0,79	0,65	0,58	0,59	0,61
	N, %	-	13	26	7	33	20
3, июнь 3, June	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	46,0 ±0,012 5	0,377 ±0,005 9	0,494 ±0,008 4	-	0,537 ±0,005 9	0,465 ±0,005 8
	С	0,72	0,70	0,54	-	0,432	0,64
	N, %	9	25	12	-	19	33

Естественные науки и лес

3, июль 3, July	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,465 ±0,005 8	0,444 ±0,007 1	0,448 ±0,005 2	-	0,646 ±0,012 2	0,719 ±0,009 0
	C	0,64	0,72	0,36	-	0,73	0,63
3, август 3, August	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,257 ±0,006 2	0,338 ±0,006 1	0,386 ±0,006 1	-	0,511 ±0,008 4	0,507 ±0,006 3
	C	0,59	0,81	0,50	-	0,64	0,61
2 – 3, в среднем за три месяца 2 – 3 on average, over three months	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,394 ±0,008 2	0,480 ±0,001 0	0,465 ±0,005 9	0,348 ±0,009 2	0,627 ±0,008 0	0,655 ±0,008 0
	C	0,49	0,65	0,46	0,38	0,54	0,52
8, июнь 8, June	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,940 ±0,014 8	0,547 ±0,008 2	0,482 ±0,007 5	0,674 ±0,017 8	0,799 ±0,012 1	0,265 ±0,004 1
	C	0,35	0,76	0,49	0,59	0,68	0,49
	N, %	6	33	13	6	26	13
8, июль 8 July	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	1,08 ±0,010 2	0,707 ±0,009 6	0,544 ±0,008 0	0,903 ±0,022 2	0,856 ±0,012 4	0,279 ±0,006 3
	C	0,21	0,68	0,47	0,55	0,65	0,72
8, август 8, August	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,970 ±0,014 9	0,604 ±0,010 7	0,369 ±0,005 7	0,326 ±0,012 2	0,844 ±0,012 3	0,246 ±0,003 4
	C	0,34	0,89	0,49	0,83	0,64	0,44
9, июнь 9, June	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,460 ±0,009 9	0,521 ±0,008 8	0,286 ±0,005 7	-	0,225 ±0,007 3	0,473 ±0,009 6
	C	0,48	0,76	0,81	-	1,03	0,91
	N, %	7	28	22	-	14	28
9, июль 9, July	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,437 ±0,032 9	0,508 ±0,006 9	0,350 ±0,007 8	-	0,301 ±0,011 4	0,384 ±0,009 8
	C	1,68	0,62	0,89	-	1,20	1,14
9, август 9, August	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,172 ±0,008 8	0,478 ±0,008 4	0,294 ±0,007 4	-	0,140 ±0,004 9	0,381 ±0,008 7
	C	1,15	0,79	1,01	-	1,10	1,02
8 – 9, в среднем за три месяца 8 – 9 on average, over three months	Lcp., M±m _M (M) L avg, M±m _M (m)	0,677 ±0,015 2	0,561 ±0,008 8	0,388 ±0,007 0	0,634 ±0,001 7	0,528 ±0,010 1	0,338 ±0,007 0
	C	0,66	0,68	0,63	0,48	0,81	0,73

Примечание: жирным выделены максимумы по строкам

Note: The maxima across rows are highlighted in bold

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

На основе проведённого исследования для двух рассматриваемых категорий лесных объектов удалось установить, что после лесоводственного ухода сосны с равномерным распределением ветвей по сторонам света на 40 %, по сравнению с другими типами развитости крон, обладают ослабленной терпено-продуктивностью (это доказано на уровне значимости $0,5$ при $t_{\text{фак.}} (0,71) \geq t_{\text{ст}} (0,69)$). Определено, что сосновые деревья с преобладающей ветвистостью кроны на юго-востоке (на объекте после проходных рубок ухода) приблизительно на 16 % выделяют терпентина ($P = 0,5$; $t_{\text{фак.}} (0,87) \geq t_{\text{ст}} (0,68)$). Также при уровне надёжности 90 % (при $t_{\text{фак.}} (2,96) \geq t_{\text{ст}} (2,65)$) выявлено превышение терпено-выделения на 50 % с преобладанием охвоённости крон с юго-западной стороны для сосняков в аналогичных условиях местопрорастания.

Чаще всего повышенная изменчивость в выделении терпентина наблюдается у деревьев с более ветвистой кроной на северо-восточной стороне, что указывает на значительную индивидуальную изменчивость сосен по этому признаку. Максимальный коэффициент изменчивости зарегистрирован в осушаемом сосняке (ППП 9, МК), что подтверждает положительное воздействие лесоводственного ухода на способность деревьев выделять терпентин.

Анализ терпено-продуктивности деревьев в зависимости от раскидистости крон (рис. 5) показал следующие закономерности. В сосняке после проведения лесоводственного ухода максимальное положительное отличие по выделению терпентина у деревьев с узкими кронами отмечено в июне (23 %). В осушаемом древостое это отличие составило 29 % в июне и 26 % в июле. Следовательно, в эти месяцы у таких типов объектов условия роста лучше сказываются на выделении терпентина у сосен с узкой кроной, относительно деревьев с широкой кроной. Кроме того, установлено, что доля деревьев с широкими кронами (в процентном соотношении) выше в древостое после проходной рубки ухода (73 %), то-

гда как в осушаемом сосняке (ППП 8 и 9) их количество превышает на 50 %. Это объясняется сформировавшимися благоприятными условиями в том числе для развития крон у деревьев из-за удаления конкурирующих с ними деревьев в ходе проведенного ухода.

В течение летнего периода выявлена заметная разница в терпено-выделении между двумя категориями лесных объектов в зависимости от развитости их ассимиляционного аппарата. Дренаруемый сосняк после лесоводственных уходов уступает только осушаемому древостою: деревья с узкими кронами демонстрируют более интенсивное образование терпентина, превышая показатели на 10 и 28 % по сравнению с соответствующими категориями сосняков.

Подтвердились ранние высказывания исследователей (А. С. Новосёлова и В. П. Уханова (2020) [8], О.С. Попова (2024) [9], Штрахова С. Н. и др. (2024) [2], М. L. Gaylord и др. (2007) [6], А. Zaluma и др. (2022) [11]) о том, что немаловажную роль в терпено-продуктивности играют погодные условия (температура почвы и воздуха). Это хорошо отражается на колеблющейся связи выделения сосновой пасоки с таксационными диаметрами штамбов деревьев (табл. 3). Коэффициенты корреляции со значениями ниже 0,35 не учитывались, в связи с чем в ячейках табл. 3 указаны прочерки. Опытные насаждения относятся к шестому классу возраста и возможны замедления в их росте и формирование ядровой древесины. В большей степени отрицательные уровни корреляции отмечены в древостое без лесоводственного ухода. На третий год проведения эксперимента положительную связь удалось зафиксировать только в сосняке без лесоводственного ухода. Предположительно, превалирующая отрицательная связь вызвана ослабленным терпено-выделением в более старом возрасте деревьев, то есть при максимальных диаметрах штамбов. Преобладающая корреляция отмечена в приканальной области мелиорируемого сосняка.

Естественные науки и лес

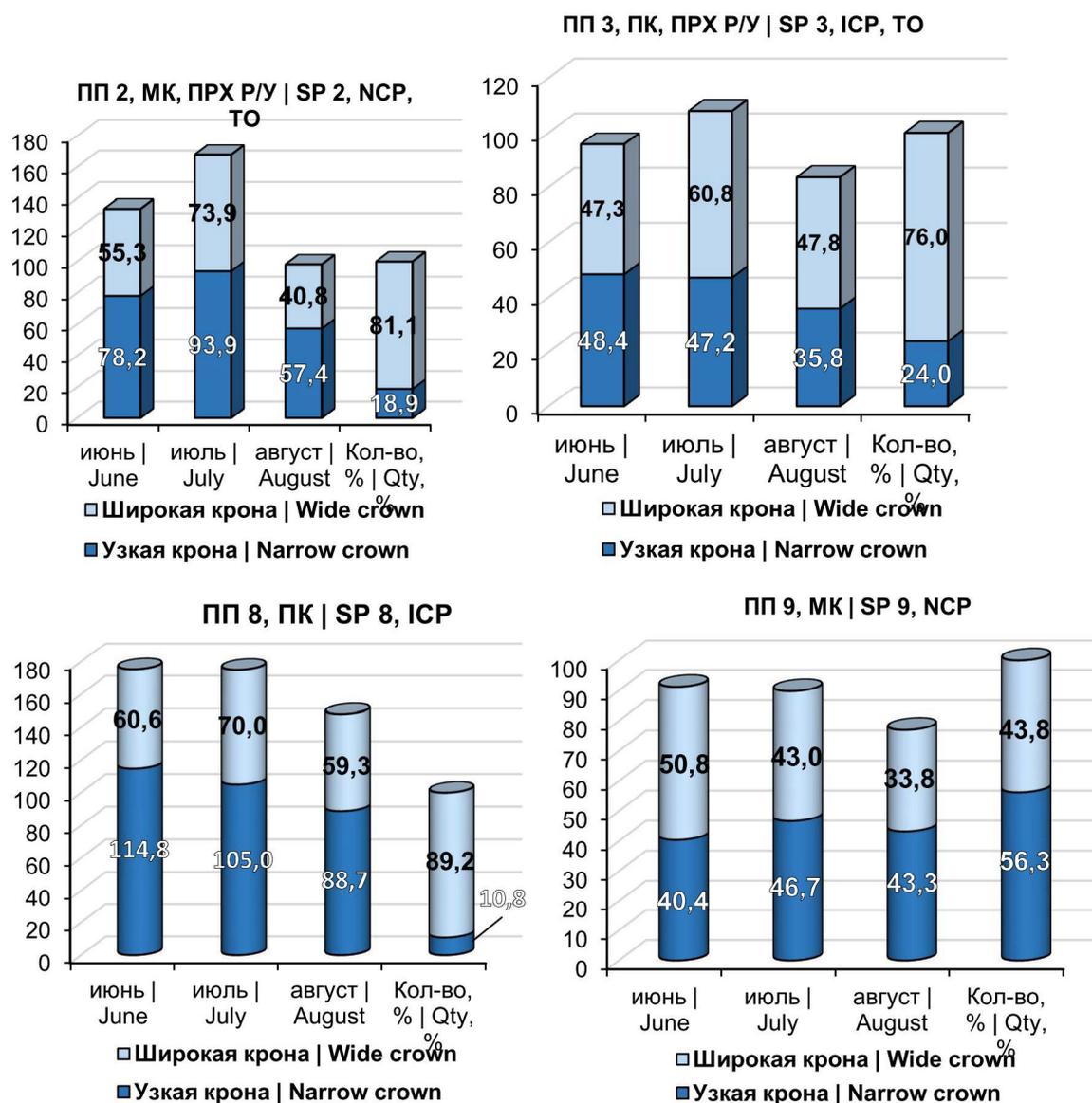


Рисунок 5. Среднее выделение терпентина за летний диапазон периода вегетации (см), согласно типам раскидистости крон деревьев

Figure 5. The average turpentine yield during the summer range of the vegetation period (cm), according to the types of tree crown spreading.

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Уровни связи (r ; t_r) между таксационным диаметром деревьев ($d_{1,3}$) и выделением терпентина в трубках ПВХ

Table 3

Correlation levels (r ; t_r) between the taxation diameter of trees ($d_{1,3}$) and turpentine yield in PVC tubes

Номер ППП, дислокация PSP number, dislocation	Месяцы летнего периода вегетации Months of the summer vegetation period	Годы проведения опытной подсочки Years of experimental resin tapping				
		1	2	3	4	5
2, МК 2, НСР	июнь June	-	-	-	-0,51; -3,63	-
	июль July	-	-	-	-	-
	август August	-	-0,40; -2,59	-	-	0,67; 6,57
3, ПК 3, ИСР	июнь June	-	-	-	-	-
	июль July	-	-	-	-	-
	август August	-	-	-	-	0,39; 2,60
8, ПК 8, ИСР	июнь June	-0,57; -4,67	-	-	-0,45; -3,07	-
	июль July	-0,49; -3,43	-0,43; -2,80	-	-	-
	август August	-0,45; -3,09	-0,49; -3,52	-	-0,61; -5,40	-
9, МК 9, НСР	июнь June	-	-	-	-	-
	июль July	-	-	0,35; 2,14	-	-
	август August	-	-	-	-	-

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Положительная корреляция зафиксирована лишь на пятый год проведения подсочки, причём для межканальной части древостоя после лесоводственного ухода удалось подобрать полиномиальное уравнение регрессии четвёртого порядка ($y = -0,028x^4 + 0,7948x^3 - 6,3686x^2 + 14,456x + 32,77$ при $R^2 = 0,713$).

Выводы

1) Проходная рубка ухода в сосновых насаждениях на болотно-торфяных почвах положительно сказалась в отношении изменения условий местопроизрастания, в частности, при проведенной оценке формирования ассимиляционного аппарата и выделения терпентина в сосновых насаждениях определено формирование более устойчивых древостоев из-за улучшенных условий роста (большее количество света, воды и питательных веществ для оставленного древостоя в виду удаления деревьев с дефектами) и устойчивости (наличие сухостойных деревьев снизилось в два раза, что свидетельствует о более благоприятных условиях роста;

2) За пятилетний период проведения опытной подсочки выявлено положительное влияние проходной рубки ухода на выделение терпентина (превышение на 5 % относительно осушаемых сосняков без влияния других лесоводственных мероприятий));

3) Выделение соснового терпентина на обоих лесных объектах в среднем за пять лет эксперимента превалировало в июле в виду активного роста деревьев в этот месяц из-за благоприятно сказывающейся на соснах теплой погоде и длинного светового дня (отклонение от средней величины за летний период в осушаемом древостое – на 22 %; а в осушаемом после проходной рубки ухода – на 10 %).

4) Связь терпено-продуктивности сосняков с таксационными диаметрами стволов деревьев установлена как неоднозначная (чаще она была зафиксирована обратной в древостое без проведения лесоводственного ухода, в частности, в приканальном положении во все месяцы летнего периода вегетации); положительный и высокий уровень связи

($r = 0,67$) выявлен лишь в августе пятого, заключительного, года подсочки в межканальной части осушаемой полосы на лесном объекте после лесоводственного ухода, что может быть объяснено наиболее благоприятными климатическими условиями в этот период для терпено-выделения сосен;

5) По результатам полевых исследований установлено, что румбовая классификация крон сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L., 1753) может использоваться для предварительной оценки способности деревьев к продуцированию терпентина при их отборе для промышленной подсочки. Практичность использования такой технологии заключается в возможном определении терпено-продуктивности по визуальной оценке крон деревьев без затраты длительного времени на подсочку;

6) Исследование степени развитости крон деревьев по сторонам света на объектах осушительной мелиорации позволило сделать вывод о том, что наиболее интенсивное выделение терпентина характерно сосновым деревьям с более развитыми кронами на ЮЗ, ЮВ и СЗ сторонах горизонта, что может быть связано с лучшим прогревом солнечными лучами и увеличением скорости ветра в трассах регулирующих водный режим каналов;

7) Эмпирически доказано, что наибольшими способностями по выделению сосновой пасоки обладают узко-кронные деревья (выделение терпентина (среднее терпено-выделение с узкими кронами – 66 см) в среднем на 24 % больше, чем у широко-кронных) несмотря на то, что в пологе преобладают широко-кронные сосны (средний потёк составил 53 см).

Список литературы

1. Красочко П.А., Мороз Д.Н., Понаськов М.А., Горелова О.Н., Фелив С.В., Черных О.Ю., Кривonos Р.А. Изучение антибактериальных и биоцидных свойств сосновой живицы // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2021. Т.10 (1). – С. 24-29. – DOI: <http://doi.org/10.48612/aefh-g2k9-3pb7>. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46592513>.
2. 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>. Режим доступа: <https://journal.spb-niilh.ru/pdf/3-2024/spbniilh-proceedings-3-2024-7.pdf>
3. Aloui F., Baraket M., Jedidi S., Hmaidi B., Salem E.B., Jdaidi N., Taghouti I., Nasr Z., Abbas C. 4. Assessment of biological activities of resin extracted from Tunisian pine forests // Pakistan Journal of Botany – 2022. – 54 (2). – P. 97 – 102. DOI: [http://doi.org/10.30848/PJB2022-2\(45\)](http://doi.org/10.30848/PJB2022-2(45))
4. Ding X., Li Y., Zhang Y., Diao S., Luan Q., Jiang J. Genetic analysis and elite tree selection of the main resin components of slash pine // Frontiers in Plant Science – 2023. – 14. – P. 7. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079952>
5. Garcia-Forner N., Campelo F., Carvalho A., Vieira J., Rodríguez-Pereiras A., Ribeiro M., Salgueiro A., Emilia Silva M., Luis Louzada J. Growth-defence tradeoffs in tapped pines on anatomical and resin production // Forest Ecology and Management – 2021. – 496. – P. 119 – 406. – DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119406>
6. Gaylord M.L., Kolb T.E., Wallin K.F., Wagner M.R. 7. Seasonal dynamics of tree growth, physiology, and resin defenses in a northern Arizona ponderosa pine forest // Canadian Journal of Forest Research – 2007. – 37 (7). – P. 1173-1183. – DOI: <http://doi.org/10.1139/X06-309>
7. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Лесопользование в осушаемых лесах: монография. – Вологда, Инфра-Инженерия, 2024. – 168 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=fyzcmu>
8. Новоселов А.С., Уханов В.П. Водно-болотные угодья Сокольского района Вологодской области: монография. – Вологда, ВоГУ, 2020. – 167 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=DEFBGF>

9. Попов О. С. Лесоводственно-экологическая оценка влияния гидротехнической мелиорации на рост насаждений разного генезиса южно-таёжного района Европейского Севера: 4.1.6. «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация»: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук / Попов Олег Сергеевич. – Архангельск, 2024. – 20 с. Режим доступа: https://narfu.ru/upload/iblock/175/8iar4pmd9dp4s1x8fb94byla7utpvcec/popov_autoref.pdf
10. Vázquez-González C., Zas R., Erbilgin N., Ferrenberg S., Rozas V., Sampedro L. Resin ducts as resistance traits in conifers: Linking dendrochronology and resinbased defences // *Tree Physiol* – 2020. – 40 (10). – P. 1313 – 1326. DOI: <http://doi.org/10.1093/treephys/tpaa064>
11. Zaluma A., Strike Z., Rieksts-Riekstiņš R., Gaitnieks T., Vasaitis R. Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // *Trees*. – 2022. – 36 (5). – P. 1507 – 1514. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00468-022-02307-y>
12. Желдак В. И. Возможные решения проблем сохранения лесов и лесопользования в меняющихся природно-антропогенных условиях // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. – 2020. – № 58. – С. 14 – 20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44172887>
13. Пахучий В.В., Пахучая Л.М. Статус гидромелиорации в нормативно-правовых актах лесного хозяйства в России // *Проблемы и состояние почв городских и лесных экосистем*. – 2021. – С. 62 – 65. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47177646>
14. Пономарева Т. И. Влияние лесосушения на лесорастительные условия сосняков кустарничково-сфагновых северотаёжного района Архангельской области: специальность 06.03.02. «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»: диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук / Пономарева Тамара Игоревна. – Архангельск, 2022. – 187 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48711212>
15. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Васильева О.А., Корякина Д.М., Цыпилев С.В. Особенности и лесоводственная эффективность проходных рубок в осушаемых лесах // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2023. – № 242. – С. 28 – 42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50504394>
16. Gurau V., Ragland B., Cox D., Michaud A., Busby L. Robot Operations for Pine Tree Resin Collection // *Technologies* – 2021. – 9 (4). – 13 P. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies9040079>
17. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Возобновление леса и возрастное строение древостоев на торфяных почвах. – Вологда, Полиграф-Периодика, 2021. – 118 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ebokop>
18. Шурыгин С.Г., Шурыгина М.С., Абукина Н.О. Стационарные исследования водного режима осушенных торфяных и минеральных лесных почв // *Проблемы и состояние почв городских и лесных экосистем*. – 2023. – С. 84 – 89. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tixjqc>
19. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Экология осушаемых лесов таежной зоны. – Вологда, Инфра-Инженерия. 2024. – 156 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=gkggsb>
20. Пахучая Л.М., Пахучий В.В. Видовое разнообразие лесных фитоценозов на участках с искусственным регулированием водного режима почв // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. – 2023. – № 64. – С. 218 – 222. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44489950>
21. Тюкавина О. Н. Биолого-экологические закономерности продукционного процесса сосны обыкновенной в естественных и антропогенно трансформированных насаждениях: 06.03.02. «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»: автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук / Тюкавина Ольга Николаевна. – Архангельск, 2021. – 43 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54430514>

References

1. Krasochko P.A., Moroz D.N., Ponas'kov M.A., Gorelova O.N., Feliv S.V., Chernykh O.Yu., Krivonos R.A. *Izuchenie antibakterial'nykh i biotsidnykh svoystv sosnovoï zhivitsy* [Study of antibacterial and biocidal properties of pine resin]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarui = Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center of Animal Science and Veterinary Science*. 2021; 10 (1): 24-29 (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.48612/aejh-g2k9-3pb7>. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46592513>.
2. Shtrakhov S.N., Danilov D.A., Zaitsev D.A. *Otsenka smoloproduktivnosti spelykh chistykh sosnovykh drevostoev v Leningradskoi oblasti* [Evaluation of resin productivity of mature pure pine stands in the Leningrad region]. *Trudy SPbNILKh = Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*. 2024; 3 (15): 58 – 66. (In Russ.) DOI: <http://doi.org/10.21178/2079-6080.2024.3.78>. URL: <https://journal.spb-niilh.ru/pdf/3-2024/spbniilh-proceedings-3-2024-7.pdf>
3. Aloui F., Baraket M., Jedidi S., Hmaid B., Salem E.B. Jdaidi N., Taghouti I., Nasr Z., Abbes C. *Assessment of biological activities of resin extracted from Tunisian pine forests*. *Pakistan Journal of Botany*. 2022; 54 (2). pp. 97 – 102. DOI: [http://doi.org/10.30848/PJB2022-2\(45\)](http://doi.org/10.30848/PJB2022-2(45))
4. Ding X., Li Y., Zhang Y., Diao S., Luan Q., Jiang J. *Genetic analysis and elite tree selection of the main resin components of slash pine*. *Frontiers in Plant Science* 2023; 14. pp. 7. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079952>
5. Garcia-Fornier N., Campelo F., Carvalho A., Vieira J., Rodríguez-Pereiras A., Ribeiro M., Salgueiro A., Emília Silva M., Luis Louzada J. *Growth-defence tradeoffs in tapped pines on anatomical and resin production*. *Forest Ecology and Management*. 2021; 496. pp. 119 – 406. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119406>
6. Gaylord M.L., Kolb T.E., Wallin K.F., Wagner M.R. *Seasonal dynamics of tree growth, physiology, and resin defenses in a northern Arizona ponderosa pine forest*. *Canadian Journal of Forest Research*. 2007; 37 (7). pp. 1173 – 1183. DOI: <http://doi.org/10.1139/X06-309>
7. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N. *Lesopol'zovanie v osushaemykh lesakh* [Forest management in drained forests]: monografiya. Vologda, Infra-Inzheneriya. 2024. 168 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=fyzcm>
8. Novoselov A.S., Ukhanov V.P. *Vodno-bolotnye ugod'ya Sokol'skogo raiona Vologodskoi oblasti* [Wetlands of the Sokolsky District of the Vologda Region]: monografiya. Vologda, VoGU. 2020. 167 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=DEFBGF>
9. Popov O. S. *Lesovodstvenno-ekologicheskaya otsenka vliyaniya gidrotekhnicheskoi melioratsii na rost nasazhdenii raznogo genezisa yuzhno-taehznogo raiona Evropeiskogo Severa* [Silvicultural and ecological assessment of the impact of hydrotechnical melioration on the growth of plantations of different genesis in the southern taiga region of the European North]: 4.1.6. «Lesovedenie, lesovodstvo, lesnye kul'tury, agrolesomelioratsiya, ozelenenie, lesnaya pirologiya i taksatsiya»: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata sel'skokhozyaistvennykh nauk / Popov Oleg Sergeevich. Arkhangel'sk, 2024. 20 p. (In Russ.). URL: https://narfu.ru/upload/iblock/175/8iar4pmd9dp4s1x8fb94byla7utpvcec/popov_autoref.pdf
10. Vázquez-González C., Zas R., Erbilgin N., Ferrenberg S., Rozas V., Sampedro L. *Resin ducts as resistance traits in conifers: Linking dendrochronology and resinbased defences*. *Tree Physiol*. 2020; 40 (10). P. 1313 – 1326. DOI: <http://doi.org/10.1093/treephys/tpaa064>
11. Zaluma A., Strike Z., Rieksts-Riekstiņš R., Gaitnieks T., Vasaitis R. *Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of scots pine (Pinus sylvestris L.)*. *Trees*. 2022; 36 (5). pp. 1507 – 1514. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00468-022-02307-y>
12. Zheldak V. I. *Vozmozhnye resheniya problem sokhraneniya lesov i lesopol'zovaniya v menyayushchikhsya prirodno-antropogennykh usloviyakh* [Possible solutions to the problems of forest conservation and forest management in changing natural and anthropogenic conditions]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa = Current issues of the forestry complex*. 2020; 58: 14 – 20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44172887>

13. Pakhuchii V.V., Pakhuchaya L.M. *Status gidromelioratsii v normativno-pravovykh aktakh lesnogo khozyaistva v Rossii* [The status of hydromelioration in forestry regulations in Russia] *Problemy i sostoyanie pochv gorodskikh i lesnykh ekosistem = Problems and condition of urban and forest ecosystems soils*. 2021: 62 – 65. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47177646>
14. Ponomareva T. I. *Vliyanie lesosusheniya na lesorastitel'nye usloviya sosnyakov kustarnichkovo-sfagnovykh severotaezhnogo raiona Arkhangel'skoi oblasti* [The influence of forest drainage on forest growing conditions of pine forests of shrub-sphagnum in the northern taiga region of the Arkhangelsk region]: *spetsial'nost'* 06.03.02. «Lesovedenie, lesovodstvo, lesoustroistvo i lesnaya taksatsiya»: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata sel'skokhozyaistvennykh nauk / Ponomareva Tamara Igorevna. Arkhangel'sk, 2022. 187 p (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48711212>
15. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N., Vasil'eva O.A., Koryakina D.M., Tsypilev S.V. *Osobennosti i lesovodstvennaya effektivnost' prokhodnykh rubok v osushaemykh lesakh* [Features and silvicultural efficiency of thinning in drained forests]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii = News of the Saint Petersburg Forestry Academy*. 2023; 242: 28 – 42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50504394>
16. Gurau V., Ragland B., Cox D., Michaud A., Busby L. *Robot Operations for Pine Tree Resin Collection*. *Technologies*. 2021; 9 (4). 13 P. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies9040079>
17. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N. *Vozrobnovlenie lesa i vozrastnoe stroenie drevostoev na torfya-nykh pochvakh*. [Forest regeneration and age structure of tree stands on peat soils]. Vologda, Poligraf-Periodika, 2021. 118 s (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ebokop>
18. Shurygin S.G., Shurygina M.S., Abukina N.O. *Statsionarnye issledovaniya vodnogo rezhima osushennykh torfyanykh i mineral'nykh lesnykh pochv* [Stationary studies of the water regime of drained peat and mineral forest soils]. *Problemy i sostoyanie pochv gorodskikh i lesnykh ekosistem = Problems and condition of urban and forest ecosystems soils*. 2023: 84 – 89 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tixjqc>
19. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N. *Ekologiya osushaemykh lesov taezhnoi zony*. [Ecology of drained forests of the taiga zone]. Vologda, Infra-Inzheneriya. 2024. 156 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=gkggsb>
20. Pakhuchaya L.M., Pakhuchii V.V. *Vidovoe raznoobrazie lesnykh fitotsenozov na uchastkakh s iskus-stvennym regulirovaniem vodnogo rezhima pochv* [Species diversity of forest phytocenoses in areas with artificial regulation of soil water regime]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa = Actual problems of the forest complex*. 2023; 64: 218 – 222 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44489950>
21. Tyukavina O. N. *Biologo-ekologicheskie zakonomernosti produktsionnogo protsessa sosny obyknovennoi v estestvennykh i antropogenno transformirovannykh nasazhdeniyakh* [Biological and ecological patterns of the production process of Scots pine in natural and anthropogenically transformed stands]: 06.03.02. «Lesovedenie, lesovodstvo, lesoustroistvo i lesnaya taksatsiya»: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni doktora sel'skokhozyaistvennykh nauk / Tyukavina Olga Nikolaevna. Arkhangel'sk, 2021. 43 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54430514>

Сведения об авторах

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

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

Естественные науки и лес

Information about the authors

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

Oleg S. Popov – Cand. Agr. Sci., Assistant 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.

✉ - Для контактов/Corresponding