



Научная статья

УДК 630\*5

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-2-160-171

### Плотность древесины сосны обыкновенной в осушаемом сосняке сфагновом

*М.А. Загородский*<sup>1,2</sup>, аспирант; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5942-4452>

*С.В. Третьяков*<sup>1,2</sup>, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [AAE-3861-2021](https://orcid.org/0000-0001-5982-3114),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

*С.В. Коптев*<sup>1,2</sup>, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [ABD-5497-2021](https://orcid.org/0000-0002-5402-1953),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; lespro@bk.ru, s.v.tretyakov@narfu.ru, s.koptev@narfu.ru

<sup>2</sup>Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, Россия, 163062

Поступила в редакцию 11.01.22 / Одобрена после рецензирования 18.04.22 / Принята к печати 21.04.22

**Аннотация.** Задача повышения продуктивности лесов была и остается одной из самых актуальных для Европейского Севера России, особенно в период завершения пионерного освоения лесных массивов. На Европейском Северо-Востоке наблюдается избыточная влажность при достаточно низких средних температурах, которые не способствуют активному поверхностному испарению влаги. В XX в. здесь на больших площадях проведены гидротехнические мелиорации, что способствовало повышению общей продуктивности лесов. Отношение к осушению лесов со стороны защитников экологии неоднозначное. Странники сохранения ненарушенных лесных территорий стараются противодействовать подобным мероприятиям. В то же время выращивание высокопродуктивных лесов нужного состава и качества требует мер содействия естественному возобновлению или создания лесных культур. Кроме общей продуктивности насаждений важным вопросом при проведении гидролесомелиорации является качество древесины, которое во многом определяется такими показателями, как ее плотность, соотношение доли ранней и поздней древесины. Для того чтобы изучить влияние разнообразия рельефа осушаемых лесных участков на качество древесины материал исследований рассматривали отдельно для 3 наиболее типичных групп микрорельефа: ровные участки, повышения, переходные участки. При избыточном увлажнении наблюдается гибель всходов и созданных лесных культур (вымокание, выдавливание морозом и т. д.). Создание микроповышений и отведение излишней влаги могут гарантировать восстановление и выращивание высокопродуктивных лесов. Установлены различия в плотности древесины сосны до и после проведения гидротехнических мелиораций в зависимости от положения в рельефе. Наибольшие изменения этого показателя осушение повлекло у деревьев, расположенных на возвышениях и на ровных участках, – в сторону увеличения и понижения соответственно.

© Загородский М.А., Третьяков С.В., Коптев С.В., 2023



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

У деревьев на ровных участках после гидролесомелиорации наблюдается некоторое превышение размеров ранней древесины над поздней, на возвышениях – увеличение среднего содержания поздней древесины.

**Ключевые слова:** осушаемые сосняки, гидролесомелиорация, реакция на осушение, продуктивность сосняков, качество древесины, плотность древесины, соотношение ранней и поздней древесины, положение древостоя в рельефе, ширина годичного слоя

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках государственного задания Рослесхоза 2022–2024 гг. «Разработка цифровой имитационной модели динамики экологического состояния и продуктивности экосистем на переувлажненных землях под воздействием природных и антропогенных факторов», регистрационный № НИОКТР 122020300230-5.

**Для цитирования:** Загородский М.А., Третьяков С.В., Коптев С.В. Плотность древесины сосны обыкновенной в осушаемом сосняке сфагновом // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 2. С. 160–171. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-160-171>

Original article

## Density of Scots Pine Wood in Drained Sphagnum Pine Forest

**Mikhail A. Zagorodski**<sup>1,2</sup>, Postgraduate Student;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5942-4452>

**Sergey V. Tretyakov**<sup>1,2</sup>, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [AAE-3861-2021](https://orcid.org/0000-0001-5982-3114),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

**Sergey V. Koptev**<sup>1,2</sup>, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [ABD-5497-2021](https://orcid.org/0000-0002-5402-1953),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; [lespro@bk.ru](mailto:lespro@bk.ru), [s.v.tretyakov@narfu.ru](mailto:s.v.tretyakov@narfu.ru), [s.koptev@narfu.ru](mailto:s.koptev@narfu.ru)

<sup>2</sup>Northern Research Institute of Forestry, ul. Nikitova, 13, Arkhangelsk, 163062, Russian Federation

Received on January 11, 2022 / Approved after reviewing on April 18, 2022 / Accepted on April 21, 2022

**Abstract.** The task of increasing forest productivity has been and remains one of the current interests of the European North of Russia, especially after the period of primary development of the forest areas. In the European Northeast, excessive humidity is observed at rather low average temperatures, which prevents active surface evaporation. In the twentieth century, the hydrotechnical reclamations were conducted on the large areas of swampy forests that increased the total productivity. The ecologists have an ambivalent attitude concerning forest draining. The supporters, who try to protect the undisturbed forest territories, counteract such activities. At the same time, the cultivation of highly productive forests of the right composition and quality requires measures for natural afforestation, or artificial forests must be created. Besides the total productivity of the stands, wood quality is an important factor in the hydroamelioration. It is mainly determined by density and the ratio between early and late wood. The influence of the landscape peculiarities of the drained forests on the quality of the wood was examined by the devotion of the areas according to the most typical groups of microrelief: flat areas, elevations, transitional areas. In cases of extensive humidity, the

death of seedlings and artificial forest plantings was observed (soaking, frost extrusion, etc.). The creation of micro-elevations and the drainage of the excessive moisture guarantee the regeneration and establishment of the highly productive forests. The differences in the density of pine wood before and after the hydrotechnical reclamation were detected according to the landscape. The largest changes in the indicator were determined at the elevations and the flat areas, with the increase and the decrease, respectively. The trees that grow on the flat terrain after the reclamation show a relative excess of early wood over late wood, while at the elevations the presence of the late wood is predominant.

**Keywords:** drained pine forests, hydrotechnical reclamation, response to draining, pine forest productivity, wood quality, wood density, ratio of early and late wood, stand position in landscape, width of annual layer

**Acknowledgments:** The work was performed within the framework of the state assignment from the Federal Forestry Agency of the Russian Federation (Rosleskhoz) within 2022–2024 period: “Development of a Digital Simulation Model of the Dynamics of the Ecological State and Productivity of Ecosystems on Waterlogged Lands Under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors”, registration No. NIOKTR 122020300230-5.

**For citation:** Zagorodski M.A., Tretyakov S.V., Koptev S.V. Density of Scots Pine Wood in Drained Sphagnum Pine Forest. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 2, pp. 160–171. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-160-171>

### *Введение*

На Европейском Севере России избыточное увлажнение является одним из главных препятствий роста и формирования высокопродуктивных насаждений. В целом в указанном регионе заболоченность лесного фонда составляет до 39 %. Гидротехническая мелиорация в комплексе с лесоводственными мероприятиями при правильно выбранном объекте осушения – один из самых радикальных и действенных способов повышения продуктивности лесных насаждений и качества выращиваемой древесины. В результате проведения гидролесомелиорации изменяется гидрологический режим таежной экосистемы, что приводит к повышению продуктивности лесных насаждений. Но лесные насаждения реагируют на осушение по-разному и даже в пределах одного таксационного выдела могут быть различные результаты в зависимости от микрорельефа. В пределах объекта осушения встречаются участки с микроповышениями и микропонижениями рельефа. В зависимости от местоположения в рельефе формируются разные условия роста растений и проявляется различная реакция на осушение.

Одним из важнейших и недостаточно изученных вопросов является изменение плотности древесины в результате проведения гидротехнической мелиорации на площадях с избыточным увлажнением. Плотность древесины входит в число основных показателей качества древесины, зависит от условий местопроизрастания, морфологических и анатомических характеристик деревьев [2, 3, 5–11, 14]. Результатами многочисленных исследований доказано, что с увеличением ширины годичного слоя уменьшается плотность древесины [10–12, 15–22]. Изучение изменения плотности древесины до и после проведения гидролесомелиоративных работ на избыточно-увлажненных территориях представляет интерес не только с научной точки зрения, но и имеет большое практическое значение [10–12].

Истощение лесосырьевых баз по сосновой хозсекции вызывает необходимость вовлечения в хозяйственное использование участков на переувлажненных землях. В результате гидротехнической мелиорации продуктивность таких насаждений в ряде случаев существенно возрастает и участки переходят в зимний лесосечный фонд. После рубки насаждения на слабых торфяных грунтах сильно повреждаются – неправильная эксплуатация может привести к повторному заболачиванию осушаемых участков. В связи с этим возникает необходимость исследования данных насаждений с хозяйственной и экологической точек зрения и выработки рекомендаций по их хозяйственному освоению.

Цель исследования – определение влияния гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны в сосняке сфагновом путем оценки ее плотности на осушаемых землях и в различных формах рельефа.

#### *Объекты и методы исследования*

Для изучения вопроса влияния гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны обыкновенной, относительно месторасположения деревьев в микрорельефе, в 2020 г. были проведены исследования на объекте осушения под номером 1-32-67 (331) в кварталах 16, 17 Новодвинского участкового лесничества Архангельского лесничества Архангельской области. Объект площадью 2524 га сдан в эксплуатацию в 1975 г., а в 1990 г. реконструирован на площади 1333 га.

Изучена реакция на осушение отдельных деревьев сосны обыкновенной относительно месторасположения в микрорельефе. Высказано предположение, что деревья, произрастающие на микроповышениях, в результате осушения оказываются в условиях произрастания, отличных от условий равнинной части одного и того же насаждения при прочих равных условиях.

Заложено 12 пробных площадей (ПП) в осушаемых сосновых насаждениях III–IV классов возраста в сфагновом и долгомошном типах леса. ПП заложены длинной стороной вдоль каналов на расстоянии 10 м от них. Осушители отдалены друг от друга на 50 м, глубина каналов – 0,9–1,1 м.

Таксационные показатели устанавливали общепринятыми в лесной таксации методами [1, 8]. Исследовано 252 модельных дерева, у которых определяли высоту, диаметр, а также для изучения изменения плотности древесины сосны до и после проведения гидролесомелиоративных работ на каждой ПП возрастным буровым перпендикулярно осушителям производили отбор 21 керн. Керны взяты на высоте 1,3 м. Обследование образцов проведено в камеральных условиях. Величину радиального прироста получали измерителем параметров керна Corim Max1 (точность прибора – 0,01 мм). Обработку полевых материалов производили с помощью стандартного пакета Microsoft Office и интегрированного пакета Statistica. Средняя таксационная характеристика сформировавшихся при гидролесомелиоративном воздействии насаждений приведена в табл. 1.

При определении радиального прироста выделяли раннюю и позднюю древесину. Работы по осушению в районе исследования выполняли в 1975 г., поэтому радиальный прирост после проведения гидролесомелиоративных работ устанавливали за период с 1975 до 2020 г. и за 10 лет до начала осушения.

Таблица 1

Средние таксационные показатели насаждений, сформировавшихся при гидросомелиоративном воздействии  
Average taxonomic indicators of stands developed under hydrotechnical reclamation impact

№ ПП/площадь, га	Бонитет	Состав	Тип леса	Порода	Количество деревьев на 1 га	Средние			G, м <sup>3</sup> /га	Полнога	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га	
						A, лет	H, м	D, см			растущего	сухого
1/0,14	V	52С48С	С сф	С	1345	60	9,4	8,4	7,4	0,3	38	15
					124	200	11,5	24,5	5,8	0,2	35	–
<i>Итого</i>					1469	–	–	–	13,2	0,5	73	15
2/0,14	IV	72С25С3Е	С сф	С	1418	60	11,0	11,2	14,1	0,6	85	18
					87	200	14,2	24,9	4,2	0,1	30	–
<i>Итого</i>					73	60	9,8	9,4	0,5	–	3	–
<i>Итого</i>					1578	–	–	–	18,8	0,7	118	18
3/0,13	IV	69С15С9Е7Б	С сф	С	1552	70	12,6	13,5	22,2	0,8	155	22
					56	150	17,3	29,8	3,9	0,1	33	–
<i>Итого</i>					360	60	10,3	10,6	3,1	0,15	19	–
<i>Итого</i>					288	55	12,1	10,4	2,4	–	16	–
<i>Итого</i>					2256	–	–	–	31,6	1,05	223	22
4/0,14	V	81С19С	С сф	С	1470	70	10,8	11,1	14,3	0,6	85	17
					43	150	14,0	29,2	2,9	0,1	20	–
<i>Итого</i>					1513	–	–	–	17,2	0,7	105	17
5/0,22	IV	72С28С	С сф	С	894	60	11,5	12,8	11,5	0,5	73	26
					65	200	15,0	27,5	3,9	0,1	29	–
<i>Итого</i>					959	–	–	–	15,4	0,6	102	26

6/0,16	V	78С22С	С сф	С	1290	60	9,8	11,2	12,8	0,6	70	10
			<i>Итого</i>	С	50	200	13,1	27,5	3,0	0,1	20	–
7/0,19	IV	87С13С	С сф	С	1340	–	–	–	15,8	0,7	90	10
			<i>Итого</i>	С	1974	70	12,2	11,9	21,9	0,8	140	25
8/0,13	III	75С25Б	С дм	Б	52	140	15,0	26,5	2,9	0,1	21	–
			<i>Итого</i>	–	2026	–	–	–	24,8	0,9	161	25
9/0,10	III	85С15Б	С дм	С	1133	80	19,5	19,1	32,3	0,9	308	22
			<i>Итого</i>	Б	958	55	16,5	12,5	11,7	0,4	101	14
10/0,20	V	64С36С	С сф	С	2091	–	–	–	44,0	1,3	409	36
			<i>Итого</i>	С	1684	80	17,8	16,7	36,9	1,1	331	48
11/0,15	V	89С7С4Б	С сф	Б	582	55	16,0	12,4	7,1	0,2	60	1
			<i>Итого</i>	–	2266	–	–	–	44,0	1,3	391	49
12/0,15	V	70С28С2Б	С дм	С	964	70	9,2	11,4	9,9	0,4	51	20
			<i>Итого</i>	С	112	140	11,5	23,6	4,9	0,2	29	–
			<i>Итого</i>	–	1076	–	–	–	14,8	0,6	80	20
			<i>Итого</i>	С	1305	80	13,5	14,4	21,1	0,7	148	12
			<i>Итого</i>	С	20	140	16,4	29,5	1,3	–	11	–
			<i>Итого</i>	Б	118	60	10,2	12,0	1,3	0,1	7	–
			<i>Итого</i>	–	1443	–	–	–	23,7	0,8	166	12
			<i>Итого</i>	С	1165	80	13,6	14,4	19,0	0,7	136	11
			<i>Итого</i>	С	129	140	16,7	25,5	6,6	0,2	54	–
			<i>Итого</i>	Б	91	60	8,8	9,6	0,7	–	3	–
			<i>Итого</i>	–	1385	–	–	–	26,3	0,9	193	11

Примечание: С сф, С дм – сосняк сфагновый и долгомошный соответственно; А – возраст; Н – высота; D – диаметр; G – сумма площадей сечений на высоте 1,3 м.

Результаты исследований других авторов [4, 7, 19, 20] подтверждают существование связи между плотностью древесины, шириной годичного слоя и процентным содержанием поздней древесины у хвойных пород. Базисную плотность древесины до и после гидролесомелиоративных работ определяли разработанным Г.А. Чибисовым, С.А. Москалевой, Л.Е. Крыжановской экспресс-методом, основанным на обширном теоретическом и практическом материале. Для нахождения плотности древесины этими авторами получено эмпирическое уравнение связи данного показателя ( $P$ ) с шириной годичных слоев ( $S$ ) и процентом содержания поздней древесины ( $Bd$ ) [13]:

$$P = 279,3 - 10,8S + 4,9Bd.$$

Точность уравнения составляет 0,7–4,8 %. Достоверность различий средних параметров уравнения снижается с увеличением содержания поздней древесины (более 30 %) [13].

Для изучения реакции отдельных деревьев на осушение выделены 3 категории относительно месторасположения в рельефе: «на возвышении» (59 моделей), «на переходе» (44 модели) и «на ровном участке» (49 моделей). Возвышения не превышают 1,5 м, представляют собой островные группы деревьев, занимающие площадь до 20–50 м<sup>2</sup>, или 4–6 % от площади участка; подстилаются минеральным горизонтом; почвообразование идет по подзолистому типу. Участки переходного типа подстилаются торфами мощностью до 0,5 м; ровные – торфами мощностью 0,5–1,5 м.

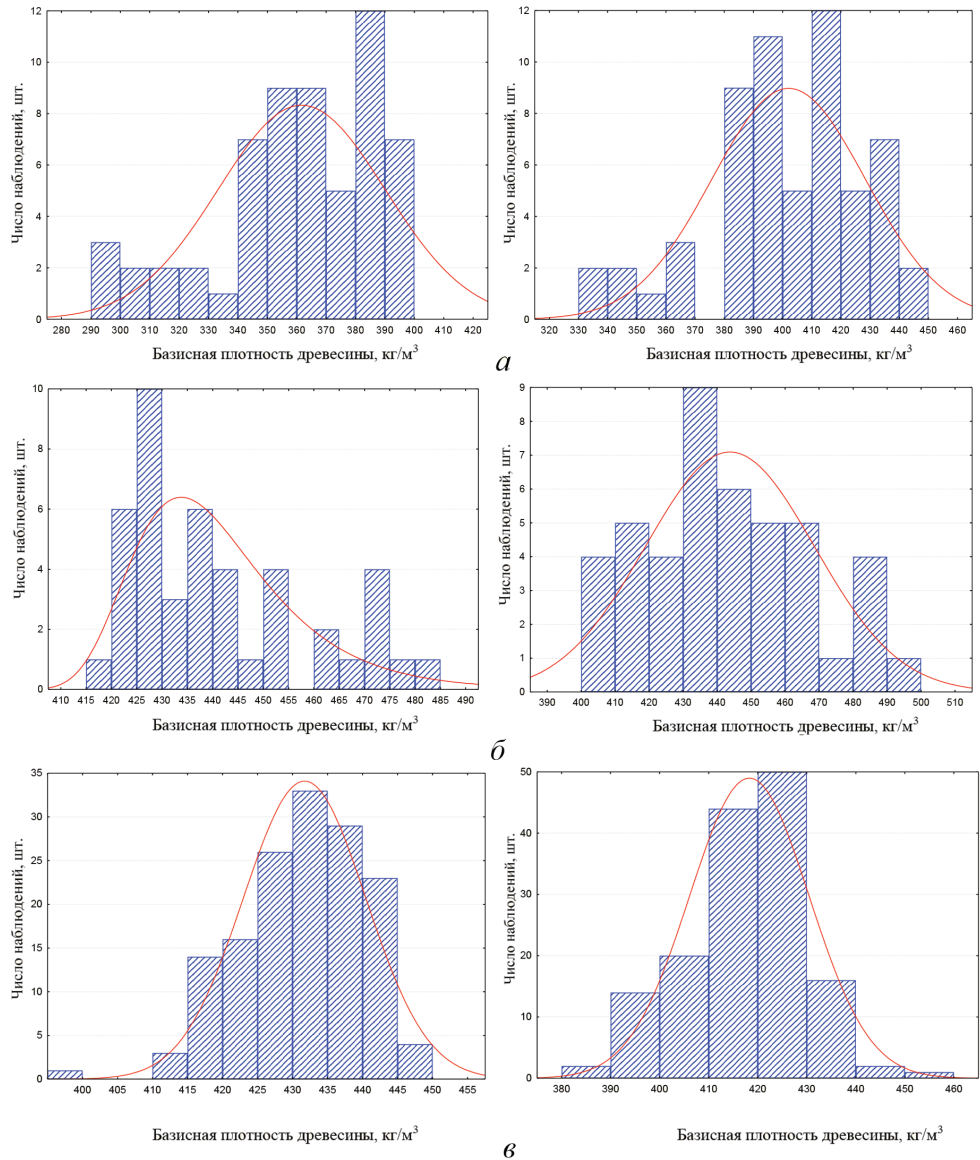
Выборочные совокупности проверены на нормальность распределения. Показатели асимметрии выборок изменяются в пределах от –0,75 до +0,86, эксцесса – от –0,68 до +0,30. Точность опыта находится в пределах 0,06–0,85. Коэффициент изменчивости варьирует от 2,0 до 7,8 %. Для проверки достоверности различий между выборками использовали критерий Стьюдента.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Показатели плотности древесины на объекте исследования, полученные по приведенной формуле, представлены на рисунке. Средние показатели элементов макроструктуры и базисной плотности древесины сосны на объекте исследования до и после осушения приведены в табл. 2.

Из сравнения базисной плотности древесины сосны до и после проведения гидролесомелиоративных работ следует вывод, что у моделей на возвышениях плотность после осушения выше, чем до осушения. У образцов на ровных участках наблюдается достоверное снижение плотности по отношению к плотности до начала осушения. У образцов на переходах к ровным участкам нет достоверного различия. Достоверные различия плотности древесины до и после осушения наблюдаются на возвышениях и на ровных участках для всех уровней вероятности безошибочных прогнозов. Приведенные в табл. 2 показатели плотности древесины превышают среднестатистическую плотность древесины сосны по Архангельской области – 395±15 кг/м<sup>3</sup> [6], что свидетельствует о формировании высококачественной древесины в осушаемых сосняках в Новодвинском участковом лесничестве Архангельского лесничества.





Распределение числа деревьев по базисной плотности древесины до (слева) и после (справа) осушения: *a* – на возвышениях; *б* – на переходных участках; *в* – на ровных участках  
 Distribution of trees quantity according to the reference wood density before (left) and after (right) drainage: *a* – at elevations; *б* – on transitional areas; *в* – on flat landscape

В табл. 3 показано распределение деревьев на осушаемых участках по плотности древесины.

В результате проведенных исследований установлено, что гидролесомелиоративные работы в целом положительно влияют на качество формируемых насаждений. Распределение плотности древесины по грациям показывает, что наибольшие изменения осушение повлекло у деревьев, расположенных на возвышениях, – в сторону увеличения и на ровных участках – в сторону понижения. На переходных участках базисная плотность древесины в среднем не поменялась, но значительно увеличилась дисперсия. Средняя ширина годично-



го слоя у моделей на переходах и на ровных участках после осушения увеличилась на 57 и 178 % соответственно. Такая динамика прироста объясняется улучшением водно-воздушного режима. У моделей на возвышениях наблюдается обратный эффект, после проведения гидролесомелиоративных работ средняя ширина годичного слоя снизилась на 35 %, что вызвано чрезмерным оттоком влаги из корнеобитаемого слоя.

Таблица 2

**Средние показатели ( $M \pm m$ ) элементов макроструктуры и базисной плотности древесины сосны на объекте исследования до и после осушения**

**Mean values ( $M \pm m$ ) of macrostructure components and reference densities of pine wood measured at the trail plots before and after drainage**

Месторасположение относительно рельефа	Ширина годичного слоя, мм	Содержание поздней древесины, %	Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup>	t-критерий Стьюдента
<i>До осушения</i>				
На возвышениях	0,91±0,06	24,03±1,38	361±3,7	<b>8,2</b>
На переходах	0,45±0,02	34,38±3,78	442±2,7	0,2
На ровных участках	0,32±0,01	31,92±3,23	432±0,7	<b>12,3</b>
<i>После осушения</i>				
На возвышениях	0,59±0,03	26,28±1,16	402±3,4	<b>8,2</b>
На переходах	0,71±0,02	34,85±4,29	443±3,7	0,2
На ровных участках	0,89±0,03	30,23±3,73	418±0,9	<b>12,3</b>

Примечание: Полужирным выделены достоверные различия критерия Стьюдента.

Таблица 3

**Распределение численности деревьев по плотности древесины сосны на участках до и после осушения, % от числа деревьев**

**Distribution of trees quantity by pine wood density on the trail plots before and after drainage, % from the total number of trees**

Плотность древесины, кг/м <sup>3</sup>	До осушения			После осушения		
	на возвышениях	на переходах	на ровных участках	на возвышениях	на переходах	на ровных участках
281–300	5,1	–	–	–	–	–
301–320	6,8	–	–	–	–	–
321–340	5,1	–	–	3,4	–	–
341–360	27,1	–	–	5,1	–	–
361–380	23,7	–	–	5,1	–	–
381–400	32,2	–	0,7	33,9	–	10,7
401–420	–	2,3	11,4	28,8	20,5	43,0
421–440	–	56,8	69,8	20,3	29,5	44,3
441–460	–	20,4	18,1	3,4	25,0	2,0
461–480	–	18,2	–	–	13,6	–
481–500	–	2,3	–	–	11,4	–

Средний процент содержания поздней древесины у моделей на возвышениях после проведения осушения увеличился на 9,4 %. У деревьев на переходах доля поздней древесины осталась на прежнем уровне (рост на 1,4 %).

На ровных участках отмечено снижение среднего процента содержания поздней древесины на 5,3 %. Данное явление можно объяснить значительным увеличением радиального прироста после проведения гидролесомелиоративных работ и образованием ранней древесины более высокими темпами, чем поздней.

### Заключение

Исследование позволило выявить заметное влияние гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны и его зависимость от условий места произрастания. Установлено изменение плотности древесины после проведения гидролесомелиоративных работ в сфагновом сосняке относительно месторасположения деревьев в рельефе. Существенные изменения средней ширины годичного слоя произошли у деревьев, произрастающих на переходных и на ровных участках. Проведение гидролесомелиоративных работ обусловило следующие изменения таксационных показателей изученных древостоев:

ширина годичных слоев увеличилась на 57,8...178,1 % вследствие улучшения водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя, у деревьев, произрастающих на возвышениях, средняя ширина годичного слоя снизилась на 35,2 %, что вызвано чрезмерным оттоком влаги из корнеобитаемого слоя;

плотность древесины на возвышениях и переходных участках увеличилась до  $402 \pm 3,4 \dots 443 \pm 3,7$  км/м<sup>3</sup>;

наблюдается некоторое превышение размеров ранней древесины над поздней у деревьев, произрастающих на ровных участках, у деревьев на возвышениях средний процент содержания поздней древесины увеличился на 9,4 %, что способствовало росту плотности древесины, у деревьев на переходах он практически не изменился – 1,4 %.

Проведенные исследования позволяют оценить степень воздействия осушительной мелиорации на деревья в зависимости от их положения в рельефе и будут использованы при моделировании динамики экологического состояния осушаемых насаждений. В ходе дальнейших исследований предполагается установить закономерные связи роста осушаемых насаждений различных условий места произрастания с экологическими и антропогенными факторами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.  
Anuchin N.P. *Forest Taxation*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1982. 552 p. (In Russ.).
2. Бабиков Б.В. Влияние канав на уровень грунтовых вод и рост леса на торфяных почвах // Материалы Науч.-техн. конф. Л.: ЛТА, 1966. № 6. С. 70–74.  
Babikov B.V. Impact of Ditches on Groundwater Level and Forest Growth on Peat Soils. *Proceedings of the Scientific and Technical Conference*. Leningrad, LTA Publ., 1966, no. 6, pp. 70–74. (In Russ.).
3. Бабиков Б.В. Гидротехнические мелиорации. 4-е изд., стер. СПб.: Лань, 2005. 304 с.  
Babikov B.V. *Hydrotechnical Reclamations*. Sankt Petersburg, Lan' Publ., 2005. 304 p. (In Russ.).
4. Константинов В.К. Эффективность осушения, рациональное использование и охрана от пожаров лесных земель // Вестн. МАНЭБ. 2016. Т. 21, № 1. С. 24–33.

Konstantinov V.K. Drainage Efficiency, Sustainable Use and Fire Protection of Forest Lands. *Vestnik MANEB*, 2016, vol. 21, no. 1, pp. 24–33. (In Russ.).

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

Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. *Quality of Pine Wood in Crops*. Arkhangelsk, AGTU Publ., 2003. 110 p. (In Russ.).

6. Пахучий В.В. Факторы продуктивности осушенных насаждений Европейского Северо-Востока. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1991. 114 с.

Pakhuchiy V.V. *Productivity Factors of Drained Stands in the European Northeast*. Syktyvkar, Komi Scientific Center of Ural Branch of RAS Publ., 1991. 114 p. (In Russ.).

7. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.

Poluboyarinov O.I. *Wood Density*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ, 1976. 160 p. (In Russ.).

8. Рубцов В.Г., Кнize А.А. Закладка и обработка пробных площадей в осушенных насаждениях. Л.: ЛенНИИЛХ, 1974. 56 с.

Rubtsov V.G., Knize A.A. *Establishment and Processing of Trial Plots in Drained Stands*. Leningrad, LenNIILKh Publ., 1974. 56 p. (In Russ.).

9. Смирнов А.П. Причины различной эффективности гидромелиорации верховых болот // Лесн. хоз-во. 1986. № 2. С. 32–35.

Smirnov A.P. Reasons for Differences in Reclamation Effectiveness of Peat Bogs. *Lesnoye khozyaystvo*, 1986, no. 2, pp. 32–35. (In Russ.).

10. Тараканов А.М. Рост осушаемых лесов и ведение хозяйства в них. Архангельск: СевНИИЛХ, 2004. 228 с.

Tarakanov A.M. *Growth of Drained Forests and Their Maintenance*. Arkhangelsk, FBU “NRIF” Publ., 2004. 228 p. (In Russ.).

11. Тюкавина О.Н., Клевцов Д.Н., Дроздов И.И., Мелехов В.И. Плотность древесины сосны обыкновенной в различных условиях произрастания // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 6. С. 56–64.

Tyukavina O.N., Klevtsov D.N., Drozdov I.I., Melekhov V.I. Wood Density of Scots Pine in Different Growth Conditions. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2017, no. 6, pp. 56–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.6.56>

12. Федотов И.В., Третьяков С.В., Ильинцев А.С. Влияние гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны // Изв. СПбЛТА. 2016. Вып. 214. С. 131–140.

Fedotov I.V., Tretyakov S.V., Ilintsev A.S. The Hydraulic Impact of Land Reclamation on the Quality of Pine Wood. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoy Akademii* = News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy. 2016, iss. 214, pp. 131–140. (In Russ.).

13. 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.

Chibisov G.A., Moskaleva S.A., Kryzhanovskaya L.E. The Quality of Pine and Spruce, the Method for Determination. *The Issues of the Taiga Forest Management in the European North: A Collection of Scientific Articles*. Arkhangelsk, FBU “NRIF” Publ., 2005, pp. 89–99. (In Russ.).

14. Чибисов Г.А., Москалева С.А., Крыжановская Л.Е., Личутина А.А. Влияние комплексных уходов на анатомические свойства древесины сосны // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1993 г. Архангельск, 1994. С. 45–46.

Chibisov G.A., Moskaleva S.A., Kryzhanovskaya L.E., Lichutina A.A. The Influence of Complex Treatments on Anatomical Properties of Pine Wood. *Proceedings of the Research and Development Conference of 1993*. Arkhangelsk, 1994, pp. 45–46. (In Russ.).

15. Bouriaud O., Teodosiu M., Kirdyanov A.V., Wirth C. Influence of Wood Density in Tree-Ring-Based Annual Productivity Assessments and Its Errors in Norway Spruce. *Biogeosciences*, 2015, vol. 12, no. 20, pp. 6205–6217. <https://doi.org/10.5194/bg-12-6205-2015>
16. Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nicolaci A., Nocentini S. Structure and Growth of a Small Group Selection Forest of Calabrian Pine in Southern Italy: A Hypothesis for Continuous Cover Forestry Based on Traditional Silviculture. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 224, no. 3, pp. 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.057>
17. Danilov D., Belyaeva N., Zaitcev D. Density of Wood of Pine-Tree and Spruce in the Mixed Mature Forests of the North-West Russia Boreal Zone. *Research for Rural Development*, 2018, vol. 1, pp. 125–130. <https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.019>
18. Danilov D., Janusz S. Macrostructure and Density of Pine and Spruce Wood on Fallow Lands on North-West of Russia. *Research for Rural Development*, 2019, vol. 1, pp. 31–37. <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.005>
19. Kamala F.D., Sakagami H., Oda K., Matsumura J. Wood Density and Growth Ring Structure of Pinus Patula Planted in Malawi, Africa. *IAWA Journal*, 2013, vol. 34, no. 1, pp. 61–70. <https://doi.org/10.1163/22941932-00000006>
20. Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendiaian A.Z., Karppinen J., Ikonen V.-P. Differences in Growth and Wood Density Traits in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Genetic Entries Grown at Different Spacing and Sites. *Silva Fennica*, 2009, vol. 43, no. 3, pp. 339–354. <https://doi.org/10.14214/sf.192>
21. Saranpää P. Wood Density and Growth. *Wood Quality and Its Biological Basis*. Ed. by Barnett J.R., Jeronimidis G. England, Chichester, Wiley-Blackwell Publ., 2003, 240 p. Available at: <https://books.google.at/books?id=NhwSMryGzY0C>
22. Wilhelmsson L., Arlinger J., Spångberg K., Lundqvist S.-O., Grahn T., Hedenberg Ö., Olsson L. Structure and Growth of a Small Group Selection Forest of Calabrian pine in Southern Italy: A hypothesis for Continuous Cover Forestry Based on Traditional Silviculture. *For. Ecol. Manag.*, 2006, no. 224, pp. 229–234. <https://doi.org/10.1080/02827580260138080>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest