

Научная статья

УДК 630*243

doi: 10.34655/bgsha.2025.80.3.008

Влияние проходных рубок на качество древесины сосны в смешанных насаждениях северотаежного района европейской части России**Алексей Сергеевич Ильинцев^{1,2}, Александр Петрович Богданов^{1,2}**¹Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ильинцев Алексей Сергеевич, a.ilintsev@narfu.ru

Аннотация. Представлены результаты оценки качества древесины сосны после проведения проходных рубок в смешанных сосняках черничных Архангельской области. Исследования проведены на 10 постоянных пробных площадях, заложенных в насаждениях, пройденных проходными рубками умеренной и умеренно высокой интенсивностью в 2009, 2010 и 2012 гг. На пробных площадях провели комплекс лесоводственно-таксационных работ для составления характеристики древостоя. Для определения размерных характеристик прироста на каждой пробной площади отобрали по 15-20 кернов сосны у шейки корня перпендикулярно прорубленным волокнам. Полученные материалы обработали принятыми в лесной таксации методами. Базисную плотность древесины сосны опередили экспресс-методом, разработанным коллективом ФБУ «СевНИИЛХ». Для сравнения размерных характеристик древесины сосны до и после проходных рубок использовали t-критерий. Результаты исследования показывают, что древостои находятся в стадии активного роста и соответствуют высокому классу бонитета – II-III. В составе преобладает сосна, доля которой изменяется от 3 до 7 единиц, средняя высота – 19-23 см, средний диаметр – 17-24 м. Высокую долю занимает ель, часть которой после рубок перешла из стадии крупного подроста в древостой. Густота составляет от 750 до 2010 деревьев, относительная полнота – 0,74-1,17, абсолютная полнота – 20,1-33,9 м²/га, запас – 196-287 м³/га, средний прирост – 2,6-3,7 м³/га. Установлено, что радиальный прирост древесины сосны является оптимальным с точки зрения качества ширины годичных слоев. Отмечена неоднозначная реакция размерных характеристик древесины (радиального прироста, процента поздней древесины и плотности древесины) на проведение проходных рубок. Это может быть связано с тем, что различные категории деревьев по-разному реагируют на разреживание полога, а также с высокой конкуренцией со стороны ели и мягколиственных древесных пород. Проведение проходных рубок не снижает качественные характеристики древесины сосны. Существует необходимость разработки рекомендаций по проведению рубок ухода для различных целей лесовыращивания.

Ключевые слова: качество древесины, радиальный прирост, процент поздней древесины, плотность древесины, *Pinus sylvestris*, рубки ухода.

Благодарности. Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ», на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 125021202048-9. Авторы выражают особую благодарность Ершову Р.А. за помощь в закладке постоянных пробных площадей и сборе полевого материала.

The effect of accretion thinning on the quality of pine wood in mixed stands of the north taiga of the European part of Russia

Aleksey S. Ilintsev^{1,2}, Alexander P. Bogdanov^{1,2}

¹Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Corresponding author: Aleksey S. Ilintsev, a.ilintsev@narfu.ru

Abstract. The article presents the results of assessment of the quality of pine wood after accretion thinning in mixed blueberry-pine forests of the Arkhangelsk region. The research was conducted on ten permanent trial plots established in forest stands after accretion thinning at moderate and highly-moderate intensities in 2009, 2010 and 2012. In the trial plots, a complex of forestry and taxation activities to compile the characteristics of the stand was conducted. To determine the size characteristics of the increment wood in each sample plot, 15 to 20 pine cores from the root collar were selected, perpendicular to the skid trails. The collected materials were processed using the methods employed in forest taxation. The basic density of pine wood was measured using the express method developed by the team at the Northern Research Institute of Forestry. The t-test was used to compare the dimensional characteristics of pine wood before and after accretion thinning. The results of the study indicated that the stands are in a stage of active growth and correspond to a high quality class – II-III. The composition is predominantly pine, with its proportion ranging from 3 to 7 units, the average height is between 19 and 23 cm, while the average diameter measures from 17.0 to 24.0 cm. A significant part of the composition is occupied by spruce trees, some of which, after accretion thinning, have moved from the large undergrowth stage to a stand. The density of these trees ranges from 750 to 2,010 trees per hectare, with a relative density of 0.74 to 1.17, the basal area is measured from 20.1 to 33.9 m²/ha, while the standing volume is between 196 and 287 m³/ha. It was found out that the radial growth of pine wood is optimal concerning the quality of the annual growth ring width. The response of the dimensional characteristics of wood such as radial growth, the percentage of latewood, and wood density, remains ambiguous following accretion thinning. This variability may be explained by the fact that different categories of trees respond differently to canopy thinning, in addition to the high competition posed by spruce and broadleaf tree species. Carrying accretion thinning does not reduce the quality characteristics of pine wood. Therefore, there is a need to develop recommendations for accretion thinning maintenance for various reforestation objectives.

Keywords: wood quality, radial growth, percentage of latewood, wood density, *Pinus sylvestris*, accretion thinning.

Acknowledgments. 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. The registration number for the topic is 125021202048-9. The authors are especially grateful to R.A. Ershov for his assistance in establishing permanent test plots and collecting field materials.

Введение. Интенсивные методы управления лесами внедряются во всем мире для удовлетворения спроса на древесину и древесные продукты. Потенциальное снижение свойств древесины, связанное с быстрым ростом деревьев, обуславливает необходимость количественно оценить воздействие интенсивного управления на процесс формирова-

ния древесины и, в свою очередь, на качество древесины [1, 2]. Лесохозяйственные мероприятия часто приводят к существенным изменениям в характере роста и форме деревьев, что может отразиться на изменчивости свойств древесины, тем самым влияя на пригодность для различных производственных целей [3, 4].

Согласно концепции качества древесины¹, необходимо учитывать определение качества древесины, которое может варьироваться в зависимости от желаемого конечного продукта [5, 6]. Например, для лесной промышленности наиболее важными являются такие критерии, как плотность древесины, относительные пропорции сердцевины и заболони, доля ранней и поздней древесины, сучки (размер, состояние, частота и др.) и ориентация волокон², тогда как для целлюлозно-бумажной промышленности наиболее важными являются длина волокон, свойства древесных клеток и химический состав [7].

Рубки ухода среди лесохозяйственных мероприятий играют ведущую роль для максимизации производства древесины и пиломатериалов в лесах Архангельской области [8]. Наиболее широко применяются проходные рубки, целью которых является создание благоприятных условий роста лучших деревьев, увеличение их прироста, продолжение (завершение) формирования структуры насаждений.³

Влияние рубок ухода, в том числе проходных рубок, на свойства древесины мо-

жет проявляться неоднозначно [2, 3, 5]. Во-первых, деревья, удаляемые во время ухода, могут включать деревья с низкой силой роста и плохой формой ствола среди прочих дефектов. Во-вторых, прореженные деревья часто имеют более низкое качество, поскольку они не достигли зрелости и, таким образом, могут содержать большую долю сердцевинной древесины⁴. С внедрением концепции интенсивного использования и воспроизводства лесов исследования⁵, направленные на количественную оценку специфических свойств оставленных деревьев после проходных рубок, являются актуальными.

Цель исследования – оценить влияние проходных рубок на качество древесины сосны в смешанных насаждениях северотаежного лесного района на территории Архангельской области.

Объекты и методы исследования. Для оценки свойств древесины сосны в смешанных высокопродуктивных древостоях черничного типа леса обследовали 10 постоянных пробных площадей, заложенных на территории Обозерского лесничества Архангельской области (рис. 1).

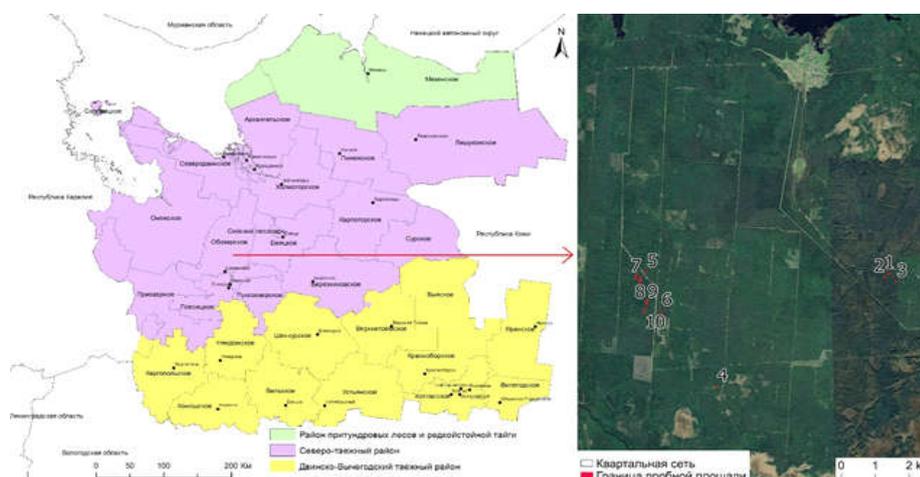


Рисунок 1. Карта-схема района и объектов исследования

¹ Larson, Philip R. Wood Formation and the Concept of Wood Quality (1969). Yale School of Forestry & Environmental Studies Bulletin Series. 69. https://elischolar.library.yale.edu/yale_fes_bulletin/69

² Древесиноведение на лесоводственной основе / П. В. Щекалев, С. А. Корчагов, Д. А. Данилов [и др.]. Москва: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2023. 381 с.

³ Правила ухода за лесами. Утв. приказом Мин-ва природ. ресурсов и экологии РФ от 30.07.2020 № 534. Введ. в действ. 01.01.2021. М.: Мин-во природ. ресурсов и экологии РФ, 2020.

⁴ Panshin A.J, De Zeeuw C. Textbook of wood technology: structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 4th ed. New York, NY, (USA): McGraw-Hill Book Company, 1980. 736 p.

⁵ Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. 16 с.

Участки лесного фонда переданы в аренду ООО «Природа» для осуществления научно-исследовательской и образовательной деятельности. Изучаемые насаждения были пройдены в 2009, 2010 и 2012 гг. проходными рубками умеренной и умеренно высокой интенсивностью (28-38 % по запасу). Рубки проводились равномерным способом с удалением деревьев из верхнего полога древостоя. Способ рубки – валка деревьев, обрезка сучьев осуществлялась бензопилами, трелевка – трактором ТДТ-55 с чокерной оснасткой. Для измерения среднего диаметра элементов древостоя проведен сплошной пересчет всех стволов на высоте 1,3 м от шейки корня с точностью до 0,1 см мерной вилкой. Для определения средней высоты элементов древостоя измерены высоты у 10-15 модельных деревьев из центральных ступеней толщины ультразвуковым высотомером Haglof Vertex IV. На каждой пробной площади определили количественные и качественные характеристики древостоя (возраст, густота, состав, высота, диаметр, класс бонитета, относительная и абсолютная полнота, запас) с использованием методов, применяемых в лесной таксации⁶.

Для оценки качества древесины до и после рубки на пробных площадях отбирали образцы древесины с помощью возрастного бурава Haglof диаметром 5 мм. На каждой пробной площади было отобрано 15-20 кернов у шейки корня перпендикулярно прорубленным волокнам. В камеральных условиях размерные характеристики радиального прироста (ширину ранней и поздней древесины) определяли с помощью измерителя параметров керна Corim Max1 с точностью 0,01 мм. На кернах измерили величину радиального прироста за 15 лет до рубки и 11-14 лет после рубки. Базисную плотность древесины определили экспресс-методом, разработанным коллективом авторов –

Г.А. Чибисовым, С.А. Москалевой, Л.Е. Крыжановской [9], в котором плотность древесины (P) зависит от ширины годичных слоев (S) и процента поздней древесины (Bd). Уравнение (1) имеет следующий вид:

$$P = 279,3 - 10,8S + 4,9Bd \quad (1)$$

Для установления различий до и после проведения проходных рубок применили параметрический t -критерий Стьюдента. Перед применением критерия данные проверили на нормальность распределения. Обработку и анализ данных проводили в программе Statistica 12.

Результаты и их обсуждения. Результаты исследований показывают, что древостои находятся в стадии активного роста и не потеряли устойчивость спустя 11-14 лет после проведения проходных рубок (табл. 1). В древостоях отмечается увеличение всех таксационных показателей. В составе преобладает сосна, высокую долю занимает ель, часть которой после рубки перешла из стадии крупного подростка в древостой. Во всех древостоях доля хвойных пород в составе повысилась, доля лиственных понизилась до 1-3 ед.

Наличие лиственницы свидетельствует о том, что в литогенной основе присутствуют карстующиеся породы. Для данных насаждений характерен высокий класс бонитета – II-III. Относительная полнота составляет, в среднем, 0,74-1,17, которая также увеличивается за счет тонкомерной части ели. Сумма площадей сечений составляет 20,1-33,9 м²/га, запас – 196-287 м³/га, средний прирост – 2,6-3,7 м³/га.

Результаты различных исследований показывают, что в схожих лесорастительных условиях более интенсивно идет увеличение запаса ели в сохранившейся после рубки тонкомерной части насаждения, что позволит дорастить её до пиловочника [3, 10].

Эффективность проходных рубок и

⁶ 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 / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2023. 119 с.

Таблица 1 – Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений, пройденных проходными рубками (в числителе – до рубки, в знаменателе – после рубки)

№	Класс бонитета	Состав древостоя	Средние			Полнота относительная	Запас, м ³ /га		Густота, шт. /га	Интенсивность рубки, %
			возраст, лет	высота, м	диаметр, см		растущих	сухих		
1	II III	6Б3С1Е 3С3Е3Ос1Б	55	18	18	0,70	170	-	1152	36
			80-85	19	17	1,07	232	7	1982	
2	II II	8С2Б 4С4Е1Б1Ос	65	19	20	0,70	220	-	1247	37
			75	20	18	1,17	244	10	2010	
3	II II	8С2Б 5С2Е2Б1Ос	65	19	20	0,70	220	-	1247	33
			76	20	19	1,38	287	20	1802	
4	III II	6С1Е3Б 2С4Е2Лц2Б	70	16	16	0,80	200	-	1450	36
			75	21	19	0,93	196	5	1708	
5	III II	3С2Л4Б1Ос+Е 3С3Е2Б2Ос+Лц	70	22	22	0,70	230	-	876	38
			80	23	24	0,84	272	4	780	
6	II II	5С1Е3Б1Ос 7С3Е+Ос, ед Лц, Б	60	17	18	0,70	170	-	1051	36
			75	22	23	0,74	242	4	769	
7	II II	4С2Е1Лц2Б1Ос 3С3Е3Лц2Б+Ос	65	22	24	0,93	229	-	1384	30
			79	22	22,7	0,87	241	5	877	
8	II II	4С2Е1Лц2Б1Ос 4С3Е2Лц1Б	65	22	24	0,93	229	-	1384	37
			80	23	24,8	0,77	237	5	750	
9	II II	4С2Е1Лц2Б1Ос 4С3Е1Лц2Б+Ос	65	18	16	0,89	180	8	1902	28
			77	21	20,1	1,10	287	8	1550	
10	II II	5С2Е2Б1Ос+Лц 3С3Е1Лц2Б1Ос	65	19	22	0,89	192	5	1354	32
			77	21	21,4	0,77	217	5	888	

радиальный прирост в древостоях зависят как от условий произрастания [11], так и от конкуренции в оставленной части. Прослеживается снижение радиального

прироста сосны на некоторых пробных площадях (табл. 2), поэтому для сохранения темпов роста древесины необходимы работы по уходу за древостоем.

Таблица 2 – Радиальный прирост древесины сосны (среднее значение ± стандартная ошибка), мм

Экспериментальный объект	До рубки	После рубки	t _ф	p
Пробная площадь № 1	0,87±0,026	0,73±0,017	4,37	0,0001
Пробная площадь № 2	0,77±0,025	1,01±0,042	5,01	0,0001
Пробная площадь № 3	1,11±0,040	1,09±0,045	0,28	0,7910
Пробная площадь № 4	0,78±0,024	1,20±0,055	6,87	0,0001
Пробная площадь № 5	0,94±0,051	0,75±0,023	3,36	0,0020
Пробная площадь № 6	0,93±0,057	0,74±0,017	3,10	0,0030
Пробная площадь № 7	1,16±0,035	0,96±0,070	2,65	0,0120
Пробная площадь № 8	1,06±0,048	1,06±0,053	0,06	0,9520
Пробная площадь № 9	0,98±0,045	1,10±0,039	2,00	0,0511
Пробная площадь № 10	1,05±0,047	1,05±0,026	0,10	0,9188

Отмечается достоверное снижение прироста сосны после проведения проходных рубок на 16-20 % на пробных площадях № 1, 5, 6 и 7. В древостоях на пробных площадях № 3, 8 и 10 прирост до и после проведения рубок не изменился, а на пробных площадях № 2, 4 и 9 он увели-

чился на 12-53 %. Из-за высокой сомкнутости и полноты полога сосна может испытывать мощную конкуренцию и угнетение со стороны березы и осины. Также снижение прироста может быть связано с тем, что различные категории деревьев (мелкие, средние, крупные) по-разно-

му отзываются на проведение рубки [12].

В целом, радиальный прирост древесины сосны является оптимальным с точки зрения качества ширины годичных слоев, который для северной сосны составляет 1,0-1,2 мм⁷. При этом различные исследования показывают, что в таежных условиях радиальный прирост в сосняках, пройденных рубками ухода, может составлять 2,3 мм в год, что говорит о высоком потенциале повышения эффективности

проведения рубок ухода в Архангельской области.

Одним из значимых критериев оценки состояния древостоев служит качество древесины. При этом доля поздней древесины играет ведущую роль в формировании её плотности [13].

Процент поздней древесины в рассматриваемых древостоях после проведения проходных рубок составляет от 36,1 до 47,9 % (табл. 3).

Таблица 3 – Процент поздней древесины сосны (среднее значение ± стандартная ошибка), %

Экспериментальный объект	До рубки	После рубки	t _ф	p
Пробная площадь № 1	34,5±0,94	37,1±0,93	1,97	0,0576
Пробная площадь № 2	37,9±0,97	45,9±1,45	4,63	0,0001
Пробная площадь № 3	36,2±1,31	38,6±1,59	1,17	0,2517
Пробная площадь № 4	34,9±1,54	44,9±1,06	5,38	0,0001
Пробная площадь № 5	36,6±1,32	36,1±1,55	0,24	0,8291
Пробная площадь № 6	34,7±1,38	39,7±0,90	3,00	0,047
Пробная площадь № 7	49,5±0,91	41,9±1,46	4,41	0,0001
Пробная площадь № 8	42,5±1,04	47,9±2,46	2,01	0,0531
Пробная площадь № 9	40,6±1,55	42,7±1,05	1,12	0,2704
Пробная площадь № 10	39,3±0,80	40,6±1,10	0,97	0,3384

По результатам ряда исследователей установлено, что для таежной зоны европейской части РФ среднее содержание поздней древесины для сосны варьируется в пределах 23-30 %⁸. Это связано с изменением условий среды после проведения рубок и более продолжительным периодом роста разреженных древостоев, что отражается на формировании большего процента поздней древесины.

На пробных площадях № 1, 2, 4, 6 и 8 после проведения рубок отмечается достоверное увеличение поздней древесины на 2,6-10,0 %. Только на пробной площади № 7 отмечается достоверное снижение процента поздней древесины.

Базисная плотность древесины после проходных рубок незначительно отличается от плотности древесины до рубки как в большую, так и в меньшую сторону (табл. 4). В целом, на пробных площадях

после проведения проходных рубок наблюдается тенденция к увеличению базисной плотности древесины, но достоверные значения различий установлены только на пробных площадях № 6, 8 и 10.

К таким же выводам пришел Г.А. Чибисов при изучении рубок ухода в сосново-еловых насаждениях [3]. На макроструктуру древесины и её плотность оказывают влияние лесорастительные условия и лесохозяйственные мероприятия [9, 11]. Рядом авторов отмечается, что таксационная характеристика насаждений (состав, густота, абсолютная полнота) влияет на формирование плотности древесины [14, 15]. При оптимальном применении проходных рубок воздействие на качество древесины может быть положительным, слабым или даже отрицательным [16-18]. Также отмечается, что период назначения и интенсивность рубок име-

⁷ Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 159 с.

⁸ Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 159 с.

Таблица 4 – Базисная плотность древесины сосны
(среднее значение \pm стандартная ошибка), кг/м³

Экспериментальный объект	До рубки	После рубки	t _ф	p
Пробная площадь № 1	509 \pm 4	474 \pm 8	3,91	0,0005
Пробная площадь № 2	476 \pm 5	503 \pm 14	1,91	0,0678
Пробная площадь № 3	468 \pm 7	477 \pm 6	0,91	0,3712
Пробная площадь № 4	460 \pm 4	467 \pm 7	0,90	0,3735
Пробная площадь № 5	439 \pm 5	450 \pm 6	1,45	0,1559
Пробная площадь № 6	456 \pm 5	493 \pm 8	4,06	0,0005
Пробная площадь № 7	445 \pm 6	457 \pm 9	1,12	0,2721
Пробная площадь № 8	442 \pm 7	486 \pm 7	4,25	0,0002
Пробная площадь № 9	449 \pm 6	448 \pm 10	0,03	0,9796
Пробная площадь № 10	439 \pm 7	466 \pm 8	2,44	0,0211

ют решающее значение, поскольку их слишком раннее или слишком интенсивное проведение может привести к снижению плотности древесины, ухудшению физико-механических свойств и пиломатериалам более низкого сорта [2].

Высокое значение плотности древесины объясняется высоким содержанием поздней древесины и также тем, что в приспевающих сосновых насаждениях наблюдается максимальная величина значений плотности, в дальнейшем с возрастом плотность будет снижаться в силу биологических особенностей.

Базисная плотность древесины в исследуемых насаждениях, в среднем, составляет 458 кг/м³, что превышает среднестатистические показатели плотности спелой древесины сосны по Архангельской области на 15 %⁹. Это свидетельствует о формировании высококачественной древесины. При использовании данной древесины для распиловки показатели плотности материалов будут близки к самым высоким требованиям по плотности древесины, которые используются для авиационных пиломатериалов согласно ГОСТ 968-68¹⁰.

Заключение. Проведение проходных рубок в смешанных высокопродуктивных сосняках северотаежного района Архан-

гельской области не снижает качественных характеристик древесины сосны.

Радиальный прирост древесины сосны после проведения проходных рубок составляет 0,73-1,20 мм в год, что говорит об оптимальных размерах с точки зрения качества ширины годичных слоев. При этом в древостоях отмечается как увеличение, так и снижение радиального прироста после проведения проходных рубок, что, скорее всего, связано с тем, что различные категории деревьев по-разному отзываются на разреживание полога и высокой конкуренцией со стороны других древесных пород.

Процент поздней древесины сосны после проведения проходных рубок составляет 36,1-47,9 %. В целом, в насаждениях отмечается тенденция увеличения процента поздней древесины после проведения рубок.

Базисная плотность древесины сосны после проведения проходных рубок составляет 448-503 кг/м³, что соответствует самым высоким требованиям для авиационных пиломатериалов. После рубок отмечается тенденция к увеличению плотности древесины, но в большинстве случаев значения не достигают доверительных интервалов.

При интенсивных методах управления

⁹ Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. 110 с.

¹⁰ ГОСТ 968-68. Пиломатериалы авиационные (бруски и доски). Тех. условия. Введ. в действ. 01.01.1970. М.: Стандартиформ, 2007. 9 с.

лесами необходимо разработать рекомендации по проведению рубок ухода в различных лесорастительных условиях для обеспечения баланса между необхо-

димостью быстрого производства древесины и поддержания соответствующих физико-механических свойств древесины для различных целей лесовыращивания.

Список источников

1. Комплексная оценка качества древесины сосны в лесных культурах разных условий произрастания / В.И. Мелехов, Н.А. Бабич, С.А. Корчагов, Р.В. Щекалев // *Лесоведение*. 2021. № 2. С. 208–216. doi: 10.31857/S0024114821020054. EDN: NLNMDJ
2. Barrette J., Achim A., Auty D. Impact of intensive forest management practices on wood quality from conifers: literature review and reflection on future challenges // *Current Forestry Reports*. 2023. Vol. 9. Pp. 101–130. doi: 10.1007/s40725-023-00181-6
3. Чибисов Г.А. Смена сосны елью: монография. Архангельск: Сев. науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства, 2010. 150 с.
4. Качество древесины осушаемых северо-таежных сосняков Архангельской области, определенное экспресс-методом / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.В. Давыдов и др. // *Сибирский лесной журнал*. 2023. № 4. С. 64–74. doi: 10.15372/SJFS20230407. EDN: HKNVVN
5. Moore J., Cown D. Wood quality variability—what is it, what are the consequences and what we can do about it // *New Zealand Journal of Forestry*. 2015. Vol. 59. Pp. 3–9.
6. Russo D., Marziliano P.A., Macri G. et al. Does thinning intensity affect wood quality? An analysis of Calabrian Pine in Southern Italy using a non-destructive acoustic method // *Forests*. 2019. Vol. 10(4). Pp. 1–16. doi: 10.3390/f10040303
7. Riki J.T.B., Sotannde O.A., Oluwadare A.O. Anatomical and chemical properties of wood and their practical implications in pulp and paper production: a review // *Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment*. 2019. Vol. 11(3). Pp. 358–368. URL: <https://www.ajol.info/index.php/jrfwe/article/view/190320> (date of request: 01.05.2025)
8. 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: 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4. EDN: UMFAGO
9. Чибисов Г.А., Москалева С.А., Крыжановская Л.Е. Качество древесины сосны и ели, метод его определения // *Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере: сб. науч. тр.* Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. С. 89–99.
10. 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: 10.15372/SJFS20230203. EDN: ZCNVZG
11. Плотность древесины сосны обыкновенной в различных условиях произрастания / О.Н. Тюкавина, Д.Н. Клевцов, И.И. Дроздов, В.И. Мелехов // *Известия вузов. Лесной журнал* 2017. № 6. С. 56–64. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.56. EDN: ZTSTTJ
12. Тюкавина О.Н., Ильинцев А.С., Ершов Р.А. Влияние прореживаний на радиальный прирост сосны обыкновенной // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2017. № 4. С. 34–44. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.34. EDN: YZBFHN
13. Щекалев Р.В., Беляева Н.В., Чавчавадзе Е.С. Характеристики прочности древесины сосны обыкновенной в древостоях Европейского северо-востока России // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2023. Вып. 246. С. 282–296. doi: 10.21266/2079-4304.2023.246.282-296. EDN: COBXMQ
14. Зайцев Д.А., Данилов Д.А. Влияние макростроения ксилемы на плотность древесины сосны и ели в смешанных спелых древостоях, не затронутых хозяйственным воздействием // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. 2023. № 1. С. 20–30. doi: 10.21178/2079-6080.2023.1.20. EDN: PQVGPS
15. Раупова Д.Э., Данилов Д.А. Таксационная структура и плотность древесины сосны и ели в смешанных искусственных насаждениях Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2022. Вып. 240. С. 25–46. doi: 10.21266/2079-4304.2022.240.25-46. EDN: AUSXWE
16. Krajnc L., Farrelly N., Harte A.M. The effect of thinning on mechanical properties of Douglas fir, Norway spruce, and Sitka spruce // *Annals of Forest Science*. 2019. Vol. 76. Pp. 1–12. doi: 10.1007/s13595-018-0787-6
17. Grigoreva O., Runova E., Savchenkova V. et al. Comparative analysis of thinning techniques in pine forests // *Journal of Forestry Research*. 2022. Vol. 33. Pp. 1145–1156. doi: 10.1007/s11676-021-01415-8
18. Zhang S., Belien E., Ren H. et al. Wood anatomy of boreal species in a warming world: a review // *iForest*. 2020. Vol. 13(2). Pp. 130–138. doi: 10.3832/ifor3230-013

References

1. Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A., Shchekalev R.V. A complex assessment of the pine wood quality in forest cultures under different growing conditions. *Lesovedenie*. 2021;2:208–216 (In Russ.). doi: 10.31857/S0024114821020054
2. Barrette J., Achim A., Auty D. Impact of intensive forest management practices on wood quality from

- conifers: literature review and reflection on future challenges. *Current Forestry Reports*. 2023;9:101–130. doi: 10.1007/s40725-023-00181-6
3. Chibisov G.A. Change of Pine by Spruce. Arkhangelsk, NRIF Publ., 2010. 150 p. (In Russ.)
 4. Tretyakov S.V., Koptev S.V., Davydov A.V. et al. The quality of wood of drained north-taiga pine forests of Arkhangelsk Oblast, determined by express method. *Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.)*. 2023;4:64–74 (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20230407
 5. Moore J., Cown D. Wood quality variability—what is it, what are the consequences and what we can do about it. *New Zealand Journal of Forestry*. 2015;59:3–9.
 6. Russo D., Marziliano P.A., Macri G. et al. Does thinning intensity affect wood quality? An analysis of Calabrian Pine in Southern Italy using a non-destructive acoustic method. *Forests*. 2019;10(4):1–16. doi: 10.3390/f10040303
 7. Riki J.T.B., Sotannde O.A., Oluwadare A.O. Anatomical and chemical properties of wood and their practical implications in pulp and paper production: a review. *Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment*. 2019;11(3):358–368. URL: <https://www.ajol.info/index.php/jrfwe/article/view/190320> (date of request: 01.05.2025)
 8. Ilintsev A.S., Shamontev I.G., Tretyakov S.V. Modern dynamics of forest use in the boreal forests of Russia (for example of the Arkhangelsk region). *Forest Engineering journal*. 2021;11(3):45–62 (In Russ.). doi: 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4
 9. Chibisov G.A., Moskaleva S.A., Kryzhanovskaya L.E. Quality of pine and spruce wood, method of its determination. Issues of taiga forestry in the European North: Collection of scientific works of the Northern Research Institute of Forestry. Arkhangelsk, 2005. Pp. 89–99 (In Russ.).
 10. Surina E.A., Minin N.S. Formation of mixed pine-birch stands with a second storey of spruce under the influence of thinning. *Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.)*. 2023;2:26–32 (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20230203
 11. Tyukavina O.N., Klevtsov D.N., Drozdov I.I., Melekhov V.I. Wood Density of Scots Pine in Different Growth Conditions. *Lesnoj Zhurnal. Forestry Journal*. 2017;6:56–64 (In Russ.). doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.56
 12. Tyukavina O.N., Ilintsev A.S., Ershov R.A. The Effect of Thinning on the Radial Increment of Scotch Pine. *Lesnoj Zhurnal. Forestry Journal*. 2017;4:34–44 (In Russ.). doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.34
 13. Shchekalev R.V., Belyaeva N.V., Chavchavadze E.S. Strength characteristics of Scots pine wood in forest stands of European North-East Russia. *Izvestia SanktPeterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*. 2023;246:282–296 (In Russ.). doi: 10.21266/2079-4304.2023.246.282-296
 14. Zaytsev D.A., Danilov D.A. Influence of macro structure xylem on the density of pine and spruce xylem in mature virgin forest stands and spruce. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*. 2023;1:20–30 (In Russ.). doi: 10.21178/2079-6080.2023.1.20
 15. Raupova D.E., Danilov D.A. Taxation structure and wood density of pine and spruce in mixed artificial plantations of the Leningrad Region. *Izvestia SanktPeterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*. 2022;240:25–46 (In Russ.). doi: 10.21266/2079-4304.2022.240.25-46
 16. Krajnc L., Farrelly N., Harte A.M. The effect of thinning on mechanical properties of Douglas fir, Norway spruce, and Sitka spruce. *Annals of Forest Science*. 2019;76: 1–12. doi: 10.1007/s13595-018-0787-6
 17. Grigoreva O., Runova E., Savchenkova V. et al. Comparative analysis of thinning techniques in pine forests. *Journal of Forestry Research*. 2022;33:1145–1156. doi: 10.1007/s11676-021-01415-8
 18. Zhang S., Belien E., Ren H., Rossi S., Huang J. Wood anatomy of boreal species in a warming world: a review. *iForest*. 2020;13(2):130–138. doi: 10.3832/ifor3230-013

Информация об авторах

Алексей Сергеевич Ильинцев – кандидат сельскохозяйственных наук, начальник научно-исследовательского отдела, Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства; доцент, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, a.ilintsev@narfu.ru;

Александр Петрович Богданов – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства; доцент, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова alexandr_bogd@mail.ru.

Information about the authors

Aleksey S. Ilintsev – Candidate of Science (Agriculture), Head of Research Department, Northern Research Institute of Forestry; Associate Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, a.ilintsev@narfu.ru;

Alexander P. Bogdanov – Candidate of Science (Agriculture), Senior Researcher, Northern Research Institute of Forestry; Associate Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, alexandr_bogd@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.05.2025; одобрена после рецензирования 18.06.2025; принята к публикации 01.07.2025.

The article was submitted 22.05.2025; approved after reviewing 18.06.2025; accepted for publication 01.07.2025.