



Оценка лесоводственной эффективности проходных рубок в северотаежном лесном районе

Александр П. Богданов^{1,2} ✉, aleksandr_bogd@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1655-7212>

Алексей С. Ильинцев^{1,2}, a.ilintsev@narfu.ru  <https://orcid.org/0000-0003-3524-4665>

Сергей В. Третьяков^{1,2}, s.v.tretyakov@narfu.ru  <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

Сергей В. Коптев^{1,2}, s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>

¹ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, 163062, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, 163002, Российская Федерация

Стационарные исследования лесов остаются наиболее достоверным методом для оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий. В статье приведены результаты 13-летних наблюдений на постоянных пробных площадях, заложенных в Обозерском лесничестве Архангельской области. Объектами наблюдений являются смешанные насаждения, пройденные проходными рубками в северотаежном районе. Целью исследования является анализ изменений таксационных показателей, устойчивости и продуктивности смешанных сосновых черничных насаждений северотаежного района после проведения проходных рубок. Современная структура лесного фонда Архангельской области и Европейского Севера России характеризуется значительным преобладанием производных лесов, сформировавшихся под влиянием многолетней хозяйственной деятельности. Эти насаждения отличаются сложной возрастной и породной дифференциацией, что обуславливает особую актуальность разработки научно обоснованных подходов к ведению лесного хозяйства в средневозрастных и приспевающих древостоях. Повышение эффективности лесопользования в данных условиях имеет важное социально-экономическое значение, поскольку позволяет одновременно решать задачи устойчивого лесопользования и обеспечения сырьевой базы лесопромышленного комплекса. Для организации и проведения мониторинговых работ обследовано 6 насаждений вторичных генераций. Повторный пересчет позволил оценить строение и товарность древостоев. Для оценки лесоводственной эффективности учитывались изменения таксационных показателей древостоев, отражающие динамику роста и развития деревьев в новых условиях среды. Пробные площади закладывались для мониторинга изменений при рубках ухода с использованием методов лесной таксации. На каждой пробной площади определялись количественные и качественные параметры древостоя (состав, средняя высота и диаметр элементов древостоя, возраст, класс бонитета, относительная и абсолютная полнота, запас на корню, товарность, физиологическое состояние), а также характеристики подростка и подлеска. Мониторинг изменений осуществлялся путём повторных измерений через 8 и 13 лет после рубки. По результатам многолетних исследований лесное сообщество не утратило устойчивости, что проявляется в сохранении продуктивности древостоев и стабильной динамике их таксационных показателей. Наблюдаемая дифференциация стволов отражает естественный процесс конкурентных взаимоотношений между различными породами. Анализ изменений таксационных характеристик выявил адаптацию насаждений к новым условиям среды при сохранении основных экосистемных функций. На пяти пробных площадях зафиксировано снижение доли участия сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в составе древостоя на одну единицу, что отражает характерную динамику трансформации породной структуры после проведения выборочных рубок в смешанных сосновых насаждениях. На древостои значительное влияние оказывает конкуренция между видами, приводящая к уменьшению доли сосны в составе насаждений, а также изменения в

вертикальной структуре, которые стимулируют формирование многоярусных древостоев и их продуктивности. Дальнейшее изучение особенностей роста насаждений после проведения проходных рубок позволит разработать рекомендации по частоте и интенсивности рубок, направленных на поддержание продуктивности смешанных древостоев.

Ключевые слова: проходные рубки, динамика, лесоводственная эффективность, запас древесины, смешанные сосновые древостои

Финансирование: Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства по теме 4-И25 проходные рубки «Оптимизация проведения проходных рубок в смешанных таежных насаждениях европейской части Российской Федерации для интенсификации использования лесов и региональные сценарии их долгосрочного воздействия на производство древесины» (регистрационный номер: 125021202048-9).

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи. Авторы выражают особую благодарность Ершову Р.А. за помощь в закладке постоянных пробных площадей и проведении исследований.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Оценка лесоводственной эффективности проходных рубок в северотаежном лесном районе / А.П. Богданов, А.С. Ильинцев, С.В. Третьяков, С.В. Коптев // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 4 (60). – С. 23-38. – Библиогр.: с. 33-37 (29 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/2>.

Поступила 07.08.2025. *Пересмотрена* 05.10.2025. *Принята* 30.11.2025. *Опубликована онлайн* 26.12.2025.

Article

Assessment of the silvicultural efficiency of thinning cuttings in the northern taiga forest region

Alexander P. Bogdanov^{1,2}, ✉, aleksandr_bogd@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1655-7212>

Alexey S. Ilintsev^{1,2}, a.ilintsev@narfu.ru  <https://orcid.org/0000-0003-3524-4665>

Sergey V. Tretyakov^{1,2}, s.v.tretyakov@narfu.ru  <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

Sergey V. Koptev^{1,2}, s.koptev@narfu, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>

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

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

Abstract

The article presents the 13-th years observations results on permanent sample plots established in the Obozersky forestry district of the Arkhangelsk region. The objects of observation are mixed stands that have middle-aged stands thinning in the northern taiga region. The study focuses on mixed stands subjected to thinning operations in the northern taiga region.

The research aims to analyze changes in mensuration parameters, stability, and productivity of mixed bilberry pine stands in the northern taiga following thinning operations. The current forest structure in Arkhangelsk region and the European North of Russia is characterized by a significant predominance of secondary forests formed under long-term management activities. These stands exhibit complex age and species differentiation, highlighting the particular relevance of developing science-based approaches for managing middle-aged stands. Improving forest management efficiency under these conditions holds important socio-economic significance as it simultaneously addresses sustainable forest use and ensures the raw material base for the timber industry. For the monitoring organization and implementation, 6 second-generation stands were surveyed. Repeated inventories allowed assessment of stand structure and timber quality. To evaluate silvicultural effectiveness, changes in stand mensuration parameters were analyzed, reflecting tree growth and development dynamics under new environmental conditions. The sample plots were established to monitor changes following thinning operations using forest mensuration methods. Each plot assessed quantitative and qualitative stand parameters (species composition, mean height and diameter, age, site class, relative and absolute density, growing stock, timber quality, physiological condition), as well as understory and shrub layer characteristics. Monitoring was conducted through repeated measurements at 8 and 13 years post-treatment. The long-term study revealed that the forest community maintained its stability, evidenced by preserved stand productivity and stable dynamics of mensuration parameters. Observed stem differentiation reflects natural competitive interactions between species. Analysis of mensuration characteristics demonstrated stand adaptation to new environmental conditions while maintaining key ecosystem functions. On five sample plots, a one-unit decrease in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) proportion was recorded, reflecting characteristic species composition transformation dynamics following selective thinning in mixed pine stands. Stands showed significant interspecies competition effects, leading to reduced pine proportion and vertical structure changes that stimulate multi-layered stand formation and productivity enhancement. Continued analysis of stand growth trends after thinning interventions will facilitate the formulation of guidelines regarding treatment frequency and intensity, with the goal of sustaining productivity within mixed stands.

Keywords: *thinning, dynamics, forestry effectiveness, timber stock, mixed pine stands*

Funding: The publication was prepared based on the results of research carried out as part of the state task of the Northern Research Institute of Forestry to conduct applied scientific studies related to the field of activities of the Federal Forestry Agency, specifically addressing the topic 4-I25 thinning: "Optimization of thinning in mixed taiga stands of the European part of the Russian Federation to intensify forest use and regional scenarios of their long-term impact on timber production" (registration number of the topic: 125021202048-9).

Acknowledgments: authors thank the reviewers for their contribution to the peer review. The authors express their sincere gratitude to R.A. Ershov for his assistance in establishing permanent test sites and conducting research.

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

For citation: A.P. Bogdanov, A.S. Ilyintsev, S.V. Tretyakov, S.V. Koptev (2025). Assessment of the silvicultural efficiency of thinning cuttings in the northern taiga forest region. *Forestry Engineering journal*, Vol. 15, No. 4 (60), pp. 23-38 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/2>.

Received 07.08.2025.

Revised 05.10.2025.

Accepted 30.11.2025. *Published online* 26.12.2025.

Введение

Рубки ухода являются одним из ключевых элементов лесного хозяйства. Проведение рубок ухода направлено на повышение ресурсного

потенциала лесов и обеспечение их устойчивого развития¹.

Удаление ослабленных, нежелательных, некачественных деревьев и создание соответствующих условий роста для перспективных

¹ Чибисов Г. А., Гушин В. А., Фомин А. П., Захаров А. Ю. Лесоводственная и экономическая эффективность рубок ухода :

практ. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Архангельск : Изд-во САФУ, 2011. 108 с.

деревьев являются важнейшими целями рубок ухода. Исследования, проведенные в различных насаждениях и условиях произрастания, подтверждают, что рубки ухода оказывают положительное влияние на рост оставшихся деревьев и продуктивность насаждений [1, 2]. Дополнительными лесоводственными целями рубок ухода являются улучшение санитарного состояния насаждений и создание условий для естественного возобновления деревьев целевых пород [3, 4]. Применение лесоводственных мероприятий в большинстве случаев оказывает влияние на все экологические аспекты. Например, после удаления деревьев из полога насаждений, происходят изменения в уровнях поступления света, воды и температуры в лесную экосистему.

Рубки ухода могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на лесные экосистемы в зависимости от типа, интенсивности разреживания, степени повреждения почвы и оставшихся деревьев [5]. Повреждение почвы во время заготовки и транспортировки древесины может привести к серьезным экономическим потерям в результате снижения интенсивности роста деревьев, вызванного болезнями и заселением вредными насекомыми, что может вызвать распад формирующихся насаждений. Следствием этого является потеря деловой древесины и ухудшение качества лесных насаждений [6]. Одним из факторов, способствующих этому снижению, являются несоответствующие методы лесопользования. В этом случае постоянный мониторинг состояния насаждений, пройденных рубками ухода, имеет важное значение для принятия управленческих решений по поддержанию многочисленных функций лесных экосистем.

Густота, пространственная структура, качество оставляемых и вырубаемых стволов, степень и интенсивность повреждения оставшихся деревьев и почвы являются важными вопросами и проблемами рубок ухода [7]. Кроме того, растущая

важность ответственного и устойчивого управления лесами (УУЛ) требует все более всесторонней оценки проведения различных видов рубок, в том числе рубок ухода, с целью минимизации возможного ущерба лесным экосистемам [8, 9].

На основе материалов лесопользования, проведенного в последние годы на территории Архангельской области², расширяется ресурсная база для организации проведения рубок ухода на территории лесного фонда. Сотрудниками Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства разрабатываются научно-методические рекомендации, позволяющие оптимизировать проведение проходных рубок, что будет способствовать достижению значительного лесоводственного и экономического эффекта.

В Архангельской области проходные рубки являются преобладающим видом рубок ухода. А.С. Ильинцев и др. (2021) [10] отмечают, что на их долю приходится более 80 % заготовленной в результате рубок ухода древесины. В результате проведения проходных рубок лесопользователь получает достаточно большие объемы ликвидной древесины, поэтому изучение данного вида рубок является актуальным и востребованным, что отражено в работе М. Hiltunen, и др. (2021) [11]. Необходимо помнить, что основной целью проходных рубок является создание благоприятных условий роста лучших деревьев, увеличения их прироста, продолжения (завершения) формирования структуры насаждений³.

Цель исследования – оценка динамики таксационной характеристики древостоев и их товарной структуры после проведения проходных рубок в смешанных сосняках на территории северотаежного района европейской части России.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач исследования был составлен план проведения полевых и камеральных работ. Предварительно изучены материалы лесопользования (планы-лесоонасаждений, таксационные описания),

² Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 13 декабря 2022 г. N 1024 "Об утверждении плана проведения лесопользования на 2023-2024 годы" (с изменениями и дополнениями)]

³ Рубки ухода 2020. Приказ МПР РФ от 30 июля 2020 года № 534 «Об утверждении Правил ухода за лесами». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780469> (дата обращения: 04.02.2023).

технологические карты, проекты освоения лесов, а также доступные космоснимки. По результатам анализа материалов и транспортной доступности подобраны опытные участки на территории Обозерского лесничества в северо-таежном районе европейской части Российской Федерации⁴.

Исследуемые насаждения, сформировались естественным путем на месте сплошных концентрированных рубок и пожаров (на старых пнях видны следы пожара). Возобновление под пологом исследуемых насаждений происходит в основном елью (*Picea abies* (L.) Karst) и березой (*Betula pendula* Roth) [3], что характерно для естественного возобновления в лесах района исследования. Большая часть подроста является перспективной, но встречается поврежденный в процессе рубки подрост, а также сухие и не жизнеспособные экземпляры.

В 2009 году проведена проходная комплексная рубка умеренно-высокой интенсивности. Рубка проводилась равномерным способом с удалением деревьев из верхнего полога древостоя. Способ рубки включал валку деревьев, обрезку сучьев бензопилами и трелевку трактором ТДТ-55 с чокерной оснасткой. В 2017 году заложено 6 постоянных пробных площадей, а в 2022 году проведен повторный пересчет. Возраст древостоев на момент рубки составлял 55 - 80 лет. В настоящее время на месте рубки сформировались продуктивные смешанные сосново-елово-березовые древостои с запасом древостоев на корню от 196 до 287 м³/га. На момент обследования количество сухостойных деревьев составляет не более 10 % от общего количества, что объясняется конкуренцией древесных пород и отпадом в тонкомерных ступенях толщины, в первую очередь из-за вытеснения сосны елью. В связи с этим при проектировании проходных рубок Ф.Н. Дружинин и др. (2023) [1] предлагают предусматривать рубку сосны из тонкомерных ступеней. При

недостаточном количестве подроста сосны необходимо планировать содействие естественному возобновлению, а при его отсутствии необходимо стремиться к сохранению подпологовой ели для успешного формирования елового древостоя в будущем, что рекомендуют Зарубина и др. [12]. При условии сохранения елового подроста в дальнейшем можно сформировать еловое насаждение, которое обеспечит формирование хвойного древостоя без промежуточной смены на лиственный [2, 13].

Постоянные пробные площади прямоугольной формы закладывались с установкой столбов и определением географических координат углов с помощью GPS-навигатора с учетом отраслевого стандарта ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустroительные» и разработанными на его основе рекомендациями⁵. На пробных площадях производился комплекс лесоводственно-таксационных работ. На каждой пробной площади проведен сплошной пересчет всех деревьев с диаметрами свыше 6 см на высоте 1,3 м мерной вилкой с точностью 1 мм с разделением по породам и категориям технической годности. Для определения средней высоты древесного яруса замерялись высоты 12-15 деревьев из категории деловых, отобранных репрезентативно для всех ступеней толщины. У древесных пород с долей в составе менее 3 единиц высоты замеряли у 3–5 деревьев из трех центральных ступеней толщины. Для определения высот использовался ультразвуковой высотомер Haglof Vertex IV с точностью измерения $\pm 0,1$ м. Среднюю высоту преобладающей породы определяли по математическим моделям, а по другим породам – как среднюю арифметическую величину.

При пересчете также фиксировались пороки и повреждения стволов (ошмыг коры, поранения древесины, поранения корневых лап, разрыв части корней), влияющие на товарную структуру и жизнеспособность деревьев, оставленных после

⁴ Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации (Зарегистрировано в Минюсте России 29.09.2014 № 34186). Приказ Минприроды России от 18.08.2014 № 367 (ред. от 02.08.2023) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169590 (дата обращения: 05.02.2025)].

⁵ Третьяков С. В., Коптев С. В., Наквасина Е. Н., Бахтин А. А., Ильинцев А. С., Богданов А. П., Кекишева Ю. Е. Лесная таксация. Часть 4. Закладка, таксация и описание пробных площадей при проведении научных исследований и подготовке выпускных квалификационных работ: учебное пособие; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2023. – 119 с.

проведения рубки. Сухостойные деревья по породам учитывались отдельно. Средний возраст древостоя определялся по главной породе с помощью подсчета годовичных колец на кервах, взятых у деревьев из средней ступени толщины.

По материалам сплошного перечета деревьев определяли таксационные характеристики древостоев с использованием нормативов, применяемых в районе исследования⁶. На этапе обработки экспериментальных данных применяли математические и статистические методы, которые позволили объективно оценить полученные результаты и сделать обоснованные выводы с определенной степенью достоверности. Все статистические анализы выполняли на 5 % уровне значимости, что считается достаточным для

биологических исследований, что отражено в работе И.И. Гусева (2002)⁷.

Для определения количества подроста проводился перебор на лентах шириной 2 м. При учете подрост разделяли по породному составу, категориям крупности, жизнеспособности. По жизнеспособности подрост подразделяли на жизнеспособный, поврежденный и не жизнеспособный. В зависимости от высоты подрост подразделяли на: мелкий (высотой до 0,5 м), средний (от 0,51 до 1,5 м), крупный (> 1,51 м) и до 6 см в диаметре на 1,3 метра от шейки корня.

Данные длительных наблюдений необходимы для создания и проверки прогнозных моделей формирования товарной структуры древостоя и способности выполнять экосистемные функции [14, 15, 16].

Результаты

Таксационные характеристики пробных площадей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

Table 1

Inventory characteristic of study plots

№ N	Год обследования Year of survey	Класс бонитета Bonitet classes	Состав древостоя Forest stand composition	Порода Type of wood	Средние Average			Полнота Completeness		Запас, м ³ /га Stock, m ³ /ha		Густота, шт./га Quantity, pcs/ha
					возраст, лет age, years	высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm	абсолютная absolute, m ² /ha	относительная relative	растущих growing	сухих dry	
1	2017	III	3С3Е2 Б2Ос	С	75-80	19	16,4	7,6	0,22	69	3	334
				Е		10	11,2	8,5	0,42	51		762
				Б		17	14,3	4,3	0,16	33		237
				Ос		18	17,5	4,7	0,14	43		172
	Итого			-	-	-	-	25,1	0,94	196	3	1505
	2022	III	3С3Е3 Ос1Б	С	80-85	19	17	8,0	0,23	73	5	335
				Е		11	10	10,9	0,50	66	2	1177
				Б		17	13	4,3	0,16	33		279
				Ос		19	19	6,4	0,18	61		191
	Итого			-	-	-	-	29,6	1,07	232	7	1982
2	2017	II	5С3Е1 Б1Ос	С	70	19	17,0	11,5	0,33	106	4	462
				Е		12	11,4	9,9	0,42	66		862
				Б		15	13,1	2,7	0,11	19		171
				Ос		20	20,4	1,6	0,05	16		42
	Итого			-	-	-	-	25,8	0,91	207	4	1537

⁶ Войнов Г.С. Лесотаксационный справочник по северовостоку Европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа,

Архангельской, Вологодской области и республики Коми). Архангельск, 2012, 672 с.

⁷ Гусев, И. И. Моделирование экосистем: учебное пособие / И. И. Гусев. – Архангельск: изд-во АГТУ, 2002. – 112 с.

Естественные науки и лес

	2022	II	4С4Е1 Б1Ос	С	75	20	18	11,5	0,32	107	10	415
				Е		11	11	14,6	0,67	94		1362
				Б		15	14	3,3	0,13	24		190
				Ос		19	21	1,9	0,05	19		43
	Итого		-	-	-	-	31,3	1,17	244	10	2010	
3	2017	II	5С2Е2 Б1Ос	С	70	20	18,1	12,6	0,35	120	2	439
				Е		11	9,8	7,6	0,35	44		912
				Б		16	14,8	7,8	0,30	57		389
				Ос		20	20,0	1,5	0,04	14		62
	Итого		-	-	-	-	29,5	1,04	235	2	1802	
	2022	II	4С3Е2 Б1Ос	С	76	20	19	13,4	0,37	128	13	428
				Е		10	10	13,4	0,67	75	1	1694
				Б		18	15	8,1	0,29	65	6	411
Ос					20	21	1,9	0,05	19		61	
Итого		-	-	-	-	36,9	1,38	287	20	2594		
4	2017	II	3С3Е2 Лц2Б	С	70	20	18,8	4,9	0,14	45	2	172
				Е		11	11,9	7,0	0,32	44		552
				Б		18	15,9	3,4	0,12	27		156
				Лц		20	15,1	2,6	0,07	20		145
	Итого		-	-	-	-	17,8	0,65	137	2	1025	
	2022	II	2С4Е2 Лц2Б	С	75	21	19	4,7	0,13	45	2	156
				Е		11	11	12,0	0,55	76		1151
				Б		20	16	4,5	0,15	41		198
Лц					22	15	3,6	0,1	34	3	203	
Итого		-	-	-	-	24,9	0,93	196	5	1708		
5	2017	II	4С2Е2 Б2Ос+ Лц	С	75	22	22,8	8,6	0,22	87	4	180
				Е		13	14,9	7,1	0,28	49		375
				Б		22	25,5	4,5	0,14	42		95
				Ос		21	22,5	4,0	0,11	40		95
				Лц		22	24,0	1,0	0,03	8		20
	Итого		-	-	-	-	25,2	0,78	226	4	765	
	2022	II	3С3Е2 Б2Ос+ Лц	С	80	23	24	9,0	0,23	91	4	170
				Е		15	16	8,8	0,31	68		415
				Б		27	29	5,3	0,16	54		95
				Ос		25	25	4,3	0,11	48		80
Лц					26	25	1,1	0,03	11		20	
Итого		-	-	-	-	28,4	0,84	272	4	780		
6	2017	II	8С2Е+ Ос	С	70	22,0	22,3	15,8	0,41	157	2	357
				Е		14,0	14,2	5,4	0,20	39		304
				Б		13,0	9,7	0,2	0,01	2		31
				Ос		15,0	12,6	0,8	0,02	6		57
				Лц		23,0	20,0	0,1	-	1		5
	Итого		-	-	-	-	22,3	0,64	205	2	754	
	2022	II	7С3Е+ Ос, ед Лц, Б	С	75	22	23	16,8	0,25	169	4	348
				Е		16	17	7,6	0,02	61		322
				Б		13	10	0,4	0,03	3		48
				Ос		18	15	0,9	0,25	7		47
Лц					26	24	0,2		2		4	
Итого		-	-	-	-	26,0	0,74	242	4	769		

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Согласно таблице 1 динамика таксационных показателей исследуемых древостоев за период наблюдения свидетельствует

о том, что все древостои находятся в фазе активного роста. На всех пробных площадях наблюдается увеличение доли ели на 1 единицу,

что связано с переходом крупного подроста в категорию древостоя и улучшением условий роста за счет удаления крупномерных стволов сосны. Значительный прирост объясняется улучшением условий роста и уменьшением суммы площадей сечений оставленной части древостоя непосредственно после рубки [17]. Для исследуемых насаждений характерен высокий класс бонитета – II-III. Отмечается увеличение средней высоты и диаметра у сосны. Средняя относительная полнота исследуемых насаждений составляет $1,0 \pm 0,1$.

Общие запасы и приросты на пробных площадях, пройденных рубками ухода приведены в таблице 2. Согласно таблице 2 общий запас древостоев за 13 лет с момента проведения рубки увеличился на 68–140 м³/га. Среднепериодический прирост за 8 и 13 лет после рубки значительно превышает аналогичные значения нормальных сосновых древостоев, приведенных в справочной литературе ⁵.

Изменение среднего объема ствола характеризует степень роста элементов древостоя в высоту и по диаметру. В таблице 3 приведены данные по средним объемам ствола на пробных площадях. Особенности роста в высоту и по диаметру [19], отражает результат реакции деревьев на изменившиеся условия роста. Путем проведения рубки сформированы оптимальные условия для дальнейшего роста и формирования древесных пород путем увеличения площади почвенного питания и светового режима.

Рост среднего объема сосны выявлен на всех пробных площадях. Согласно таблицы 1 отмечается увеличение густоты ели, что означает переход крупного подроста в древостой и отражается в снижении средних объемов стволов на 1,2,3 и 4 пробной площади.

Таблица 2

Общий запас древостоев на объектах, пройденных рубками ухода различной интенсивности

Table 2

The total stock of stands at sites that have undergone thinning of varying intensity

№ N	Интенсивность рубки, % Thinning rate, %	Запас, м ³ /га Stock, m ³ /ha			Прирост, м ³ /га Increment, m ³ /ha		Среднепериодический прирост, м ³ /га Average periodic increment, m ³ /ha	
		после рубки after thinning	через 8 лет after 8 years	через 13 лет after 13 years	через 8 лет after 8 years	через 13 лет after 13 years	через 8 лет after 8 years	через 13 лет after 13 years
1	36	90	196	232	106	142	13,3	11,0
2	37	139	207	244	68	105	8,6	8,1
3	33	147	235	287	88	140	11,0	10,7
4	36	128	137	196	9	68	1,1	5,2
5	38	143	226	272	83	128	10,4	9,9
6	36	109	205	242	96	132	12,0	10,2

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Средний объем ствола по породам

Table 3

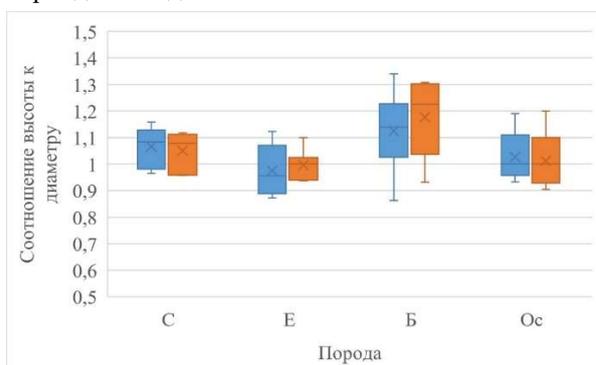
Average trunk volume by species

Год обследования Year of survey	Средний объем хлыста, м ³				Лиственница larch
	сосна обыкновенная Scots pine	ель европейская Norway spruce	береза повислая drooping birch	осина trembling poplar	
пп 1					
2017	0,20	0,067	0,140	0,250	
2022	0,219	0,056	0,117	0,319	
пп2					
2017	0,231	0,076	0,109	0,366	
2022	0,259	0,069	0,126	0,436	
пп 3					
2017	0,272	0,048	0,147	0,326	
2022	0,299	0,044	0,158	0,382	
пп4					
2017	0,265	0,080	0,172	-	0,151
2022	0,285	0,066	0,205	-	0,187
пп 5					
2017	0,479	0,128	0,440	0,415	0,433
2022	0,535	0,163	0,572	0,596	0,525
пп6					
2017	0,440	0,129	0,046	0,106	0,270
2022	0,485	0,189	0,055	0,151	0,420

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Для оценки устойчивости и состояния древостоев использовали отношение высоты к диаметру на высоте 1,3 м (H/D) [20]. Этот показатель является индикатором борьбы деревьев за жизненное пространство и свет. На рисунке 1 приведена динамика отношения высоты к диаметру на высоте 1,3 м (H/D) по породам за период наблюдения.



■ Н/D через 8 лет после рубки
■ Н/D через 13 лет после рубки

Рисунок 1 Динамика отношения H/D на пробных площадях

Figure 1. Dynamics of the H/D ratio in the sample areas

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Согласно рисунка 1 за исследуемый период наблюдается увеличение отношения H/D у ели и березы, что показывает усиление конкуренции и борьбы за свет. У сосны и осины (*Populus tremula* L.) отношение уменьшилось, что может говорить о том, что среди деревьев в верхнем ярусе прирост ствола идет в большей степени по диаметру чем в высоту.

Рациональное применение рубок положительно влияет на радиальный прирост древостоя [21]. Долгосрочные наблюдения за сосновыми насаждениями, которые пройдены рубками ухода, показали, что при правильном отборе деревьев для рубки запас древостоя не

снижается. Более того, такие рубки способствуют улучшению товарности насаждений, сокращению периода его восстановления и улучшению качественного состава древостоя [22, 23, 24].

Вопросы периодичности и интенсивности рубок являются актуальными в проводимых научных исследованиях. В различных условиях эффект от рубки может отличаться, поэтому необходимы прогнозные модели будущего развития насаждений после проходных рубок в различных насаждениях также учитывающие климатические изменения и экосистемные функции, выполняемые лесами [25, 26].

В.В. Иванов (2017) [27] отмечает, что при чрезмерно высокой интенсивности проводимых рубок, формируются древостои с густотой, меньше, чем оптимальная. В разреженном насаждении можно получить более высокие значения прироста оставляемых деревьев, однако это не означает максимальной производительности древостоя в целом.

На рисунке 2 приведена товарная структура древостоев за период наблюдения.

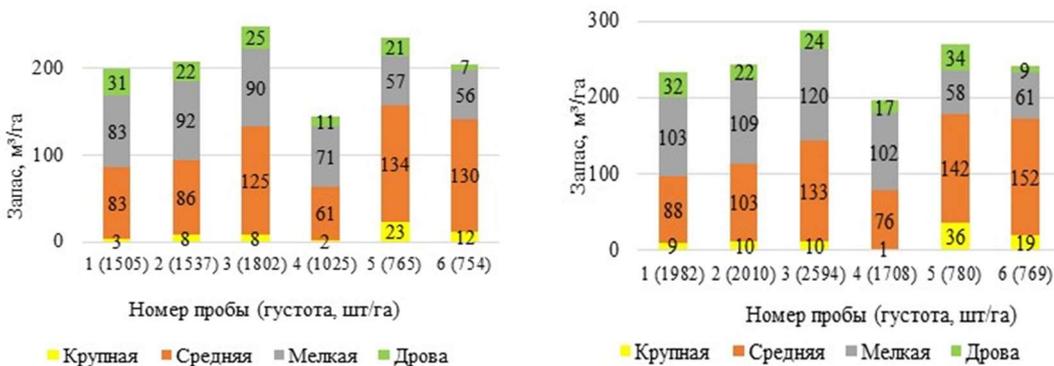


Рисунок 2. Товарная структура древостоев

Figure 2. Commodity structure of a stands

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations



А

Б

Рисунок 3. Товарная структура древостоев

Figure 3. Commodity structure of a stands

А – наблюдения в 2017 году;

Б – наблюдения в 2022 году.

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

На рисунке 3 наглядно продемонстрировано, что на пробных площадях (1,2,3) с максимальным количеством деревьев - самые высокие значения запаса древесины. Тогда как наибольший запас средней и крупной древесины находится в древостоях с минимальным количеством деревьев, что согласуется с выводами о влиянии состава [28] и густоты древостоя [29] на выход крупномерной и средней древесины.

Обсуждение

После проведения проходных рубок товарная структура древостоя восстанавливается достаточно быстро. В рассматриваемых древостоях товарная структура за 5-летний период наблюдений практически не изменилась.

Динамика таксационных показателей исследуемых древостоев за 13-летний период свидетельствует о том, что все рассматриваемые древостои находятся в фазе активного роста. В составе насаждений произошли небольшие изменения, на всех пробных площадях наблюдается увеличение еловой части древостоя, что связано с переходом крупного подростка в категорию древостоя и увеличение светового прироста. Относительная полнота суммарно по всем составляющим породам в исследуемых насаждениях в среднем равняется 1,0. Сумма площадей сечений древостоев за 13-летний период наблюдений выросла в среднем на 5,2 м²/га.

Текущий периодический прирост запаса по породам составляет: сосна – 0,2–2,4 м³/га, ель – 3,0–6,4 м³/га, береза – 0,2–2,4 м³/га, осина – 0,2–3,6 м³/га, лиственницы (*Larix sukaczewii* Dybis) – 0,2–2,8 м³/га

Проведенные наблюдения на постоянных пробных площадях за через 8 и 13 лет после

проходных рубок показывают увеличение всех таксационных показателей древостоя. Полученные результаты в целом согласуются с данными аналогичных исследований других авторов [28, 29].

Заключение

Проведенные исследования демонстрируют, что проходные рубки в смешанных насаждениях являются эффективным инструментом повышения продуктивности лесов и интенсификации ведения лесного хозяйства.

Установлена прямая зависимость прироста средней и крупной древесины от густоты древостоя, при этом максимальная продуктивность достигается при наибольшей густоте. Что говорит о том, что необходимо соблюдать баланс продуктивности и целевой товарной структуры древостоя.

Экономическая целесообразность проходных рубок определяется рыночной востребованностью балансовой древесины и наличием технологий переработки мелкотоварной древесины. Кроме того, проходные рубки позволяют управлять структурой древостоя, стимулировать рост подпологой ели и повышать продуктивность насаждений за счет формирования многоярусных древостоев.

Важным преимуществом проходных рубок является их комплексное воздействие на лесные экосистемы. Они позволяют целенаправленно формировать структуру древостоя и создавать продуктивные многоярусные насаждения. Одновременно такие рубки способствуют повышению устойчивости лесов к биотическим факторам и адаптации насаждений к изменяющимся климатическим условиям.

Список литературы

1. 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. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.28-42>
2. Сурина Е.А., Минин Н.С. Формирование смешанных сосново-березовых насаждений со вторым ярусом ели под влиянием рубок ухода. Сибирский лесной журнал. – 2023. – №. 2. – С. 26-32. DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230203>
3. Тетюхин С.В., Павская М.В. Общая оценка естественного лесовозобновления по преобладающим породам, типам леса и типам лесорастительных условий на территории Лисинской части Учебно-опытного лесничества Ленинградской области. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. –

- №. 235. – С. 71-83. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2021.235.71-83>
4. Power H., Tremblay S., Auger I., Duchateau E. Effects of commercial thinning on characteristics of naturally regenerated coniferous stands from Eastern North-America. *Canadian Journal of Forest Research*. 2024; 54(9): 1003–1017. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2024-0009>
 5. Nikooy M., Tavankar F., Naghdi R., Ghorbani A., Jourgholami M., Picchio R. Soil impacts and residual stand damage from thinning operations. *International Journal of Forest Engineering*. 2020; 31(3): 126-137. DOI: <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1744954>
 6. Tavankar F., Bonyad A.E., Nikooy M., Picchio R., Venanzi R., Calienno L. Damages to soil and tree species by cable-skidding in Caspian forests of Iran. *For. Syst.* 2017; 26(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2017261-09100>
 7. Sirén M. Tree Damage in Single-Grip Harvester Thinning Operations. *Journal of Forest Engineering*. 2001; 12(1): 29-38.
 8. Bertolotto P., Calienno L., Conforti M., D'Andrea E., Lo Monaco A., Magnani E., Marinšek A., Micali M., Picchio R., Sicuriello F., Spina R., Venanzi R. Assessing indicators of forest ecosystem health. *Ann. Silvi. Res.* 2016; 40(1): 64-69.
 9. Picchio R., Mederski P.S., Tavankar F. How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands. *Current Forestry Reports*. 2020; 6: 115–128. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00113-8>
 10. Ильинцев А.С., Шамонтьев И.Г., Третьяков С.В. Современная динамика лесопользования в бореальных лесах России (на примере Архангельской области). *Лесотехнический журнал*. – 2021. – Т. 11 – №.3 (43). – С. 45-62. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2020.3/4>
 11. Hiltunen M., Strandman H., Kilpeläinen A. Optimizing forest management for climate impact and economic profitability under alternative initial stand age structures. *Biomass and Bioenergy*. 2021; 147: 106027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106027>
 12. Зарубина Л.В., Карбасников А.А., Пешин Д.А. Оценка возобновительных процессов под пологом приспевающих хвойных древостоев в Вологодской области. *Лесной вестник*. – 2021. – Т. 25(2). – С. 10-18. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2021-2-10-18>
 13. Корчагов С.А., Минин Н.С., Сурина Е.А., Гоголева Л.Г. Воспроизводство хвойных древостоев комплексными рубками. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2023. – №. 246. – С. 152-161. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.246.152-161>
 14. Pikkarainen L., Strandman H., Vento E., Petty A., Tikkanen O.-P., Kilpeläinen A., Peltola H. 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>
 15. Kellomäki S., Strandman H., Kirsikka-Aho S., U F Kirschbaum M., Peltola H. Effects of thinning intensity and rotation length on albedo- and carbon stock-based radiative forcing in boreal Norway spruce stands. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2023; 96 (4): 518-529. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpac058>
 16. Heinonen T., Pukkala T., Antti A. Variation in forest landowners' management preferences reduces timber supply from Finnish forests. *Annals of Forest Science*. 2020; 77: 31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00939-z>
 17. Makinen H., Isomaki A. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology Management*. 2004; 201(2–3): 311-325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.016>
 18. Kellomäki S., Väisänen H., U F Kirschbaum M., Kirsikka-Aho S., Peltola H. Effects of different management options of Norway spruce on radiative forcing through changes in carbon stocks and albedo. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2021; 94(4): 588-597. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab010>
 19. Собачкин Р.С., Собачкин Д.С., Петренко А.Е. Особенности роста и продуктивности сосновых молодняков, сформированных из деревьев различного ценотического статуса. *Сибирский лесной журнал*. –2022. – №. 3. – С. 34-39. DOI: [10.15372/SJFS20220304](https://doi.org/10.15372/SJFS20220304)

20. Кузьмичев В.В., Каплина Н.Ф. Оценка древесины, выбираемой при рубках ухода в сосняках хвойно-широколиственной зоны. Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – №. 2(34). – С. 5-14. DOI: <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2017.2.5>
21. Попов О.С., Третяков С.В., Новоселов А.С. Лесоводственная эффективность проведения несплошной лесозаготовки древесины в сосняках после гидротехнической мелиорации в Сокольском районе Вологодской области. Лесотехнический журнал. – 2023. – Т.13. – №4 (52). – С. 72-91. DOI: [10.34220/issn.2222-7962/2023.4/5](https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/5)
22. Grigoreva O., Runova E., Ivanov V., Savchenkova V., Hertz E., Voronova A., Shvetsova V., Grigorev I., Lavrov M. Comparative analysis of thinning techniques in pine forests. Journal of Forestry Research. 2022; 33 (4): 1145-1156. DOI: doi.org/10.1007/s11676-021-01415-8
23. Крюк В.И., Магасумова А.Г., Пульников А.П., Залесова Е.С. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках национального природного парка "Припышминские боры". Аграрный вестник Урала. – 2009. – Т. 8(62). – С. 103-105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18639576>
24. Kellomäki S. Commercial Thinning and Selective Cutting with Impacts on Forest Carbon. In: Forest Management for Timber Production and Climate Change Mitigation. Managing Forest Ecosystems. Springer, Cham, 2024; 44: 271-310. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71575-4_10
25. Simon D-C., Ameztegui A. Modelling the influence of thinning intensity and frequency on the future provision of ecosystem services in Mediterranean mountain pine forests. European Journal of Forest Research. 2023; 142 (4): 521-535. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01539-y>
26. Garcia-Gonzalo J., Peltola H., Briceño-elizondo E., Kellomaki S. Changed thinning regimes may increase carbon stock under climate change: A case study from a Finnish boreal forest. Climatic Change. 2007; 81: 431-454. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9149-8>
27. Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е., Семенякин Д.А., Собачкин Д.С., Собачкин Р.С. Густота сосновых древостоев при интенсивном лесовыращивании. Сибирский лесной журнал. – 2017. – №. 6. – С. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20170608>
28. Данилов Д.А., Беляева Н. В., Зайцев Д. А., Анисимова И. М. Таксационные показатели и товарная структура спелых смешанных древостоев сосны и ели в зеленомошных типах леса // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т.12. – №. 2 (46). – С. 14–29. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/2>
29. Сырников И.А. Сортиментная структура вырубаемой части сосновых насаждений при проведении проходных рубок в Ленинградской области. Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 689. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20992785>

References

1. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N., Vasilyeva O.A., Koryakina D.M., Tsypilev S.V. Osobennosti i lesovodstvennaya effektivnost' prohodnyh rubok v osushaemyh leash. [Peculiarities and silvicultural efficiency of passing cuttings in drained forests]. Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoy akademii = The Journal «Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoy akademii». 2023; 242: 28-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.28-42>
2. Surina E. A., Minin N. S. Formirovanie smeshannyh sosново-berezovyh nasazhdenij so vtorym yarusom eli pod vliyaniem rubok uhoda. [Formation of mixed pine-birch stands with a second storey of spruce under the influence of thinning]. Sibirskij Lesnoj Zurnal = Siberian Journal of Forest Science. 2023; 2: 26–32 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230203>
3. Tetyukhin S.V., Pavskaya M.V. Obshchaya ocenka estestvennogo lesovozobnovleniya po preobladayushchim porodam, tipam lesa i tipam lesorastitel'nyh uslovij na territorii Lisinskoj chasti Uchebno-opytного lesnichestva Leningradskoj oblasti. [General assessment of natural reforestation by the prevailing species, types of forest and types of growing conditions on the territory of the Lisinsky part of the Leningrad Region Training and Experimental Forestry]. Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoy akademii= The Journal «Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoy akademii». 2021; 235:71-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2021.235.71-83>
4. Power H., Tremblay S., Auger I., Duchateau E. Effects of commercial thinning on characteristics of naturally regenerated coniferous stands from Eastern North-America. Canadian Journal of Forest Research. 2024; 54(9): 1003–1017.

DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2024-0009>

5. Nikooy M., Tavankar F., Naghdi R., Ghorbani A., Jourgholami M., Picchio R. Soil impacts and residual stand damage from thinning operations. *International Journal of Forest Engineering*. 2020; 31(3): 126-137. DOI: <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1744954>
6. Tavankar F., Bonyad A.E., Nikooy M., Picchio R., Venanzi R., Calienno L. Damages to soil and tree species by cable-skidding in Caspian forests of Iran. *For. Syst.* 2017; 26(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2017261-09100>
7. Sirén M. Tree Damage in Single-Grip Harvester Thinning Operations. *Journal of Forest Engineering*. 2001; 12(1): 29-38.
8. Bertolotto P., Calienno L., Conforti M., D'Andrea E., Lo Monaco A., Magnani E., Marinšek A., Micali M., Picchio R., Sicuriello F., Spina R., Venanzi R. Assessing indicators of forest ecosystem health. *Ann. Silvi. Res.* 2016; 40(1): 64-69.
9. Picchio R., Mederski P.S., Tavankar F. How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands. *Current Forestry Reports*. 2020; 6: 115–128. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00113-8>
10. Ilintsev A.S., Shamontev I.G., Tretyakov S.V. Sovremennaya dinamika lesopol'zovaniya v boreal'nyh lesah Rossii (na primere Arhangel'skoj oblasti). [Modern dynamics of forest use in the boreal forests of Russia (for example of the Arkhangelsk region)]. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forest Engineering journal*. 2021; 11(3(43)): 45-62 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4>
11. Hiltunen M., Strandman H., Kilpeläinen A. Optimizing forest management for climate impact and economic profitability under alternative initial stand age structures. *Biomass and Bioenergy*. 2021; 147: 106027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106027>
12. Zarubina L.V., Karbasnikov A.A., Peshin D.A. Otsenka vozobnovitel'nykh protsessov pod pologom prispevayushchikh khvoynykh drevostoev v Vologodskoy oblasti. [Renewable processes under maturing coniferous stands crown in Vologda region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*. 2021; 25(2); 10-18. (In Russ.). DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-10-18
13. Korchagov S.A., Minin N.S., Surina E.A., Gogoleva L.G. Vosproizvodstvo hvoynykh drevostoev kompleksnymi rubkami. [Reproduction of coniferous stands Complex logging]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2023; 246:152-161. (In Russ.) <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.246.152-161>
14. Pikkarainen L., Strandman H., Vento E., Petty A., Tikkanen O.-P., Kilpeläinen A., Peltola H. 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>
15. Kellomäki S., Strandman H., Kirsikka-Aho S., U F Kirschbaum M., Peltola H. Effects of thinning intensity and rotation length on albedo- and carbon stock-based radiative forcing in boreal Norway spruce stands, *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2023; 96(4): 518-529, DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpac058>
16. Heinonen T., Pukkala T., Antti A. Variation in forest landowners' management preferences reduces timber supply from Finnish forests. *Annals of Forest Science*. 2020; 77: 31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00939-z>.
17. Makinen H., Isomaki A. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *For. Ecol. Manag.* 2004; 201(2–3): 311-325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.016>.
18. Kellomäki S., Väisänen H., U F Kirschbaum M., Kirsikka-Aho S., Peltola H. Effects of different management options of Norway spruce on radiative forcing through changes in carbon stocks and albedo, *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2021; 94(4): 588-597. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab010>
19. Sobachkin R.S., Sobachkin D.S., Petrenko A.E. Osobennosti rosta i produktivnosti osnovnykh molodnjakov, sformirovannykh iz derev'ev razlichnogo cenoticheskogo statusa. [The specifics of growth and productivity of young pine stands, formed of the trees of the different cenotic position]. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2022; 3: 34-39. (In Russ.). DOI: 10.15372/SJFS20220304.
20. Kuzmichev V.V., Kaplina N.F. Ocenka drevesiny, vybiraemoj pri rubkah uhoda v sosnyakah hvojno-shirokolistvennoj zony [Evaluation of Wood Selected by Thinning in Pine Forests of the Coniferous Broad-Leaved Zone]. *Vestnik PGU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2017; 2(34): 5-14. (In Russ.). DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.5

21. Popov O.S., Tretyakov S.V., Novoselov A.S. Lesovodstvennaja jeffektivnost' provedenija nesploshnoj lesozagotovki drevesiny v sosnjakah posle gidrotehnicheskoy melioracii v Sokol'skom rajone Vologodskoj oblasti. [Silvicultural efficiency of the partial cut in pine forests after hydro technical reclamation in the Sokolsky district of the Vologda region]. Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering journal, 2023; 13(4(52)): 72-91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/5>.
22. Grigoreva, O., Runova, E., Savchenkova, V. et al. Comparative analysis of thinning techniques in pine forests. J. For. Res. 2022; 33. 1145-1156. DOI: doi.org/10.1007/s11676-021-01415-8
23. Krjuk V., Magasumova A., Pul'nikov A., Zalesova E. Lesovodstvennaja jeffektivnost' rubok uhoda v sosnjakah nacional'nogo prirodnogo parka "Pripishminskie bory". [Forestry effectiveness thinning operations piny stands in park "Pripishminskie bory"]. Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian bulletin of the Urals. 2009; 8(62): 103-105. (In Russ.).
24. Kellomäki S. Commercial Thinning and Selective Cutting with Impacts on Forest Carbon. In: Forest Management for Timber Production and Climate Change Mitigation. Managing Forest Ecosystems. 2024; 44. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71575-4_10
25. Simon D.C., Ameztegui A. Modelling the influence of thinning intensity and frequency on the future provision of ecosystem services in Mediterranean mountain pine forests. Eur J Forest Res 142, 521–535 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01539-y>
26. Garcia-Gonzalo J., Peltola H., Briceño-elizondo E. et al. Changed thinning regimes may increase carbon stock under climate change: A case study from a Finnish boreal forest. Climatic Change 2007; 81: 431–454. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9149-8>
27. Ivanov V.V., Borisov A.N., Petrenko A.E., Semenyakin D.A., Sobachkin D.S., Sobachkin R.S. Gustota sosnovyh drevostoev pri intensivnom lesovyrashhivanii [The density of pine stands under intensive forest growing]. Sibirskij Lesnoj Zurnal. [Siberian Journal of Forest Science]. 2017. 6: 102-109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20170608>
28. Danilov D. A., Beliaeva N. V., Zaytsev D. A., Anisimova I. M. Taksacionnye pokazateli i tovarnaya struktura spelyh smeshannyh drevostoev sosny i eli v zelenomoshnyh tipah lesa [Taxation characteristics and commodity structure of mature pine and spruce mixed stands in green-moss forest types]. Lesotekhnicheskii zhurnal = Forest Engineering journal. 2022; 12(2(46)): 14-29 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/2>
29. Syrnikov I.A. Sortimentnaya struktura vyrubaemoj chasti sosnovyh nasazhdenij pri provedenii prohodnyh rubok v Leningradskoj oblasti [Assortment structure of cutting peace of pine plantations during realization of commercial thinning in the Leningrad region]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education. 2013; 5: 689. (In Russ.) <https://elibrary.ru/item.asp?id=20992785>

Сведения об авторах

✉ *Богданов Александр Петрович* – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник ФБУ «СевНИИЛХ», ул. Никитова, 13. г. Архангельск, Российская Федерация, 163062, доцент кафедры лесоводства и лесостроительства ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Российская Федерация, 163002, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1655-7212>, e-mail: aleksandr_bogd@mail.ru.

Ильинцев Алексей Сергеевич – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, Российская Федерация, 163062, доцент кафедры лесоводства и лесостроительства ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Российская Федерация, 163002, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3524-4665>, e-mail: a.ilintsev@narfu.ru.

Третьяков Сергей Васильевич – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник ФБУ «СевНИИЛХ», ул. Никитова, 13. г. Архангельск, 163062, Российская Федерация, профессор кафедры лесоводства и лесостроительства, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», набережная Сев. Двины, 17, г. Архангельск, Российская Федерация, 163002, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5982-3114>, e-mail: s.v.tretyakov@narfu.ru.

Коптев Сергей Викторович – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник ФБУ «СевНИИЛХ», ул. Никитова, 13. г. Архангельск, 163062, Российская Федерация, профессор, зав. кафедрой лесоводства и лесостроительства, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, Российская Федерация, 163002, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5402-1953>, e-mail: s.v.koptev@narfu.

Information about the authors

✉ *Alexander P. Bogdanov* – Cand. Sci. (Agriculture), Senior researcher of the Northern Research Institute of Forestry, Nikitova str., 13, Arkhangelsk, 163062, Associate professor, Department of Silviculture and Forest Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Northern Dvina emb., 17, Arkhangelsk, Russian Federation, 163002, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1655-7212>, e-mail: aleksandr_bogd@mail.ru.

Aleksey S. Ilintsev – Cand. Sci. (Agric.), Senior researcher of Northern Research Institute of Forestry, Nikitov str., 13, Arkhangelsk, Russian Federation, 163062, Associate professor, Department of Silviculture and Forest Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Northern Dvina emb., 17, Arkhangelsk, Russian Federation, 163002, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3524-4665>, e-mail: a.ilintsev@narfu.ru.

Sergey V. Tretyakov – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Scientific Officer of the Northern Research Institute of Forestry, Nikitova str., 13. Arkhangelsk, 163062, Russian Federation, Professor of the Department of Forestry and Forest Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, embankment of the Northern Dvina, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5982-3114>, e-mail: s.v.tretyakov@narfu.ru.

Sergey V. Koptev – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Scientific Officer of the Northern Research Institute of Forestry, Nikitova str., 13, Arkhangelsk, 163062, Russian Federation, Professor, Head of the Department of Forestry and Forest Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, embankment of the Northern Dvina, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5402-1953>, e-mail: s.v.koptev@narfu.

✉ Для контактов | Corresponding author