

УДК 630.741

ВЛИЯНИЕ ДОБРОВОЛЬНО-ВЫБОРОЧНОЙ РУБКИ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ И РОСТ СОСНЯКА ЧЕРНИЧНОГО В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Д. В. Тесля*, В. А. Ананьев, С. А. Мошников, А. Н. Пеккоев

Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
(ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910),
*teslya.dmitriy@yandex.ru

Проанализированы долговременные изменения структуры и производительности древостоя, а также особенности естественного возобновления смешанного сосняка черничного, пройденного в 1996 г. интенсивной добровольно-выборочной рубкой (ДВР). В варианте с рубкой отмечено увеличение густоты за счет активного пополнения основной части древостоя елью из подроста. На контроле в этот же период наблюдалось сокращение численности, в основном за счет сосны и березы. Средние диаметр и высота увеличились на обоих участках, при этом в варианте с рубкой приросты оказались закономерно выше. Установлено, что спустя 27 лет после рубки запас древесины восстановился на 86 % от исходного, при этом темпы его текущего прироста существенно превышают значения на контроле. Так, текущий среднепериодический прирост за весь послерубочный период составил 4,8 м³/га в год, а за последний учетный период (9 лет) – 6,6 м³/га в год против, соответственно, 1,6 и 1,4 м³/га в год на контрольном участке. Рубка оказала положительное влияние на естественное возобновление древесных пород, в том числе хвойных. Общее количество подроста сосны и ели спустя 27 лет после рубки составило 2,6 тыс. шт./га, что в 4 раза превосходило показатель контроля. При этом 0,4 тыс. шт./га подроста относится к категории крупного, что указывает на перспективу сохранения породного состава и формирования сложной вертикальной структуры сообщества. Приведенные в статье результаты свидетельствуют об эффективности выборочных рубок в защитных хвойно-лиственных древостоях средней тайги для поддержания их устойчивости и сохранения экосистемных функций, а также возможности рационального хозяйственного использования древесных ресурсов.

Ключевые слова: сосна; ель; сосняк черничный; выборочные рубки; долговременная динамика; естественное возобновление; интенсивность рубки

Для цитирования: Тесля Д. В., Ананьев В. А., Мошников С. А., Пеккоев А. Н. Влияние добровольно-выборочной рубки высокой интенсивности на состояние и рост сосняка черничного в условиях среднетаежной подзоны Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 7. С. 64–79. doi: 10.17076/eco2335

Финансирование. Работа выполнена при финансировании из федерального бюджета в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

D. V. Teslya*, V. A. Ananyev, S. A. Moshnikov, A. N. Pekkoiev. EFFECTS OF HIGH-INTENSITY SELECTION CUTTING ON THE CONDITION AND GROWTH OF A BILBERRY-TYPE SCOTS PINE STAND IN THE MIDDLE-TAIGA SUBZONE OF KARELIA, RUSSIA

*Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *teslya.dmitriy@yandex.ru*

Long-term changes in stand structure and productivity, as well as the features of natural regeneration in a mixed bilberry-type Scots pine stand subjected to high-intensity selection cutting in 1996, were analysed. Compared with the control, the harvested stand showed an increase in stand density due to active recruitment of Norway spruce from advance regeneration into the main stand layer. During the same period, the control stand exhibited a decrease in stand density, mainly due to the loss of Scots pine and birch. Mean diameter and height increased in both plots; however, growth increments were consistently higher in the selectively cut stand. Twenty-seven years after harvesting, the growing stock recovered to 86% of its initial level, while the current increment rates substantially exceeded those observed in the control plot. The increment averaged over the entire post-harvest period was $4.8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$, the average during the last measurement interval (9 years) being $6.6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$. The respective figures for the control plot are 1.6 and $1.4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$. Selection cutting had a positive effect on the natural regeneration of tree species, including conifers. Twenty-seven years after harvesting, the total density of Scots pine and Norway spruce regeneration reached 2.6 thousand individuals ha^{-1} , which was four times higher than in the control plot. Of these, 0.4 thousand individuals ha^{-1} belonged to the large-size regeneration category, indicating favourable prospects for maintaining the species composition and the formation of a complex vertical stand structure. The results presented in this study demonstrate the effectiveness of selection cutting in protective mixed mid-boreal coniferous–deciduous stands for maintaining stand stability and ecosystem functions, as well as the possibility of sane and sustainable utilization of timber resources.

Keywords: Scots pine; Norway spruce; bilberry-type Scots pine stand; selection cutting; long-term stand dynamics; natural regeneration; cutting intensity

For citation: Teslya D. V., Ananyev V. A., Moshnikov S. A., Pekkoiev A. N. Effects of high-intensity selection cutting on the condition and growth of a bilberry-type Scots pine stand in the middle-taiga subzone of Karelia, Russia. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 7. P. 64–79. doi: 10.17076/eco2335

Funding. This work was supported by federal budget funding within the framework of state assignment of the Forest Research Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences.

Введение

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации [Лесной кодекс..., 2006] леса по целевому назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные. В Республике Карелия по состоянию на 2025 г. защитные леса занимают 32,4% общей площади земель лесного фонда [О состоянии окружающей среды..., 2025], что обусловлено приуроченностью региона к бассейнам многочисленных рек и озер, включая Онежское и Ладожское. Законодательство допускает заготовку древесины в защитных лесах исключительно при условии сохранения их средообразующих, водоохраных и других полезных функций. Роль лесов данной категории и важность их сохранения

отмечена в большом количестве публикаций [Ковязин и др., 2008; Залесов и др., 2017; Иванова, Бураков, 2020; Замолодчиков и др., 2022; Синькевич, 2022].

Смешанные относительно разновозрастные насаждения характеризуются большей биологической устойчивостью по сравнению с чистыми древостоями [Неволин и др., 2003; Bielak et al., 2014; Данилов, Яковлев, 2024]. Формирование сложной пространственной и возрастной структуры позволяет таким лесам более эффективно использовать ресурсы среды и сохранять устойчивость в условиях внешнего воздействия [Рубцов и др., 2014; Загидуллина, 2021]. Кроме того, как указывают ряд авторов [Неволин и др., 2004; Ruiz-Peinado et al., 2021], смешанные сосново-еловые насаждения в ряде

случаев демонстрируют большую продуктивность по сравнению с чистыми сосняками благодаря более полному использованию ресурсов. Отмечалось также, что смешанные насаждения обладают повышенной устойчивостью к энтомо- и фитовредителям [Gorzela et al., 2015; Коротков, 2017; Jactel et al., 2021], ветровалам и засухам [Носников и др., 2018], что особенно важно для защитных лесов и определяет эффективность выполнения ими экосистемных функций.

Выборочные рубки рассматриваются как наиболее эффективный способ ведения лесного хозяйства в защитных лесах [Лазарева, 2017; Ковалев и др., 2024]. Добровольно-выборочные рубки направлены на сохранение перспективных деревьев за счет удаления фауных, перестойных и угнетенных экземпляров, что положительно влияет на рост и состояние оставшегося древостоя [Тихонов, Якушева, 2016]. В защитных лесах добровольно-выборочные рубки позволяют поддерживать сложную разновозрастную структуру древостоя и обеспечивать успешное естественное возобновление без существенных затрат на лесовосстановление. Кроме того, данный вид рубок способствует снижению пожарной опасности за счет своевременной выборки потенциального отпада [Бунькова, Платонов, 2021].

Влияние выборочных рубок на естественное возобновление леса проявляется через изменение экологических условий [Беляева, Грязькин, 2012; Рожков и др., 2017]. Так, в отличие от сплошных рубок выборочные позволяют избежать резкого изменения микроклимата и гидрологического режима местообитания [Коновалов, 2011]. Кроме того, минерализация почвы на волоках может увеличивать численность всходов сосны по сравнению с пасеками [Семенякин, 2019]. Однако при слишком высокой интенсивности данный вид рубок может иметь и негативные последствия для молодого поколения древесных пород. На хорошо дренированных почвах хвойный подрост способен успешно адаптироваться, а на переувлажненных участках может наблюдаться снижение сохранности предварительного возобновления вследствие механических повреждений и шока от резкого осветления [Столяров, Кузнецова, 1979]. Также в богатых условиях и высокой густоте травяно-кустарничкового яруса чрезмерное изреживание ведет к задержанию почвы, препятствующему появлению и развитию подроста [Мелехов, 1966; Беляева, Грязькин, 2012; Беспалов и др., 2025].

Древесные породы неодинаково реагируют на изменение конкурентной среды. Ель (*Picea*

abies (L.) H. Karst) благодаря теневыносливости успешно адаптируется к умеренному освещению, увеличивая прирост в высоту [Зарубина, Кулакова, 2020], но крайне чувствительна к резкой смене микроклимата. На открытых пространствах, образующихся при высокоинтенсивных рубках, еловый подрост часто гибнет от повреждения корневой системы, а также от температурных перепадов, например летнего перегрева поверхности почвы, который вызывает ожог корневой шейки [Толстиков, 2019], и заморозков [Мелехов, 1966]. Подрост сосны (*Pinus sylvestris* L.) может активно накапливаться в раннем возрасте. Однако в дальнейшем в связи с активным заполнением «окон» и волоков лиственными породами подрост этой породы без необходимого ухода массово отмирает [Ковязин и др., 2008; Белов и др., 2022; Богданов и др., 2025]. В совокупности данные факторы позволяют рассматривать выборочные рубки как один из наиболее рациональных способов заготовки древесины при сохранении устойчивости и функциональности защитных лесов. Ввиду этого основная цель нашего исследования – оценить долговременное влияние добровольно-выборочной рубки высокой интенсивности на динамику структуры, продуктивности и породного состава смешанного хвойно-лиственного древостоя.

Материалы и методы

Исследование проводилось в среднетаежной подзоне Республики Карелия (Российская Федерация) в водоохранной зоне Онежского озера (Кондопожский район, 62°09'N, 34°37'E) (рис. 1), на месте проведения опытно-производственных рубок площадью 9 га. Постоянные пробные площади (ППП) были заложены сотрудниками Института леса Карельского научного центра РАН под руководством В.А. Ананьева в 1995 г. перед рубкой древостоя. Тип леса – сосняк черничный. Возраст преобладающей по составу в древостое сосны на 1995 г. составлял 110 лет.

Добровольно-выборочная рубка была проведена зимой 1996 г., интенсивность составила 59% по запасу и 53% по числу стволов. Валка производилась бензопилами, погрузка и транспортировка осуществлялась с помощью форвардера ЛТ-189, разработанного учеными КарНЦ для лесной промышленности на базе трактора МТЗ-80. Глубина колеи не превышала 10 см ввиду зимнего сезона рубки. Площадь опытной ППП, пройденной рубкой, составила 0,78 га, контрольной – 0,20 га. Ширина пасек составляла 30 м, волоков – 5 м.



Рис. 1. Район проведения исследования:

а – местоположение исследуемого участка на карте; б – исследуемый участок, пройденный добровольно-выборочной рубкой (53 % по числу стволов, 59 % по запасу спустя 27 лет)

Fig. 1. Study area:

а – location of the study site on the map; б – the study stand subjected to high-intensity selection cutting (53 % by number of trunks and 59 % by growing stock 27 years after harvesting)

Интенсивность была обусловлена необходимостью полной выборки осины в целях поддержания благоприятного санитарного состояния древостоя.

На ППП выполнены сплошные перечеты древостоя до и после рубки (1996 г.), а также в 2013 и 2022 гг. При перечетах у всех деревьев с диаметром более 6 см измерялся диаметр на высоте 1,3 м с использованием мерной вилки Haglöf (Швеция). Высота измерялась у 20–25 деревьев каждой породы различных ступеней толщины высотомером Suunto (Финляндия).

Среднепериодический текущий прирост запаса древостоя определялся по формуле [Антанайтис, Загреев, 1981]:

$$\Delta M = \frac{M_a - M_{a-n}}{n},$$

где ΔM – среднепериодический текущий прирост запаса древостоя ($\text{м}^3/\text{га}$ в год); M_a – запас древостоя в возрасте a (на конец рассматриваемого периода); M_{a-n} – запас древостоя в возрасте $a-n$ (на начало периода); n – продолжительность периода наблюдений (лет).

Учет естественного возобновления проводился на учетных площадках, площадью 1 м^2 ($1 \times 1 \text{ м}$), расположенных на 4 трансектах, заложенных по внутреннему периметру вдоль границ ППП. Перечет подроста велся с разделением по категориям крупности по высоте (мелкий – до 0,5 м, средний – 0,5–1,5 м, крупный – более 1,5 м) [Об утверждении..., 2021]. Дополнительно фиксировалось состояние подроста (жизнеспособный / нежизнеспособный) на основании визуальных признаков (цвет хвои, состояние вершины, наличие признаков усыхания).

Визуализация выполнялась в программной среде RStudio [v. 4.5; R Core Team, 2025], использовались такие пакеты, как ggplot2 и dplyr.

Результаты и обсуждение

В результате 27-летних наблюдений (1996–2022 гг.) выявлена динамика таксационных показателей насаждения после добровольно-выборочной рубки (табл. 1). Проведенная рубка относится к рубкам очень высокой интенсивности. Наибольшей выборкой среди пород характеризовались осина (88 % по числу стволов и 91 % по запасу), сосна старшего поколения (72 и 70 %) и береза (65 и 62 %, соответственно). По ели, в силу ее размеров на момент рубки выборка составила 23 % по густоте и 9 % по запасу. Показатели свидетельствуют о том, что осина, сосна и береза вырубались по комбинированному методу, поскольку выборки по густоте и запасу близки по значениям, в то время как метод отбора ели больше соответствует низовому, так как интенсивность по количеству деревьев в 2,5 раза превышает интенсивность по запасу. Учитывая размеры ели на период рубки, можно предположить, что ее выборка была обусловлена не хозяйственной ценностью, а, скорее, необходимостью, к примеру, прорубания технологических коридоров (волоков).

Изменение густоты. Сравнительный анализ данных на опытном и контрольном участках выявил различную динамику численности древостоя по породам (рис. 2). Ель на обоих участках характеризовалась увеличением численности, а сосна и береза, напротив, ее снижением, связанным с естественным отпадом.

Таблица 1. Динамика таксационных показателей насаждения после проведения добровольно-выборочной рубки
Table 1. Dynamics of stand characteristics after selective cutting in 1996

Период исследований Observation period	Состав Species composition	Густота, шт./га Density, trees/ha	Средние Mean values		Полнота Stand density		Запас, м³/га Growing stock, m³/ha	Класс бонитета Site class
			D _{1,3} , см DBH, cm	H, м H, m	Абсолютная, м³/га Absolute, m³/ha	Относительная Relative		
1996 г. (до рубки) 1996 (before cutting)	2.9C ₁₁₀	86	31,1	23,3	6,45	0,18	80	III
	2.2C ₇₀	342	17,9	18,4	5,91	0,16	60	
	0.9E ₅₀	206	14,1	14,8	3,23	0,12	25	
	2.9B ₉₀	288	18,7	22,4	7,93	0,29	79	
	1.10C ₉₀	94	20,0	22,5	3,0	0,09	32	
ИТОГО Total		1016			26,52	0,84	276	
1996 г. (после рубки) 1996 (after cutting)	2.1C ₁₁₀	24	27,7	21,0	2,23	0,11	24	III
	2.9C ₇₀	185	15,3	18,7	3,39	0,06	32	
	2.2E ₅₀	159	15,3	15,6	2,93	0,11	23	
	2.6B ₉₀	100	19,3	22,7	2,92	0,11	30	
	0.20C ₉₀	11	17,3	21,3	0,26	0,01	3	
ИТОГО Total		479			11,73	0,40	112	
2013	1.6C ₁₂₀	22	37,9	25,3	2,46	0,07	29	III
	3.0C ₈₀	156	20,6	20,9	5,19	0,15	52	
	3.2E ₆₀	208	19,2	20,9	6,0	0,19	57	
	2.2B ₁₀₀	79	23,5	24,3	3,43	0,12	39	
ИТОГО Total		465			17,08	0,53	177	
2022	1.5C ₁₃₀	22	40,9	26,1	2,85	0,07	35	III
	2.9C ₉₀	155	22,8	22,6	6,3	0,16	68	
	3.5E ₇₀	255	20,6	22,4	8,5	0,23	84	
	2.1B ₁₁₀	79	24,7	23,8	3,8	0,13	49	
ИТОГО Total		511			21,45	0,59	236	
Контроль Control								
1996	1.6C ₁₁₀	73	28,3	21,7	4,82	0,15	46	III
	4.7C ₇₀	735	15,8	18,0	14,41	0,42	136	
	3.0B ₉₀	385	16,8	21,1	8,51	0,03	86	
	0.2E ₅₀	88	11,0	12,3	0,84	0,30	6	
	0.40C ₇₀	41	19,3	22,6	1,20	0,04	13	
ИТОГО Total		1322			29,78	0,94	287	
2013	1.8C ₁₂₀	65	30,9	25,2	4,88	0,12	56	III
	3.4C ₈₀	470	18,0	19,4	12,0	0,31	108	
	3.5B ₁₀₀	310	19,8	22,9	9,53	0,33	109	
	0.7E ₆₀	120	16,3	14,3	2,53	0,07	21	
	0.70C ₈₀	40	22,7	20,9	2,02	0,06	21	
ИТОГО Total		1005			30,96	0,89	315	
2022	1.8C ₁₃₀	55	33,9	25,9	4,96	0,13	58	III
	3.1C ₉₀	430	20,8	20,8	13,01	0,33	101	
	3.5B ₁₁₀	285	20,8	23,8	9,68	0,34	113	
	1E ₇₀	130	19,0	22,4	3,7	0,10	33	
	0.70C ₉₀	35	27,1	22,2	2,02	0,06	23	
ИТОГО Total		935			33,37	0,96	328	

К 2013 г. общая густота древостоя на опытном участке оставалась относительно стабильной (–3%), что было обусловлено компенсацией частичного отпада сосны старшего и младшего поколений (8 и 11%, соответственно), березы (13%) и полного выпадения

осины за счет активного пополнения численности ели (+30%). В дальнейшем (к 2022 г.) общая густота возросла на 7% – за счет увеличения количества ели (+23% к уровню 2013 г.) на фоне стабильности численности остальных пород.

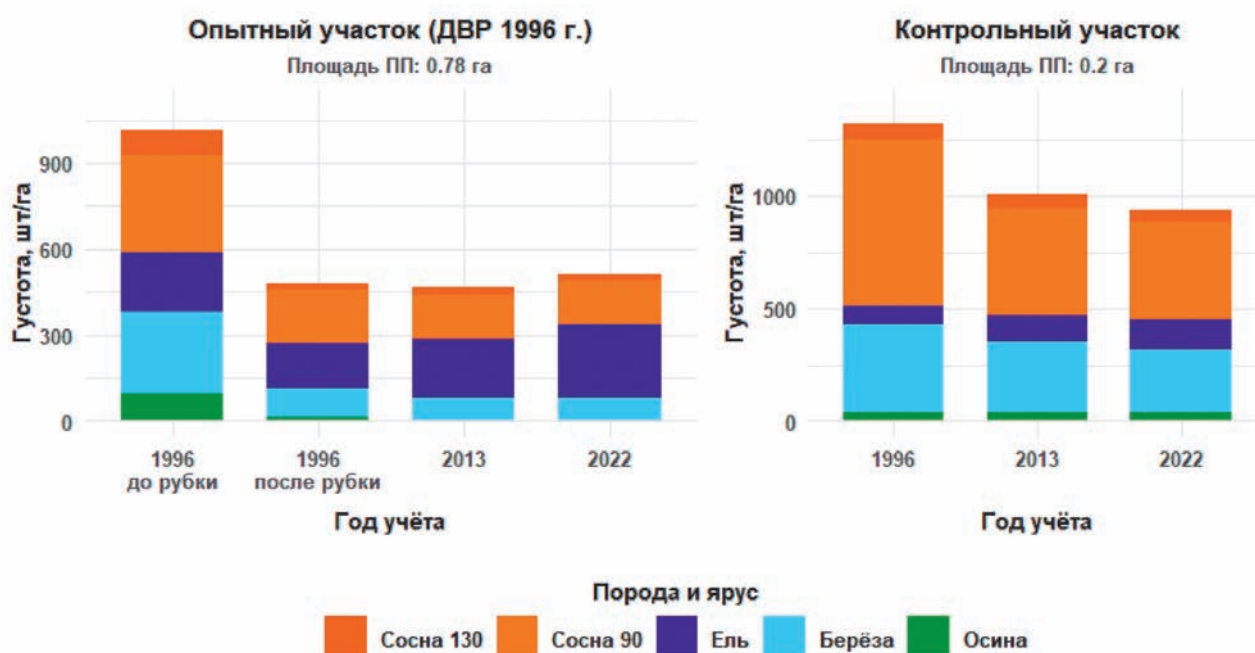


Рис. 2. Динамика численности древостоя по породам после добровольно-выборочной рубки 1996 г. на опытном и контрольном участках (1996–2022 гг.)

Fig. 2. Dynamics of forest stand by species after selective cutting in 1996 on the experimental and control plots (1996–2022)

На контрольном участке динамика носила иной характер. К 2013 г. общая густота сократилась на 24%. Снижение происходило преимущественно за счет отпада перестойной березы (–19%) и угнетенной сосны молодого поколения (–36%), средний диаметр сухостоя которой (9,8 см) был значительно ниже среднего диаметра растущих деревьев (15,8 см) на год рубки. Численность ели увеличилась на 36%, что, тем не менее, не компенсировало совокупный отпад сосны и березы в данный период. К 2022 г. общая густота сократилась еще на 7%, что было связано с дальнейшим изреживанием сосны (–9%) и березы (–8%). Численность ели также возросла, однако не столь значительно, как за предыдущий период (+8%).

Оценивая динамику численности за весь период наблюдений, можно отметить, что на опытном участке общие темпы пополнения пересчетной части древостоя елью (+60%) несколько превысили показатель контроля (+48%), а интенсивность изреживания остальных пород была существенно ниже. Так, общий отпад сосны старшего поколения на опытном участке составил 8% (на контроле – 25%), сосны младшего поколения – 16% (на контроле – 42%), березы – 21 и 26%, соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что проведение ДВР способствовало снижению интенсивности отпада. Существенное

снижение числа стволов в древостое в результате рубки привело к ослаблению конкуренции за свет, влагу и питательные вещества почвы, что проявилось в снижении интенсивности изреживания, в том числе среди деревьев старшего возраста. Можно предположить, что улучшение освещенности в результате рубки способствовало усилению фотосинтетической активности и перераспределению ресурсов на поддержание жизнедеятельности всех частей кроны, а фактор снижения густоты позволил увеличить площадь питания каждого отдельного дерева, на что указывалось ранее [Сеннов, 1984; Тужилкина, 2022; Зарубина и др., 2024]. В то же время в ряде исследований отмечаются и возможные негативные последствия выборочных рубок, такие как снижение устойчивости древостоев к ветровалам, вероятность механических повреждений стволов и корневых систем при рубке, а также усыхания части деревьев при чрезмерном разреживании [Зарубина и др., 2015; Теринов и др., 2023].

Изменение среднего диаметра и высоты. Анализ средних значений диаметра и высоты древостоев выявил различную динамику по породам на опытном и контрольном участках. На опытном участке наибольшее увеличение среднего диаметра за весь период наблюдений оказалось у сосны старшего и младшего поколений – 48 и 49%, соответственно. У ели

средний диаметр возрос на 35 %, у березы – на 28 %. Наименьшие значения у березы были обусловлены, на наш взгляд, высоким, близким к предельному, возрастом деревьев.

Динамика средней высоты на опытном участке имела иной характер. Наибольшие темпы увеличения средней высоты были зафиксированы у ели (44 %). Некоторое увеличение средней высоты наблюдалось и у сосны обоих поколений (около 20 %). У березы увеличение средней высоты за период наблюдений было минимальным (5 %).

На контрольном участке увеличение средних диаметров сосны обоих поколений и березы было менее выражено, чем на опытном (до 20–25 %). Аналогичная тенденция наблюдалась и в динамике средней высоты (+15–20 %). В то же время у ели, напротив, относительное увеличение средних диаметра и высоты оказалось выше, чем на опытном участке. Это, скорее всего, может объясняться различиями в динамике численности тонкомерной части древостоя. На опытном участке за весь период наблюдений количество деревьев ели в ступенях толщины 6–10 см увеличилось на 33 %, тогда как на контроле сократилось на 86 %. Таким образом, интенсивное пополнение пересчетной части древостоя опытного участка за счет подроста ели сдерживало увеличение показателя среднего диаметра и высоты. На контроле пополнение было значительно слабее, что привело

к более выраженной динамике средних показателей ели.

Изменение запаса. Сравнительный анализ динамики прироста по запасу древесины выявил существенные различия между опытными и контрольными участками (рис. 3). На опытном участке после изъятия более половины наличного запаса, к 2022 г. запас древесины еще не полностью восстановился и составил 236 м³/га, или 86 % от исходного запаса до проведения рубки. За первые 17 лет после рубки запас увеличился на 58 % по отношению к значению сразу после рубки, а в последующие 9 лет прирост увеличился еще на 33 % к значению запаса на 2013 г., что свидетельствует об ускорении восстановительных процессов в период наблюдений с 2013 по 2022, что отмечалось и ранее [Дерюгин, Глазунов, 2018; Галактионов и др., 2025]. На контрольном участке запас древесины за первые 17 лет увеличился на 10 % по сравнению с 1996 г. и к 2022 г. составил 14 % от исходного.

Текущий среднепериодический прирост на опытном участке в среднем за весь период наблюдений (27 лет) составил 4,8 м³/га в год, что в 3 раза превышало показатель контрольного участка (1,6 м³/га в год). Рассчитанный за последние 9 лет показатель на опытном участке достиг 6,6 м³/га в год, что более чем в 4,5 раза превышало значение контрольного участка за тот же период (1,44 м³/га в год).

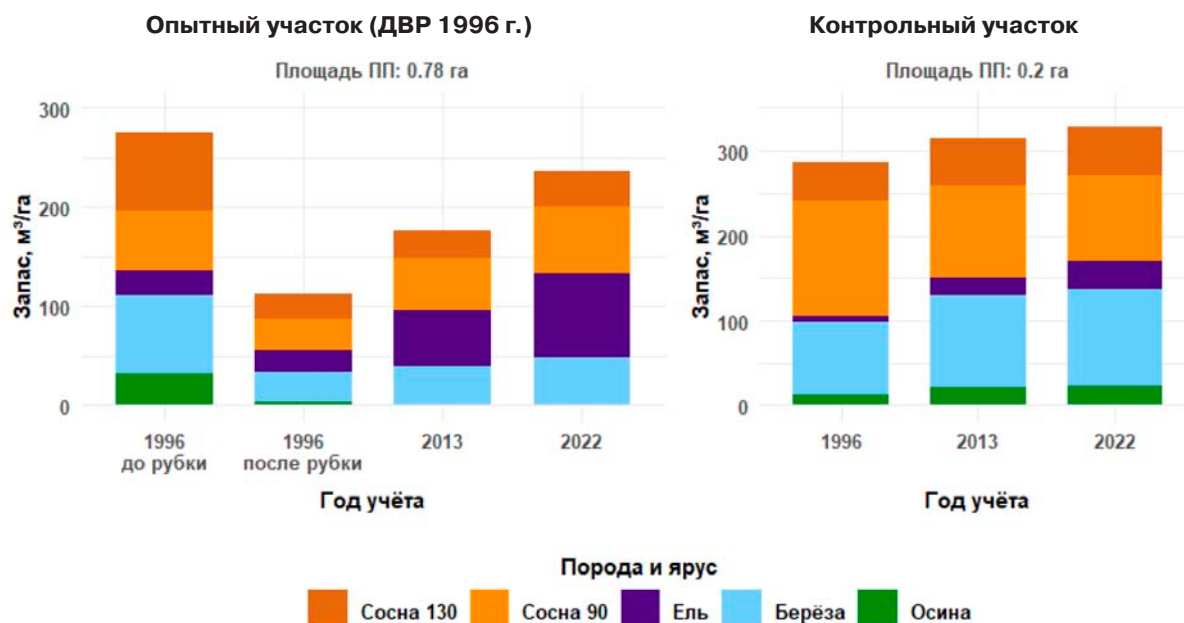


Рис. 3. Динамика запаса древесины по породам после добровольно-выборочной рубки 1996 г. на опытном и контрольном участках (1996–2022 гг.)

Fig. 3. Dynamics of timber stock by species after selective cutting in 1996 on the experimental and control plots (1996–2022)

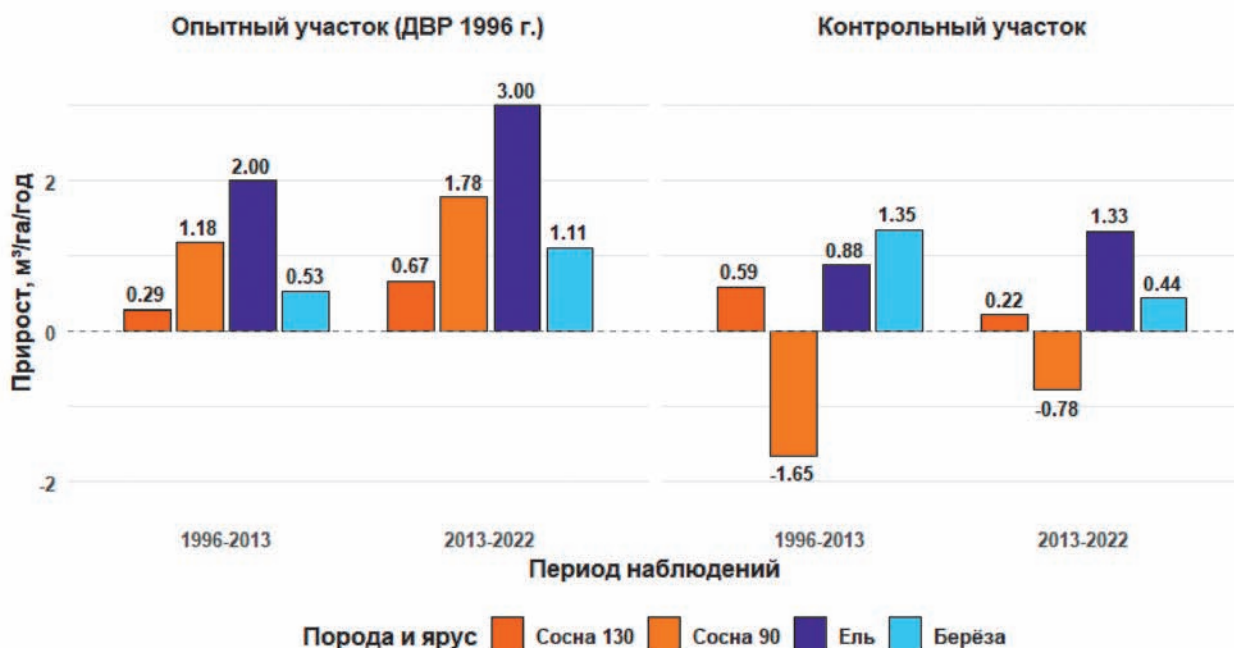


Рис. 4. Динамика изменения запаса после добровольно-выборочной рубки 1996 г. на опытном и контрольном участках (1996–2022 гг.)

Fig. 4. Dynamics of stand volume changes after selective cutting in 1996 on the experimental and control plots (1996–2022)

Для уточнения причин выявленных различий в величине текущего среднепериодического прироста был выполнен анализ вклада древесных пород в его формирование. На опытном участке в период с 1996 по 2013 г. текущий среднепериодический прирост характеризовался доминированием хвойных (рис. 4). Наибольший вклад в суммарный прирост обеспечивала ель, доля которой составляла 50 %, еще 30 % формировала сосна младшего поколения. Участие березы и старшего поколения сосны было существенно ниже – 13 и 7 %, соответственно. В период с 2013 по 2022 г. соотношение изменилось незначительно, поскольку участие ели и сосны младшего поколения в суммарном приросте несколько снизилось (до 46 и 27 %, соответственно), а сосны старшего поколения и березы чуть возросло (до 10 %), что в целом свидетельствует о сохранении ключевой роли ели и молодого поколения сосны в текущем формировании запаса.

На контрольном участке в 1996–2013 гг. текущий среднепериодический прирост формировался за счет березы (50 %), ели (33 %) и осины (17 %). В 2013–2022 гг. ведущую роль заняла ель, обеспечившая 67 % прироста, тогда как вклад березы и осины сократился до 22 и 11 %, соответственно. При этом отмеченный ранее интенсивный отпад сосны на контроле привел к снижению запаса этой породы, что оказало

сдерживающее влияние на величину общего (суммарного) прироста по запасу древостоя с 1996 по 2022 г.

В отличие от контроля, где распределение прироста было связано преимущественно с отпадом сосны младшего поколения, на опытном участке ключевую роль в формировании запаса сохраняли хвойные породы, в особенности ель. Вероятно, в первые годы после рубки древостой адаптировался к измененным условиям – путем перестройки корневой системы, изменения соотношения надземных и подземных частей, а также перераспределением физиологических ресурсов [Данилик и др., 1976; Борисов, Иванов, 2022]. Следует учитывать, что на момент проведения рубки ель относилась преимущественно к категории тонкомера и не вносила значительный вклад в общий запас [Ананьев и др., 2017]. Это соответствует общепринятому мнению о росте ели после рубок, когда максимальный прирост наблюдается не сразу, а спустя определенный период, необходимый для адаптации [Чиндяев, Матвеева, 2003]. Таким образом, ускорение восстановления запаса во второй половине периода наблюдений объясняется тем, что ель начинает активно развиваться и формировать новый ярус [Дерюгин, 2021].

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении общей производительности

древостоя после проведения рубки, что согласуется с представлениями о повышении использования продукционного потенциала местообитания за счет улучшения условий роста оставшихся деревьев и перераспределения ресурсов между породами [Матюшкин, Мошников, 2016; Иванов, Семенякин, 2021].

На фоне приведенных изменений в динамике различных показателей изменение породного состава является одним из наиболее показательных аспектов трансформации насаждения. Доля ели в составе возросла с 2,2 до 3,5, сосны 110 лет снизилась с 2,1 до 1,5, а для сосны 70 лет сохранилась на уровне 2,9. Участие березы снизилось с 2,6 после рубки до 2,1 к 2022 г., осина полностью исчезла из состава насаждений. На контрольном участке наблюдается иная тенденция: береза и осина за весь период наблюдений суммарно нарастили свою долю с 3,4 до 4,2 единицы против 2,8 и 2,1 единицы на опытном участке. Доля ели также несколько увеличилась, но менее значимо, чем на опытном участке (с 0,2 до 1,0).

Это свидетельствует о том, что ДВР не только создала благоприятные условия для активного развития ели, но и способствовала изменению соотношения пород в древостое – увеличению доли ели и соответствующему сокращению участия лиственных пород, тогда как на контроле доля лиственных продолжила увеличиваться. Согласно полученным данным, увеличение доли ели в составе на опытном участке было более значительным, чем на контроле, при этом доля сосны младшего поколения сохранилась на уровне 1996 г. Это позволяет предположить, что ДВР в долгосрочной перспективе может несколько ускорить естественный процесс

сукцессионной смены сосняка ельником [Беляева, Грязькин, 2012]. Причины могут заключаться в улучшении светового режима, снижении конкуренции за воду и питательные вещества, а также в создании благоприятных условий для развития подроста ели, который в условиях высокой полноты соснового насаждения обычно находится в угнетенном состоянии [Ипатов, 2010; Коновалов, Зарубина, 2011].

Естественное возобновление. До проведения рубки в 1996 г. на опытных участках были отмечены единичные жизнеспособные экземпляры подроста хвойных и лиственных пород. Произошедшие после выборочной рубки изменения экологических условий (освещенности, температурного режима, почвенного питания) существенным образом отразились на обилии и успешности последующего естественного возобновления. К концу второго (2013 г.) и середине третьего (2022 г.) десятилетия на участках после рубки густота подроста колебалась в пределах 4 тыс. шт./га, в то время как на контроле его число в эти периоды составляло, соответственно, 0,5 и 0,8 тыс. шт./га (табл. 2). При этом доля сосны и ели на участках, пройденных выборочной рубкой, была равна 65 %, при их встречаемости 23 %.

Схожие результаты были получены при исследовании выборочных и постепенных рубок в сосново- и елово-лиственных древостоях зеленомошной группы типов леса Ленинградской и Архангельской областей [Беляева и др., 2012; Ильинцев и др., 2017], ленточных боров Алтайского края [Малиновских, Маленко, 2018], где рубки также существенно увеличили численность хвойного подроста. Авторы подчеркивают, что, несмотря на существенную

Таблица 2. Динамика естественного возобновления после добровольно-выборочной рубки и на контрольном участке

Table 2. Dynamics of natural regeneration after selective cutting and on the control plot

Вариант опыта Treatment	Год учета Year	Средняя высота, м Mean height, m				Густота, шт./га Density, ind./ha
		Количество экземпляров, шт./га Number of individuals, ind./ha				
		Сосна Pine	Ель Spruce	Береза Birch	Осина Aspen	
Рубка Cutting	2013	$\frac{0,8}{634}$	$\frac{0,8}{1444}$	$\frac{1,0}{141}$	$\frac{1,1}{1655}$	3873
	2022	$\frac{0,8}{1117}$	$\frac{0,8}{1480}$	$\frac{1,4}{698}$	$\frac{1,1}{644}$	3937
Контроль Control	2013	–	$\frac{1,0}{455}$	–	–	455
	2022	$\frac{0,1}{50}$	$\frac{0,4}{600}$	$\frac{1,8}{50}$	$\frac{0,8}{100}$	800

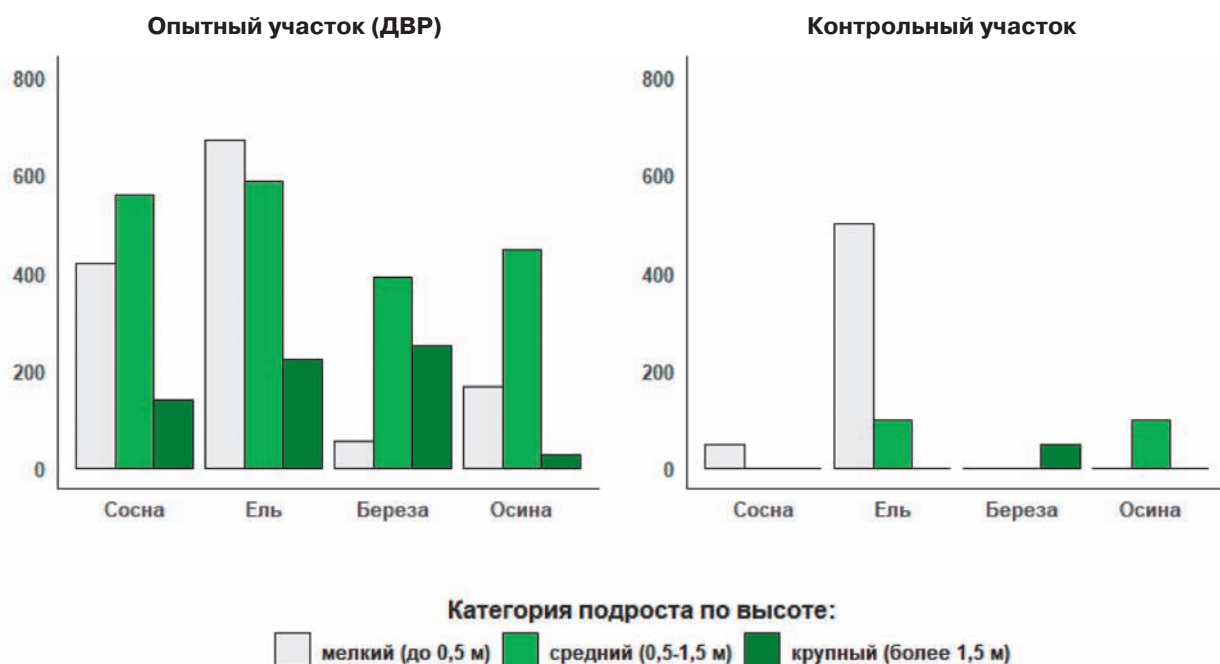


Рис. 5. Распределение подроста хвойных и лиственных пород по категориям крупности через 27 лет после добровольно-выборочной рубки и на контрольном участке

Fig. 5. Distribution of coniferous and deciduous species regeneration by height categories 27 years after selective cutting and on the control plot

роль экологических факторов, успешность лесовозобновления после выборочных рубок зависит от исходного состава насаждения, сомкнутости и пространственной структуры оставленного после рубки древостоя, а также от проективного покрытия мхов и доли растений, образующих дернину.

Изменения в породной структуре подроста за наблюдаемый период (1996–2022 гг.) на участке, пройденном ДВР, связаны преимущественно с увеличением численности подроста хвойных пород (в том числе светолюбивой сосны), а также подроста березы и со снижением численности молодого поколения осины (с 1,66 тыс. шт./га в 2013 г. до 0,64 тыс. шт./га в 2022 г.). Последнее вполне закономерно, поскольку поросль осины, активно появляющаяся на участках, пройденных выборочными рубками, в течение нескольких десятилетий роста под пологом оставленного древостоя угнетается и впоследствии усыхает [Куприянов, Шершнев, 2006; Yang, Ma, 2018; Климчик, Бельчина, 2021].

Проведение ДВР отразилось на распределении естественного возобновления по категориям крупности (рис. 5). Спустя 27 лет после рубки количество крупного подроста хвойных пород составляло 0,36 тыс. шт./га, или 14 % от общего числа хвойного подроста, при доле среднего и мелкого подроста хвойных, соответственно, 44 % (1,15 тыс. шт./га) и 41 %

(1,09 тыс. шт./га). В то же время на контрольном участке подрост сосны и ели представлен преимущественно мелкими экземплярами, доля которых достигала 85 % (или 0,55 тыс. шт./га) от общего числа хвойного подроста.

Следует отметить, что, несмотря на ранее приведенные данные о снижении численности осины, доля ее средних и крупных экземпляров (0,47 тыс. шт./га), а также доля березы этих категорий (0,64 тыс. шт./га) остается на данный момент в пологе возобновления довольно существенной, что указывает на то, что названные породы, так же как и хвойные породы, будут постепенно входить в состав древесного яруса, образуя смешанное хвойно-лиственное насаждение.

Заключение

Полученные результаты не могут служить основанием для широкого применения высокоинтенсивных добровольно-выборочных рубок в защитных лесах.

Установлено, что добровольно-выборочная рубка выборкой 59 % по запасу не привела к снижению производительности древостоя и его устойчивости. В древостое на участке с рубкой отмечено снижение интенсивности естественного отпада по сравнению с контролем, а также увеличение общей густоты

за счет активного пополнения перерубленной части древостоя елью. На контрольном участке наблюдается постепенное сокращение общей численности деревьев вследствие интенсивного отпада угнетенной сосны и березы.

Динамика таксационных показателей свидетельствует об улучшении условий роста оставшихся деревьев после рубки. На опытном участке зафиксировано значительное увеличение среднего диаметра обоих поколений сосны и ели, а также средней высоты ели.

Запас древесины на участке, пройденном рубкой, характеризовался стабильным ростом на протяжении всего периода наблюдений. Текущий среднепериодический прирост оказался кратно выше, чем на контрольном участке. Формирование запаса на опытном участке обеспечивалось преимущественно хвойными породами, прежде всего елью и сосной младшего поколения, что отражает тенденцию к изменению структуры древостоя в перспективе.

Проведение ДВР способствовало трансформации породного состава: доля ели существенно увеличилась, лиственных пород – снизилась. Сохранение доли сосны младшего поколения на исходном уровне при росте участка ели позволяет рассматривать выявленные изменения как вероятный признак долгосрочной смены пород в насаждении без снижения его производительности и устойчивости.

Анализ динамики состава и численности подроста указывает, что ДВР в смешанном хвойно-лиственном древостое черничного типа способствует усилению потенциала естественного возобновления древесных пород, в том числе сосны и ели, доля которых в составе подроста постепенно возрастает, что в перспективе может способствовать сохранению доминирования хвойных в сообществе.

В целом результаты исследования показывают, что ДВР даже высокой интенсивности в условиях защитных лесов не только обеспечивает восстановление запаса, но и способствует формированию устойчивых, структурно сбалансированных и производительных древостоев. Это подтверждает целесообразность применения данного вида рубок как инструмента поддержания функций защитных лесов при одновременном получении древесной продукции. Однако экстраполировать данные результаты на другие лесорастительные условия следует с осторожностью, так как рубки такой высокой интенсивности в насаждениях с иными лесорастительными и структурными характеристиками могут приводить к различным, в том числе неблагоприятным, последствиям.

Литература

Ананьев В. А., Грабовик С. И., Мошников С. А. Особенности формирования еловых древостоев после осушения и рубок // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 2. С. 57–66.

Антанайтис В. В., Загребев В. В. Прирост леса. 2-е изд., перераб. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 200 с.

Белов Л. А., Клям О. А., Сураев П. Н. Влияние выборочных рубок на подрост предварительной генерации в сосняках ягодникового типа леса // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1 (80). С. 37–47.

Беляева Н. В., Грязькин А. В. Трансформация структуры молодого поколения ели после проведения несплошных рубок // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 6 (330). С. 44–51.

Беляева Н. В., Грязькин А. В., Кази И. А. Влияние выборочных рубок на развитие нижних ярусов растительности // Вестник Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2012. № 3. С. 34–41.

Беспалов Ю. В., Игнатовский О. А., Осипенко А. Е., Залесов С. В. Обеспеченность подростом и обоснование вида рубок спелых и перестойных насаждений в ленточных борах Алтая // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 4 (95). С. 4–11. doi: 10.51318/FRET.2025.95.4.001

Богданов А. П., Ильинцев А. С., Третьяков С. В., Коптев С. В. Оценка лесоводственной эффективности проходных рубок в северотаежном лесном районе // Лесотехнический журнал. 2025. Т. 15, № 4 (60). С. 23–38. doi: 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/2

Борисов А. Н., Иванов В. В. Имитационное моделирование роста сосновых древостоев // Сибирский лесной журнал. 2022. № 3. С. 40–47. doi: 10.15372/SJFS20220305

Бунькова Н. П., Платонов Е. П. Значение рекреационных лесов, пути повышения их устойчивости и рекреационной привлекательности // Вестник биотехнологии. 2021. № 1. С. 24.

Галактионов О. Н., Васильев А. А., Елхова М. А., Кемпи Е. А., Гурылева Е. М. Методы управления развитием древостоев при проведении несплошных рубок // Resources and Technology. 2025. Т. 22, № 2. С. 84–114. doi: 10.15393/j2.art.2025.8563

Данилик В. Н. и др. Рост ели после рубок ухода различной интенсивности // Леса Урала и хозяйство в них. 1976. № 9. С. 98–109.

Данилов Д. А., Яковлев А. А. Особенности распространения смешанных хвойных древостоев в Лужско-Волховском ландшафтном округе // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. № 234. С. 80–101.

Дерюгин А. А. Формирование еловых древостоев в парцеллярных структурах с одинаковой густотой предварительной генерации ели после рубки березняка // Сибирский лесной журнал. 2021. № 2. С. 96–102. doi: 10.15372/SJFS20210209

Дерюгин А. А., Глазунов Ю. Б. Рост деревьев ели предварительного возобновления после рубки березняков в подзоне южной тайги Русской равнины // Вестник Поволжского гос. технол. ун-та. Сер. Лес.

Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 5–18. doi: 10.15350/2306-2827.2018.2.5

Загидуллина А. Т. Пространственная структура, динамика и продуктивность лишайниково-зеленомошных сосняков: Карельский лесной район: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2021. 171 с.

Залесов С. В., Бачурин А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабаш-медь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления. Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2017. 277 с.

Замолодчиков Д. Г., Иванов А. В., Грабовский В. И., Юст Н. А., Тимченко Н. А. Среодообразующие функции защитных лесов Амурской области // Сибирский лесной журнал. 2022. № 6. С. 12–21. doi: 10.15372/SJFS20220602

Зарубина Л. В., Кулакова Е. А. Оценка естественного возобновления после проходных рубок в условиях Вологодской области // Вестник Бурятской гос. сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2020. № 3. С. 97–103.

Зарубина Л. В., Коновалов В. Н., Феклистов П. А., Клевцов Д. Н., Копытков В. В. Оценка состояния хвойных деревьев на вырубках в условиях Европейского Севера // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер. Естественные науки. 2015. № 1. С. 85–94.

Зарубина Л. В., Макаров С. С., Кузнецова И. Б. Влияние структурной дифференциации деревьев и выборочной рубки на физиологические процессы сосны обыкновенной // Сибирский лесной журнал. 2024. № 4. С. 84–94. doi: 10.15372/SJFS20240408

Иванов В. В., Семенякин Д. А. Влияние выборочных рубок на продуктивность сосновых древостоев в условиях Красноярской лесостепи // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 58–67.

Иванова О. И., Бураков Д. А. Эрозия почв: учебное пособие. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2020. 103 с.

Ильинцев А. С., Третьяков С. В., Наквасина Е. Н., Амосова И. Б., Алейников А. А., Богданов А. П. Влияние длительно-постепенных рубок в смешанных сосновых насаждениях на естественное лесовозобновление, живой напочвенный покров и некоторые свойства верхних горизонтов почвы // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 3 (27). С. 85–99. doi: 10.12737/article_59c225e4a23713.58019900

Ипатов В. С. Дифференциация деревьев в лесных сообществах // Биосфера. 2010. Т. 2, № 4. С. 544–553.

Климчик Г. Я., Бельчина О. Г. Влияние сплошно-лесосечных и равномерно-постепенных рубок главного пользования на возобновление и живой напочвенный покров ельников орляковых и кисличных в первые годы после рубок // Труды БГТУ. Сер. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (240). С. 6–12. doi: 10.52065/2519-402x-2021-240-1-5-12

Ковалев А. П., Алексеенко А. Ю., Качанова Т. Г. Лесоводственные принципы выбора способов технологий рубок в лесах Дальнего Востока // Сибирский лесной журнал. 2024. № 5. С. 96–102. doi: 10.15372/SJFS20240510

Ковязин В. Ф., Аникин А. С., Минаев В. Н., Беляева Н. В. Основы лесного хозяйства и таксация леса: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 250300 «Технология и оборудование лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств» и 120303 «Городской кадастр». СПб. [и др.]: Лань, 2008. 380 с.

Коновалов В. Н. Особенности физиологических процессов у сосны и ели при сплошных и выборочных рубках // Arctic Environmental Research. 2011. № 2. С. 53–60.

Коновалов В. Н., Зарубина Л. В. Биологические особенности подроста ели в березняках черничных после выборочных рубок // Вестник Красноярского гос. аграрного ун-та. 2011. № 8 (59). С. 99–104.

Коротков В. Н. Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2017. Т. 2, № 1. С. 1–18. doi: 10.21685/2500-0578-2017-1-1

Куприянов А. Н., Шершнева В. И. Формирование полога возобновления после рубок в Верхне-Обском бору // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2006. № 12. С. 115–119.

Лазарева М. С. Лесоводство: рубки главного пользования: практическое пособие. Гомель: Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины, 2017. 43 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2025) / Справочно-правовая система «Консультант Плюс». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 12.02.2026).

Малиновских А. А., Маленко А. А. Процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после выборочных рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2018. № 1 (159). С. 67–72.

Матюшкин В. А., Мошников С. А. Влияние комплекса лесохозяйственных мероприятий на формирование и продуктивность осушаемого сосняка травяно-сфагнового // Труды Санкт-Петербургского науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства. 2016. № 3. С. 39–49.

Мелехов И. С. Рубки главного пользования. 2-е изд., испр. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1966. 374 с.

Неволин О. А., Третьяков С. В., Еремина О. О. Биологическое и хозяйственное значение сопутствующих пород в сосняках Европейского Севера России // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2003. № 1. С. 1–16.

Неволин О. А., Третьяков С. В., Еремина О. О. Продуктивность смешанных сосняков Европейского Севера и организация хозяйства в них // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2004. № 3. С. 26–37.

Носников В. Д., Гардинер Б., Донис Я., Федорович Л. Обзор существующих лесоводственных подходов под влиянием неблагоприятных погодных явлений и рекомендации по увеличению устойчивости лесов к ветровалам в Беларуси. Минск, 2018. 62 с.

Об утверждении правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений. Приказ Минприроды от 29.12.2021

№ 1024. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.02.2026).

О состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2024 году: информационное электронное издание. Государственный доклад / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия; редакционная коллегия: О.Л. Кузнецов, В.В. Каргинова-Губинова, Е.Г. Полина. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2025.

Рожков Л.Н., Ерошкина И.Ф., Клыш А.С., Малашевич Д.Г., Мухуров Л.И. Несплошная рубка и возобновление леса – единый технологический процесс // Труды БГТУ. Сер. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2017. № 2 (198). С. 93–101.

Рубцов М.В., Глазунов Ю.Б., Николаев Д.К. Восстановление ели под пологом культур сосны на суглинистых почвах в центре Русской равнины // Лесной вестник. 2014. Т. 18, № 1 (100). С. 64–72.

Семенякин Д.А. Естественное возобновление после несплошных рубок в сосновых лесах Красноярской лесостепи // Сибирский лесной журнал. 2019. № 6. С. 63.

Сеннов С.Н. Уход за лесом: экологические основы. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 127 с.

Синькевич С.М. Лесоводственная эффективность чересполосно-постепенной рубки в сосняке среднетаежной подзоны Карелии // Сибирский лесной журнал. 2022. № 2. С. 21–28. doi: 10.15372/SJFS20220203

Столяров Д.П., Кузнецова В.Г. Разновозрастные ельники и ведение хозяйства в них. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 167 с.

Теринов Н.Н., Терехов Г.Г., Толкач О.В. Сохранность древостоев и лесообразовательный процесс после сплошных и выборочных рубок в производных мягколиственных насаждениях // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 18–27. doi: 10.51318/FRET.2023.87.4.001

Тихонов И.И., Якушева Т.В. Выборочные рубки, проблемы и варианты решений // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 2 (350). С. 9–18.

Толстиков А.Ю. Лесоводственная эффективность выборочных рубок спелых и перестойных насаждений и специализированных рубок ухода в ленточных борах Алтайского края: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2019. 20 с.

Тужилкина В.В. Функциональная характеристика хвои подроста ели сибирской под пологом и на вырубке ельника черничного в подзоне средней тайги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 6 (390). С. 107–116. doi: 10.37482/0536-1036-2022-6-07-116

Чиндяев А.С., Матвеева М.А. Влияние выборочных рубок на рост мелиорированных еловых древостоев // Леса Урала и хозяйство в них. 2003. № 23. С. 288–293.

Bielak K., Dudzińska M., Pretzsch H. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments // Forest Sys-

tems. 2014. Vol. 23, no. 3. P. 573–589. doi: 10.5424/fs/2014233-06166

Gorzelak M., Asay F., Pickles B., Simard S. Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities // AoB PLANTS. 2015. Vol. 7. P. 1–13. doi: 10.1093/aobpla/plv050

Jactel H., Moreira X., Castagneyrol B. Tree diversity and forest resistance to insect pests: patterns, mechanisms, and prospects // Annual Review of Entomology. 2021. Vol. 66, no. 1. P. 277–296. doi: 10.1146/annurev-ento-041720-075234

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 25.05.2026).

Ruiz-Peinado R., Pretzsch H., Löf M. et al. Mixing effects on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) productivity along a climatic gradient across Europe // Forest Ecology and Management. 2021. Vol. 482. Art. 118834. doi: 10.1016/j.foreco.2020.118834

Yang H., Man R. Effects of partial harvesting on species and structural diversity in aspen-dominated boreal mixed wood stands // Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 409. P. 653–659. doi: 10.1016/j.foreco.2017.12.003

References

Anan'ev V. A., Grabovik S.I., Moshnikov S.A. Features of Norway spruce stand formation after drainage and cuttings. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva = Proceedings of St. Petersburg Forestry Research Institute*. 2017;2:57–66. (In Russ.)

Antanaitis V.V., Zagreev V.V. Forest increment. 2nd ed., rev. Moscow: Lesnaya promyshlennost'; 1981. 200 p. (In Russ.)

Belov L.A., Klyam O.A., Suraev P.N. Effect of selective cuttings on advance regeneration in pine stands of the berry forest type. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh = Forests of Russia and Economy in them*. 2022;1 (80):37–47. (In Russ.)

Belyaeva N. V., Gryaz'kin A. V. Transformation of the structure of the young generation of Norway spruce after non-clear cuttings. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2012;6(330):44–51. (In Russ.)

Belyaeva N. V., Gryaz'kin A. V., Kazi I. A. Effect of selective cuttings on the development of lower vegetation layers. *Vestnik Moskovskogo gos. universiteta lesa – Lesnoi vestnik = Forestry Bulletin*. 2012;3:34–41. (In Russ.)

Bespalov Yu. V., Ignatovskii O. A., Osipenko A. E., Zalesov S. V. Regeneration stocking and justification of cutting types in mature and overmature stands of the Altai ribbon pine forests. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh = Forests of Russia and Economy in them*. 2025;4(95):4–11. (In Russ.)

Bielak K., Dudzińska M., Pretzsch H. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of

- observation of long-term experiments. *Forest Systems*. 2014;23 (3):573–589. doi: 10.5424/fs/2014233-06166
- Bogdanov A. P., Il'intsev A. S., Tret'yakov S. V., Koptev S. V. Assessment of silvicultural effectiveness of thinning in the northern taiga forest region. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2025;15(4):23–38. (In Russ.). doi: 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/2
- Borisov A. N., Ivanov V. V. Simulation modeling of pine stand growth. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2022;3:40–47. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20220305
- Bun'kova N. P., Platonov E. P. The importance of recreational forests and ways to increase their stability and recreational attractiveness. *Vestnik biotekhnologii = Biotechnology Bulletin*. 2021;1:24. (In Russ.)
- Chindyaev A. S., Matveeva M. A. Effect of selective cuttings on the growth of drained spruce stands. *Lesnaya Urala i khozyaystvo v nikh = Forests of the Urals and their Management*. 2003;23:288–293. (In Russ.)
- Danilik V. N. et al. Growth of Norway spruce after thinning of different intensities. *Lesnaya Urala i khozyaystvo v nikh = Forests of the Urals and their Management*. 1976;9:98–109. (In Russ.)
- Danilov D. A., Yakovlev A. A. Features of the distribution of mixed coniferous stands in the Luga-Volkhov landscape district. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii = Proceedings of the St. Petersburg Forestry Engineering Academy*. 2024;234:80–101. (In Russ.)
- Deryugin A. A. Formation of spruce stands in parcel structures with the same density of advance spruce regeneration after birch stand cutting. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2021;2:96–102. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20210209
- Deryugin A. A., Glazunov Yu. B. Growth of advance-regeneration spruce trees after cutting of birch stands in the southern taiga subzone of the Russian Plain. *Vestnik Povolzhskogo gos. tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018;2(38):5–18. (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2018.2.5
- Forest Code of the Russian Federation of 04.12.2006 No. 200-FZ (as amended on 29.12.2025). Consultant-Plus legal reference system. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (accessed 12.02.2026). (In Russ.)
- Galaktionov O. N., Vasil'ev A. A., Elkhova M. A., Kempf E. A., Guryleva E. M. Methods of managing stand development during non-clear cuttings. *Resources and Technology*. 2025;22(2):84–114. (In Russ.). doi: 10.15393/j2.art.2025.8563
- Gozezelak M. A., Asay A. K., Pickles B. J., Simard S. W. Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB PLANTS*. 2015;7:1–13. doi: 10.1093/aobpla/plv050
- Il'intsev A. S., Tret'yakov S. V., Nakvasina E. N., Amosova I. B., Aleinikov A. A., Bogdanov A. P. Effect of long-gradual cuttings in mixed pine stands on natural regeneration, ground vegetation and some properties of upper soil horizons. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2017;7(3):85–99. (In Russ.). doi: 10.12737/article_59c225e4a23713.58019900
- Ipatov V. S. Differentiation of trees in forest communities. *Biosfera = Biosphere*. 2010;2(4):544–553. (In Russ.)
- Ivanov V. V., Semenyakin D. A. Effect of selective cuttings on productivity of pine stands in the Krasnoyarsk forest-steppe. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2021;1:58–67. (In Russ.)
- Ivanova O. I., Burakov D. A. Soil erosion: a textbook. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2020. 103 p. (In Russ.)
- Jactel H., Moreira X., Castagneyrol B. Tree diversity and forest resistance to insect pests: patterns, mechanisms, and prospects. *Annual Review of Entomology*. 2021;66(1):277–296. doi: 10.1146/annurev-ento-041720-075234
- Klimchik G. Ya., Bel'china O. G. Effect of clear and uniform shelterwood cuttings on regeneration and living ground cover of bracken and oxalis spruce forests in the first years after cuttings. *Trudy BGTU. Seriya: Lesnoe khozyaistvo, prirodopol'zovanie i pererabotka obnovlyayemykh resursov = Proceedings of BSTU. Series: Forestry, Nature Management and Processing of Renewable Resources*. 2021;1(240):6–12. (In Russ.). doi: 10.52065/2519-402x-2021-240-1-5-12
- Konovalov V. N. Features of physiological processes in pine and spruce under clear and selective cuttings. *Arctic Environmental Research*. 2011;2:53–60. (In Russ.)
- Konovalov V. N., Zarubina L. V. Biological features of spruce advance regeneration in bilberry birch stands after selective cuttings. *Vestnik Krasnoyarskogo gos. agrarnogo universiteta = Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2011;8(59):99–104. (In Russ.)
- Korotkov V. N. Main concepts and methods for restoration of natural forests in Eastern Europe. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017;2(1):1–18. (In Russ.). doi: 10.21685/2500-0578-2017-1-1
- Kovalev A. P., Alekseenko A. Yu., Kachanova T. G. Silvicultural principles for selecting methods and technologies of cuttings in the forests of the Russian Far East. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2024;5:96–102. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20240510
- Kovyazin V. F., Anikin A. S., Minaev V. N., Belyaeva N. V. Fundamentals of forestry and forest inventory: a textbook. St. Petersburg: Lan'; 2008. 380 p. (In Russ.)
- Kupriyanov A. N., Shershnev V. I. Formation of the regeneration canopy after cuttings in the Upper Ob pine forest. *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana = Botanical Studies of Siberia and Kazakhstan*. 2006;12:115–119. (In Russ.)
- Lazareva M. S. Silviculture: final felling: a practical manual. Gomel': Francisk Skorina Gomel State University; 2017. 43 p. (In Russ.)
- Malinovskikh A. A., Malenko A. A. Natural regeneration of Scots pine after selective cuttings in mature and overmature stands of the Altai Krai ribbon pine forests. *Vestnik Altaiskogo gos. agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2018;1(159):67–72. (In Russ.)
- Matyushkin V. A., Moshnikov S. A. Effect of a complex of silvicultural measures on the formation and productivity of drained herb-sphagnum pine stands. *Trudy*

Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva = *Proceedings of St. Petersburg Forestry Research Institute*. 2016;3:39–49. (In Russ.)

Melekhov I. S. Final cuttings. 2nd ed., rev. and enl. Moscow: Lesnaya promyshlennost'; 1966. 374 p. (In Russ.)

Nevolin O. A., Tret'yakov S. V., Eremina O. O. Biological and economic significance of accompanying species in pine stands of the European North of Russia. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2003;1:1–16. (In Russ.)

Nevolin O. A., Tret'yakov S. V., Eremina O. O. Productivity of mixed pine stands in the European North and management organization in them. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2004;3:26–37. (In Russ.)

Nosnikov V. D., Gardiner B., Donis J., Fedorovich L. Review of existing silvicultural approaches under the influence of adverse weather events and recommendations for increasing forest resistance to windthrow in Belarus. Minsk, 2018. 62 p. (In Russ.)

On approval of the Forest Regeneration Rules, the composition of a forest regeneration project, and the procedure for developing and amending such a project. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 29.12.2021 No. 1024. ConsultantPlus. URL: <http://www.consultant.ru/> (accessed 18.02.2026). (In Russ.)

Kuznetsov O. L., Karginova-Gubinova V. V., Polina E. G. (eds.). On the state of the environment of the Republic of Karelia in 2024: electronic information edition. State report. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2025. (In Russ.)

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2025. URL: <https://www.R-project.org/> (accessed 25.05.2026).

Rozhkov L. N., Eroshkina I. F., Klysh A. S., Malashevich D. G., Mukhurov L. I. Non-clear cutting and forest regeneration as a unified technological process. *Trudy BGTU. Seriya: Lesnoe khozyaistvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyаемых ресурсов = Proceedings of BSTU. Series: Forestry, Nature Management and Processing of Renewable Resources*. 2017;2(198):93–101. (In Russ.)

Rubtsov M. V., Glazunov Yu. B., Nikolaev D. K. Spruce recovery under the canopy of pine plantations on loamy soils in the center of the Russian Plain. *Lesnoi vestnik = Forestry Bulletin*. 2014;18(1):64–72. (In Russ.)

Ruiz-Peinado R., Pretzsch H., Löf M. et al. Mixing effects on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) productivity along a climatic gradient across Europe. *Forest Ecology and Management*. 2021;482:118834. doi: 10.1016/j.foreco.2020.118834

Semenyakin D. A. Natural regeneration after non-clear cuttings in pine forests of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2019;6:63. (In Russ.)

Sennov S. N. Forest tending: ecological foundations. Moscow: Lesnaya promyshlennost'; 1984. 127 p. (In Russ.)

Sin'kevich S. M. Silvicultural effectiveness of strip shelterwood cutting in a pine stand of the middle-taiga subzone of Karelia. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian*

Journal of Forest Science. 2022;2:21–28. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20220203

Stolyarov D. P., Kuznetsova V. G. Uneven-aged spruce forests and their management. Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ.; 1979. 167 p. (In Russ.)

Terinov N. N., Terekhov G. G., Tolkach O. V. Stand preservation and the forest-forming process after clear and selective cuttings in secondary softwood broad-leaved stands. *Les Rossii i khozyaystvo v nikh = Forests of Russia and Economy in them*. 2023;4(87):18–27. (In Russ.). doi: 10.51318/FRET.2023.87.4.001

Tikhonov I. I., Yakusheva T. V. Selective cuttings: problems and possible solutions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2016;2(350):9–18. (In Russ.)

Tolstikov A. Yu. Silvicultural effectiveness of selective cuttings in mature and overmature stands and specialized tending cuttings in the Altai Krai ribbon pine forests: Summary of PhD (Cand. of Agric.) thesis. Yekaterinburg; 2019. 20 p. (In Russ.)

Tuzhilkina V. V. Functional characteristics of Siberian spruce regeneration needles under the canopy and in a bilberry spruce clearcut in the middle-taiga subzone. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2022;6(390):107–116. (In Russ.). doi: 10.37482/0536-1036-2022-6-107-116

Yang H., Man R. Effects of partial harvesting on species and structural diversity in aspen-dominated boreal mixed wood stands. *Forest Ecology and Management*. 2018;409:653–659. doi: 10.1016/j.foreco.2017.12.003

Zagidullina A. T. Spatial structure, dynamics and productivity of lichen-green moss pine forests: Karelian forest region: PhD (Cand. of Biol.) thesis. St. Petersburg; 2021. 171 p. (In Russ.)

Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V. Condition of forest stands affected by industrial pollutants of JSC Karabashmed and response of their components to regeneration cuttings. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University; 2017. 277 p. (In Russ.)

Zamolodchikov D. G., Ivanov A. V., Grabovskii V. I., Yust N. A., Timchenko N. A. Environment-forming functions of protective forests in Amur Oblast. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2022;6:12–21. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20220602

Zarubina L. V., Konovalov V. N., Feklistov P. A., Klevtsov D. N., Kopytkov V. V. Assessment of the condition of coniferous trees on clearcuts in the European North. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki = Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*. 2015;1:85–94. (In Russ.)

Zarubina L. V., Kulakova E. A. Assessment of natural regeneration after thinning in Vologda Oblast conditions. *Vestnik Buryatskoi gos. sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V. R. Filippova = Bulletin of V. R. Filippov Buryat State Agricultural Academy*. 2020;3:97–103. (In Russ.)

Zarubina L. V., Makarov S. S., Kuznetsova I. B. Effect of structural differentiation of trees and selective cutting on physiological processes of Scots pine. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2024;4:84–94. (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20240408

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тесля Дмитрий Вадимович

аспирант, стажер-исследователь
e-mail: teslya.dmitriy@yandex.ru

Мошников Сергей Анатольевич

канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
e-mail: moshniks@mail.ru

Ананьев Владимир Александрович

канд. с.-х. наук, доцент, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
e-mail: ananyev@krc.karelia.ru

Пеккоев Алексей Николаевич

канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник
e-mail: pek-aleksei@list.ru

CONTRIBUTORS:

Teslya, Dmitry

Doctoral Student, Trainee Researcher

Moshnikov, Sergey

Cand. Sci. (Agr.), Leading Researcher

Ananyev, Vladimir

Cand. Sci. (Agr.), Associate Professor, Senior Researcher,
Leading Researcher

Pekkoev, Aleksey

Cand. Sci. (Agr.), Senior Researcher