

С.В. Третьяков, А.С. Новосёлов, О.С. Попов

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ *PINUS SYLVESTRIS* L.
В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Введение. В истории развития лесоводства отдельное внимание уделялось повышению продуктивности древостоев. За годы исследований были разработаны различные методы для достижения этой цели. Применение гидротехнической мелиорации в лесах на болотных почвах – это один из разработанных методов повышения продуктивности древостоев. Насаждения, растущие на переувлажнённых территориях, характеризуются низким бонитетом, при правильном регулировании уровня почвенно-грунтовых вод происходит повышение класса бонитета, при этом улучшается товарная структура древостоев и увеличиваются приросты древесины.

Заболоченные леса и болота занимают территорию, равную 3,4 млн га, более 88% из которой приходится на лесной фонд региона. Более 60% переувлажненных лесных земель приходится на низкобонитетные насаждения. Сравнивая избыточно увлажнённые почвы в Вологодской области с соседними регионами, следует отметить, что она характеризуется высокой лесистостью (61% приходится на покрытую лесом площадь от всего гидрорелесомелиоративного фонда области).

Мероприятия по осушению объектов гидрорелесомелиоративного фонда в Вологодской области проводились в период с 1953 по 1973 гг. Осушались преимущественно лесные земли с преобладанием сосняков (67%) [Дружинин и др., 2021; Дружинин и др., 2011]. В настоящее время в силу разного рода факторов и причин, в том числе экономических, мероприятия по созданию мелиоративной сети каналов и её поддержанию на территории Российской Федерации, практически полностью прекращены.

Гидротехническая мелиорация в заболоченных лесах не только повышает продуктивность древостоев, но и улучшает физико-механические свойства древесины. Влияние этих улучшений при отдалении от канальной сети изменяется незначительно [Дружинин и др., 2011].

По приростам годовых колец основных лесообразующих хвойных пород, в частности сосны обыкновенной, можно судить о состоянии древо-

стоек в целом [Ловелиус и др., 2015]. При осушении происходит увеличение толстостенных трахеид, в том числе и у поздней древесины, которая сказывается на улучшении плотности древесины. По качеству древесина в осушаемых условиях несколько хуже древесины на минеральных почвах, в связи с тем, что она обладает большей сучковатостью, но в производственных масштабах эта разница незначительна.

Применение гидротехнической мелиорации в переувлажнённых лесах позволяет предотвратить процессы заболачивания, повысить продуктивность древостоев и улучшить условия роста фитоценозов [Тараканов, 2004]. При своевременном проведении уходов за канальной сетью можно избежать таких последствий, как вторичное заболачивание и увеличение пожарной опасности в лесных территориях.

В настоящее время многие осушаемые леса Вологодской области приближаются к возрасту их промышленной заготовки (возраст заготовки более 70 лет). Период действия гидротехнической мелиорации, в среднем, составляет 50 лет. Многие осушительные системы в настоящее время находятся в удовлетворительном состоянии (мониторинг и уходы за ними не проводятся). Резюмируя вышеотмеченное, следует отметить, что на таких лесных землях требуется разработка режима пользования, с учётом разной интенсивности искусственного дренажа.

Цель исследования – определить влияние искусственного дренажа на радиальный прирост и макроструктуру древесины сосны на гидроморфных почвах.

Для достижения цели были сформулированы следующие *задачи*:

1. Подобрать объекты исследования в Сокольском и Устюженском муниципальных районах Вологодской области в естественно-заболоченных и осушаемых сосняках с разными параметрами каналов мелиоративной сети и торфяной залежи (с малой и высокой зольностью) и отграничить в них временные пробные площади (ВПП);

2. Провести лесотаксационные работы и выявить особенности роста осушаемых сосняков на объектах исследования с разной интенсивностью искусственного дренажа;

3. Выявить и охарактеризовать плотность древесины расчётным путём по данным анализа кернов древесины;

4. Определить и провести анализ базовых параметров макроструктуры древесины сосны;

5. Установить и проанализировать динамику суммарных радиальных приростов древесины сосны по пятилетиям и экстремумы по графическим хронологиям прироста.

Материалы и методика исследования. В ходе полевых работ изучены четыре лесных объекта, три из которых расположены в Сокольском районе. *Осушаемый лесной фитоценоз* (табл. 1) представлен чистыми сосняками II и III классов бонитета в Сокольском районе в пределах Рабангско-Доровского болотного массива (ВПП 1 и 2, рис. 1,а). Сосновые древостои расположены на болотных почвах олиготрофного типа с мощностью залегания верхнего слоя торфа от 40 до 51 см. В напочвенном покрове доминируют черника, осока, багульник и мох сфагновый. Хвойный подрост в небольшом количестве на объекте представлен еловой формацией. Расстояние между осушительными каналами гидролесомелиоративной сети – 120 м.

Экстенсивно-осушаемый сосново-берёзовый фитоценоз находится на осушенных болотных почвах евтрофного типа заболачивания (ВПП 9 и 10, рис. 1,б) в Сокольском районе рядом с проходящей линией электропередач. Мощность торфяной залежи варьирует от 73 до 104 см. В напочвенном покрове преобладают кислица, папоротник и рябина. На объекте отмечено большое количество елового подроста. Мелиоративные каналы расположены на расстоянии в 290 м друг от друга.

Интенсивно-осушаемый лесной фитоценоз расположен в Устюженском районе вблизи реки Шалочь (ВПП 7 и 8, рис. 1,в). Тип торфяной залежи на объекте – олиготрофный. Мощностью залегания – от 51 до 56 см. К доминантам в напочвенном покрове относятся мох сфагновый, багульник, черника и голубика. Древостои представлены сосняками высоким классом бонитета; подрост отсутствует. Расстояние между каналами – 80 м (рис. 2,а).

Контрольный (естественно-заболоченный) лесной объект находится в Сокольской районе; северо-западная часть Рабангско-Доровского болотного массива вблизи деревни Кузнецово, южнее р. Пельшмы. Пробные площади отграничены в пределах евтрофного (ВПП 11) и олиготрофного (ВПП 12) типов торфяной залежи, которая подстилается ленточными глинами слабой мощности. Живой напочвенный покров на опытном объекте типичен для сосняков на болотных почвах и представлен в основном багульником, зелёным мхом и осокой.

У сосняка на торфяной залежи *евтрофного типа* по главной породе определён третий класс бонитета (рис. 2,б). Основные параметры древостоя (формула состава, средний возраст, высота и диаметр сосны): 10С + Б, 108 лет, 21 м и 20,7 см, соответственно. Сухостой отсутствует. К преобладающей растительности напочвенного покрова относятся черника, голубика, сфагновые и зелёные мхи, морошка и багульник.

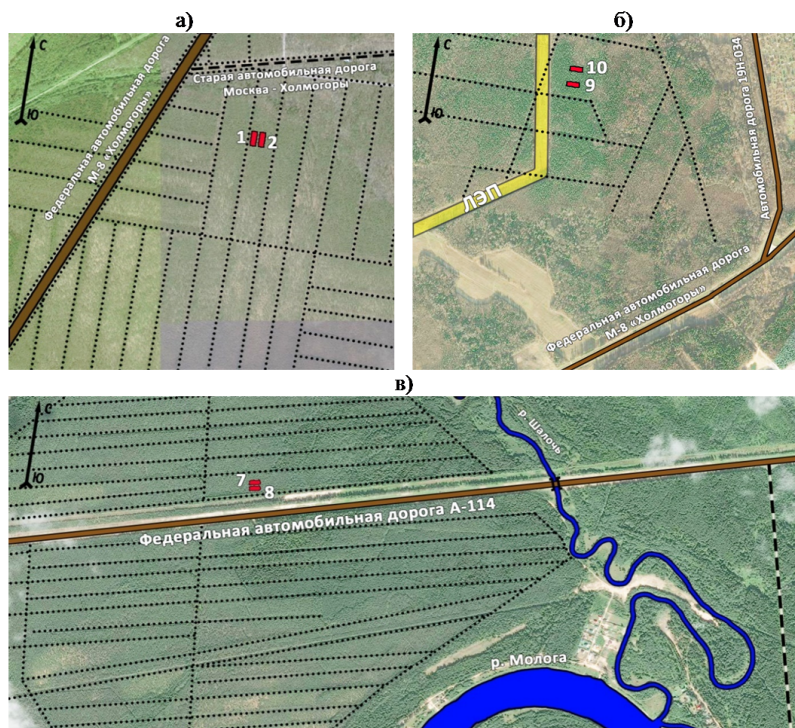


Рис. 1. Схема расположения временных пробных площадей в Сокольском (а, б) и Устюженском (в) районах Вологодской области

Fig. 1. Temporary sample plot's location in the Sokolsky (a, b) and the Ustyuzhensky (c) districts of the Vologda region

В заболоченном сосняке на почвах с преимущественно атмосферным питанием (*олиготрофный тип заболачивания*) класс бонитета по сосне – Va. Объект представлен чистым сосняком, средние высоты и диаметры составляют 10,5 м и 16,3 см. Средний возраст деревьев на объекте – 107 лет. Подрост представлен елью. Напочвенный покров включает в основном багульник, осоку, сфагновый и зелёный мхи.

Временные пробные площади ограничивались длиной стороной вдоль осушительных каналов в приканальном (ПК) и межканальном (МК) положениях осушаемого пространства [Дружинин и др., 2021]. Основные таксационные параметры рассчитывались исходя из сумм площадей сечений деревьев по общепринятой в лесоводстве методике с использованием регионального справочника [Третьяков, 2016].

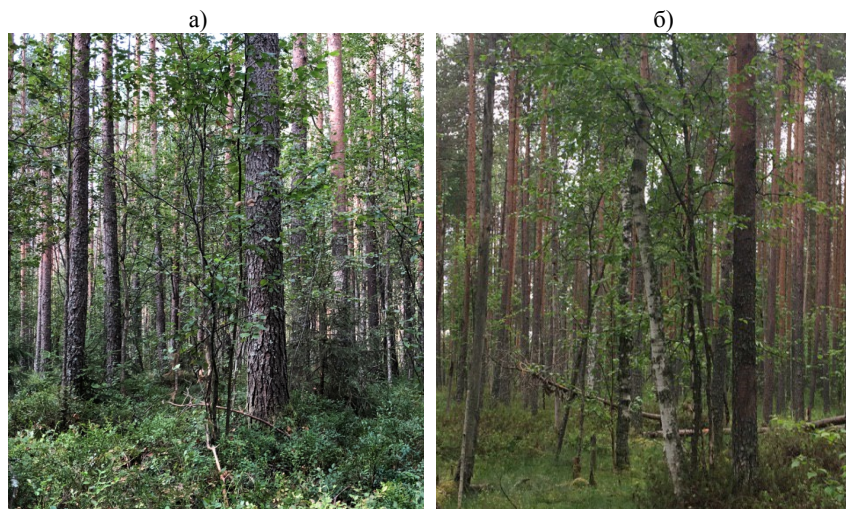


Рис. 2. Фото осушаемого сосняка в Устюженском районе (а) и естественно-заболоченного сосняка на торфяной залежи евтрофного типа в Сокольском районе (б)

Fig. 2. Photo of a drained pine forest in the Ustyuzhensky district (a) and a naturally swampy pine forest on a eutrophic peat deposit in the Sokolsky district (b)

На каждом объекте отбирались керны древесины возрастным буравом «Naglof» на высоте 0,6 м от шейки корня дерева для дальнейших таксационных и макроструктурных исследований [Жаворонков, 2011]. Образцы древесины высверливались на каждой пробной площади для лесообразующих пород в минимальном количестве 15 экз. для каждой. В индивидуальных хронологиях болотных лесных фитоценозов обособлялись диапазоны с года действия мелиорации (1978) по 2021 г.

Для определения базисной плотности древесины (P) сосны применялось уравнение [Чибисов, 2005] зависимости её с шириной годичных слоёв (S) и процентом поздней древесины (Bd) по формуле:

$$P = 297,3 - 10,8 \cdot S + 4,9 \cdot Bd.$$

Согласно исследованиям К.К. Высоцкого для разделения совокупности деревьев на группы роста, использовался следующий приём: категории роста деревьев (медленно- и быстрорастущие) устанавливались по отклонению их от среднего диаметра в меньшую или большую сторону соответственно.

Статистическая обработка опытных данных выполнялась с помощью вариационного, корреляционного и регрессионного видов анализа, проводилась с использованием внутреннего специализированного пакета в MS Excel.

Для оценки взаимокорреляции индивидуальных хронологий, использовавшихся для построения обобщённой серии, SNR (или «Сигнал-Шум») [Тишин, 2015] вычислялся по формуле:

$$SNR = \frac{N \cdot r}{1 - r},$$

где r – средний коэффициент корреляции между индивидуальными рядами индексов прироста для данного участка, N – количество рядов.

Результаты исследования. В ходе анализа *таксационной характеристики* осушаемых древостоев (табл. 1) установлено, что разница в среднем диаметре сосны в экстенсивно осушаемых древостоях между приканальным и межканальным положениями составляет менее 1%, следовательно положительное влияние от гидротехнической мелиорации при отдалении от каналов незначительно. При более плотном расположении мелиоративной сети каналов в Устюженском районе средний диаметр выше на 5% в центральной части осушаемого пространства, что удалось доказать на уровне значимости 50% ($t_{st} \leq t_{факт}$; $0,68 < 1,49$). Сосны на объекте с евтрофным типом питания в осушаемых условиях выше в приканальном положении относительно центральной части осушаемого пространства $t_{st}(0,70) < t_{факт}(1,55)$ (на уровне значимости 50%).

Густота сосны на торфяной залежи олиготрофного типа забалачивания выше в интенсивно-осушаемых древостоях в 1,7 раза, относительно насаждений с большим расстоянием между мелиоративными каналами на схожем типе торфяной залежи.

Запас древесины сосны на торфяных залежах верхового типа на 16% больше в межканальном положении (разница с приканальным положением – $62,72 \text{ м}^3/\text{га}$). На евтрофной торфяной залежи сыро-растущий запас больше в древостоях, расположенных вблизи канала на 19% ($96,56 \text{ м}^3/\text{га}$), следовательно влияние мелиорации на рост насаждений в таких условиях проявляется по-разному.

Средняя *плотность древесины* сосны до проведения мелиоративных работ – $454,57 \text{ кг/м}^3$, после осушения она увеличилась до $465,07 \text{ кг/м}^3$ (табл. 2). Изменчивость средней плотности на 30% выше в древостоях под влиянием осушительных работ относительно этих же объектов до осушения. Наименьшая изменчивость зафиксирована в контрольном объекте на евтрофной торфяной залежи, максимальная – в интенсивно-осушаемых древостоях

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика опытных древостоев

Silvicultural-taxation characteristic of experimental forest stands

Номер ВПП, положение	Шифр типа леса	Состав древостоя	Древесная порода	Бонитет	Средние			Густота, шт./га	Сумма площадей поперечных сечений деревьев на одном гектаре ($\sum G_{ij}$), м ² /га	Относительная полнота древостоя (Р)	Сыро-растущий запас древостоя, (М), м ³ /га	Сухостойный запас древесины, (М), м ³ /га
					Диаметр на высоте груди (D), см	Высота (H), м	Возраст, лет					
Сокольский район (олиготрофный тип торфяной залежи)												
1, ПК	С. бг. – сф. ос.	10С	С	II	21,7 ± 0,79	20,4 ± 0,64	74 ± 5	860	31,92	0,88	311,36	14,24
2, МК	С. бг. – сф. ос.	10С	С	III	21,5 ± 0,50	20,6 ± 0,53	105 ± 12	1100	39,89	1,07	390,92	16,20
Устюженский район (олиготрофный тип торфяной залежи)												
7, МК	С. бг. – сф. ос.	10С	С	I	17,0 ± 0,48	20,2 ± 0,45	62 ± 4	1620	36,65	1,02	371,48	4,20
8, ПК	С. бг. – сф. ос.	10С	С	I	16,1 ± 0,36	19,0 ± 0,39	52 ± 4	1720	34,84	1,00	325,60	4,20
Сокольский район (евтрофный тип торфяной залежи)												
9, ПК	С. кис. – зм., ос.	9С1Б + Е	С	Ia	25,8±1,07	27,8±0,49	69±3	740	38,78	0,90	497,86	–
			Б	–	14,5	19,5	–	220	3,62	0,12	40,64	–
			Е	–	14,0	18,5	–	180	2,79	0,08	28,18	–
10, МК	С. кис. – зм., ос.	7С2Б1Е	С	Ia	28,8±1,65	26,9±0,46	72±9	500	32,67	0,75	401,30	–
			Б	–	16,5	21,8	–	340	7,24	0,19	76,40	–
			Е	–	15,5	24,3	–	360	6,81	0,17	69,78	–

Средняя плотность древесины в насаждениях с евтрофным типом заболачивания выше в древостоях после осушения, относительно естественно-заболоченного насаждения, на 14%, что удалось доказать на самом высоком уровне значимости $(99,9\%) - t_{st}(3,92) < t_{факт}(7,40)$.

В осушаемых и интенсивно-осушаемых сосняках на олиготрофной торфяной залежи плотность древесины на 11% выше, относительно контрольного объекта со схожими почво-грунтами.

Таблица 2

Средняя плотность древесины сосны на объектах исследования**The pine wood average density at the study objects**

Номер ВПП, местоположение, тип торфяной залежи*	До осушения			После осушения		
	Средняя плотность (М), кг/м ³	Стандартная ошибка ($\pm m_M$), кг/м ³	Изменчи- вость (С), %	Средняя плотность (М), кг/м ³	Стандартная ошибка ($\pm m_M$), кг/м ³	Измен- чивость (С), %
1, ПК, ОТ	415,33	9,62	5,18	453,73	12,41	6,12
2, МК, ОТ	427,30	7,77	4,06	451,20	6,29	3,12
7, МК, ОТ	472,83	14,25	7,38	437,14	48,41	27,13
8, ПК, ОТ	465,29	16,50	7,09	461,09	7,41	3,21
9, ПК, ЕТ	475,25	10,13	4,77	493,16	13,91	6,31
10, МК, ЕТ	471,40	13,47	7,00	494,09	9,99	4,95
11, ЕТ, К				425,81	4,66	3,28
12, ОТ, К				401,51	11,09	8,73

Примечание. * – олиготрофный (ОТ) и евтрофный (ЕТ) типы торфяной залежи, К – контрольный объект.

На всех осушенных лесных территориях с олиготрофным типом заболачивания в приканальном положении средняя плотность древесины выше, относительно центральной части осушаемого пространства. В древостоях в Сокольском районе разница в средней плотности древесины между приканальным и межканальным положениями менее 1% (в пользу первого), в интенсивно-осушаемых сосняках в Устюженском районе – 5%. В евтрофных условиях заболачивания средняя плотность древесины немного выше в центре осушаемого пространства, относительно приканального положения (<1%).

По фактическим данным распределения плотности древесины для деревьев разного возраста получены полиномиальные уравнения второго и третьего порядка (рис. 3). В первом случае данные получены в приканальном положении интенсивно-осушаемых древостоев Устюженского района при отрицательной корреляции ($r = -0,57$). Полиномиальное уравнение третьего порядка получено в древостоях вблизи каналов на торфяной залежи евтрофного типа при «значительной» корреляции по М.Л. Дворецкому ($r = 0,64$). Приведенные регрессии могут быть применимы с вероятностью верного заключения 95% (анализ по критерию Фишера: $F_{\text{табл}}(7,71) < F_{\text{расч}}(102,00)$ в первом и $10,13 < 16,90$ во втором случаях). Таким образом, на оли-

готрофных болотных почвах у деревьев от молодого к среднему возрасту плотность описывается по параболе, а в евтрофных условиях сосны с возрастом от среднего к приспевающему имеют плотность, которая колеблется по синусоиде (это может быть связано с разными почвенно-гидрологическими условиями и, как следствие, разной энергией роста).

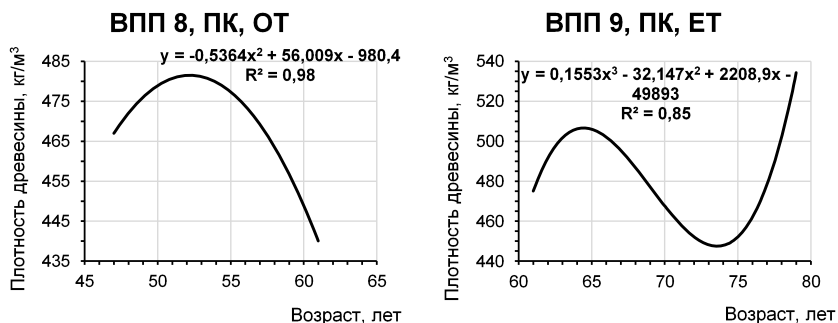


Рис. 3. Формулы зависимостей возраста сосны от плотности древесины

Fig. 3. Formulas for the dependence of pine age on wood density

В ходе изучения *макроструктурных особенностей* осушаемых сосняков была составлена табл. 3 с её основными параметрами. Среднее значение поздней древесины (в мм) в годичных кольцах деревьев на всех объектах увеличилось после проведения гидротехнической мелиорации, за исключением ВПП 10. Наибольшее увеличение прироста поздней древесины под влиянием осушительных работ наблюдается в интенсивно-осушаемых сосновых древостоях (>2,5 раза). В естественно-заболоченных условиях на торфяной залежи олиготрофного типа поздняя древесина уменьшилась после 1979 г. более, чем в два раза. На контрольном объекте с евтрофным типом заболачивания за этот же период она осталась на прежнем уровне.

Процентное содержание поздней древесины в кольце увеличилось после проведения гидротехнической мелиорации на всех изученных объектах на 12%, кроме ВПП 8 (уменьшение на 11%). Наибольший прирост поздней древесины под влиянием осушения в приканальном положении сосняка на олиготрофной торфяной залежи (ВПП 1). В естественно-заболоченных лесных объектах процентное содержание поздней древесины в годичном кольце после начала действия осушительной мелиорации (после 1978 г.) также возросло.

Таблица 3

Основные параметры макроструктуры осушаемых сосновых древостоев

The main macrostructure parameters of drained pine stands

Временной период (до или после мелиоративных работ)	Номер ВПП (продолжительность действия осушения, лет)	Средние статистические величины					Автокорреляция (ШПК), г _{mm}	Достоверность автокорреляции (t)	Сигнал-шум, SNR
		ШПК (M±m _m), мм	ПД (M±m _m), мм	% ПД от ШПК	Число годовичных слоев в одном см (M±m _m), мм	Прирост за 10 лет (M±m _m), мм			
до	1, (25)	0,92 ± 0,05	0,26 ± 0,02	28	10,05 ± 0,53	10,08 ± 0,99	0,09 ± 0,2	0,56	0,49
после		1,67 ± 0,06	0,64 ± 0,02	38	6,00 ± 0,41	15,57 ± 2,27	0,36 ± 0,13	2,97	2,81
до	2, (56)	0,83 ± 0,04	0,27 ± 0,02	33	12,63 ± 1,63	7,53 ± 1,03	0,28 ± 0,15	2,09	1,94
после		1,07 ± 0,05	0,40 ± 0,02	37	11,66 ± 3,21	8,09 ± 2,37	0,41 ± 0,12	4,26	3,47
до	7, (13)	0,63 ± 0,05	0,26 ± 0,02	41	15,40 ± 2,79	7,42 ± 1,42	0,02 ± 0,21	0,33	0,10
после		1,49 ± 0,04	0,66 ± 0,02	44	6,83 ± 0,57	16,40 ± 2,16	0,03 ± 0,15	0,11	0,15
до	8, (3)	0,94 ± 0,10	0,39 ± 0,06	41	12,5 ± 2,90	4,69 ± 0,03	0,24 ± 0,19	-3,43	-
после		1,02 ± 0,05	0,40 ± 0,02	37	10,55 ± 1,72	12,05 ± 2,29	0,18 ± 0,14	1,33	1,10
до	9, (20)	1,30 ± 0,07	0,55 ± 0,04	42	9,96 ± 3,32	14,85 ± 2,90	0,23 ± 0,2	1,73	1,49
после		1,25 ± 0,07	0,58 ± 0,03	46	8,37 ± 0,68	18,58 ± 1,80	0,37 ± 0,13	3,36	2,94
до	10, (23)	1,11 ± 0,04	0,49 ± 0,03	44	9,10 ± 1,60	9,64 ± 2,44	0,02 ± 0,17	-0,17	0,10
после		0,99 ± 0,03	0,46 ± 0,02	46	12,92 ± 3,80	12,12 ± 1,95	0,09 ± 0,15	0,63	0,49
до 1978 г.	11, (59), К	1,38 ± 0,06	0,40 ± 0,02	29	7,89 ± 0,83	9,74 ± 0,82	0,42 ± 0,11	4,39	6,52
после 1979 г.		0,58 ± 0,02	0,18 ± 0,01	31	18,19 ± 2,23	5,52 ± 0,62	0,13 ± 0,14	1,16	1,34
до 1978 г.	12, (58), К	0,82 ± 0,04	0,20 ± 0,01	24	13,0 ± 0,9	7,24 ± 1,30	0,28 ± 0,13	2,78	3,89
после 1979 г.		0,69 ± 0,04	0,20 ± 0,01	29	16,8 ± 2,5	5,78 ± 1,06	0,31 ± 0,13	3,05	4,49

Средняя ширина годовичного кольца древесины наибольшая установлена на торфах с переходным типом заболачивания после выборочной заготовки древесины в приканальном положении и при интенсивном искусственном дренаже с олиготрофным типом заболачивания в центре осушаемого пространства между осушителями.

Относительно количества годовичных колец в 1 см, необходимо отметить, что после проведения осушения число годовичных колец древесины в

1 см уменьшилось в 1,3 раза, а в сосняках без проведения гидротехнической мелиорации – увеличилось в 1,8 раза, следовательно проведение осушительных мероприятий положительно сказывается на увеличении приростов древесины.

Наибольшие значения проведённой автокорреляции между хронологиями приростов установлены в древостоях после осушения на олиготрофной торфяной залежи в межканальном пространстве и в естественно-заболоченном сосняке. Следует отметить, что сосны в таких условиях реагируют более равномерно на изменения в условиях роста. Среднее значение полученной автокорреляции приростов древесины до проведения мелиорации – 0,14, после проведения осушительной мелиорации этот показатель увеличился в 1,6 раза (0,24).

Отношение сигнала к шуму показывает наличие индивидуальных факторов в обобщенной хронологии (всем приростам для опытных деревьев на пробной площади) или их влияние, вместе с климатическими условиями, на прирост. Максимальные значения отношения сигнала к шуму в естественно-заболоченных древостоях в период до 1978 г. (5,2 в среднем), следовательно в таких условиях роста наименьшее влияние шума на основные параметры макроструктуры. Под влиянием осушения SNR увеличился в 3,5 раза. Сигнал-Шум у сосен на олиготрофной торфяной залежи выше в 1,8 раза, чем на евтрофной торфяной залежи.

Сравнивая древостои, находящиеся в разных условиях заболачивания, необходимо отметить, что средняя ширина годичного кольца сосен, растущих на торфяной залежи олиготрофного типа, после проведения гидротехнической мелиорации увеличилась на 60%, в то время как на евтрофном типе после осушения она уменьшилась на 8%. Процентное содержание поздней древесины увеличилось на 7%, на почвах олиготрофного и евтрофного типов заболачивания на 3%. Количество слоёв в 1 см в радиальных кольцах сосны на олиготрофной торфяной залежи сократилось на 20, в то время как на почвах евтрофного типа заболачивания увеличилось на 10%. Автокорреляция ширины годичного кольца после осушения в древостоях на олиготрофной торфяной залежи – 0,39, в евтрофных условиях заболачивания – 0,23.

В заболоченных условиях разница большинства параметров макроструктуры древесины на разных типах торфяной залежи после их усреднения не везде логична, что может быть объяснено анаэробными условиями.

Суммарные значения приростов осушаемых сосняков на торфяной залежи олиготрофного типа (рис. 4) у быстрорастущих деревьев в период адаптации уменьшаются на 12% после проведения гидротехнической мелиорации, при этом у медленнорастущих деревьев за этот период отмечено повышение приростов на 23% и последующее за ним уменьшение. Следовательно, быстрорастущие сосновые деревья быстрее реагируют на происходящие изменения условий роста. Из вышесказанного исходит то, что адаптационный период у деревьев с высокими темпами роста после проведения осушительных работ наступает быстрее, чем у медленнорастущих сосен. Наибольшие суммарные значения приростов зафиксированы с 2005 по 2009 гг. у быстрорастущих 10,9 мм и медленнорастущих 7,6 мм деревьев.

Интенсивное осушение сосновых древостоев положительно повлияло на радиальный прирост. Увеличение древесины по радиусу в таких условиях роста произошло без характерного снижения приростов в адаптационный период. Флуктуации приростов древесины меньше у медленнорастущих деревьев, чем у быстрорастущих. Деревья слабее реагируют на изменения условий роста. Пиковые значения суммарных приростов сосны приходятся на межканальное осушаемое пространство в 1985 г. – 9,0 мм и в 1995 г. в приканальном положении – 7,3 мм, после которого происходит характерное постепенное снижение приростов древесины. Уменьшение радиального прироста как у быстро-, так и у медленнорастущих деревьев в последнее изученное пятилетие протекает плавнее (снижение суммарного прироста на 52%), в отличие от ВПП 1 и 2 (снижение на 81%, в целом по объекту). Предположительно проявленное уменьшение суммарных приростов в интенсивно-осушаемых древостоях связано с меньшим средним возрастом сосен.

Суммарные приросты древесины у быстрорастущих деревьев, растущих в евтрофных условиях заболачивания, в приканальном положении незначительно выше, чем у медленнорастущих (рис. 5). Следует учесть тот факт, что большую часть периода роста деревьев занимает осушение. У быстрорастущих деревьев большая амплитуда приростов, такие деревья сильнее реагируют на изменения условий роста насаждений. В межканальном положении огивы распределения суммарных приростов древесины быстрорастущих деревьев пересекаются с медленнорастущими в пяти случаях, следовательно они не уступают в росте быстрорастущим деревьям. В центральной части осушаемого пространства суммарные приросты древесины незначительно увеличиваются с увеличением возраста, в таких условиях они более равномерны за весь период роста деревьев.

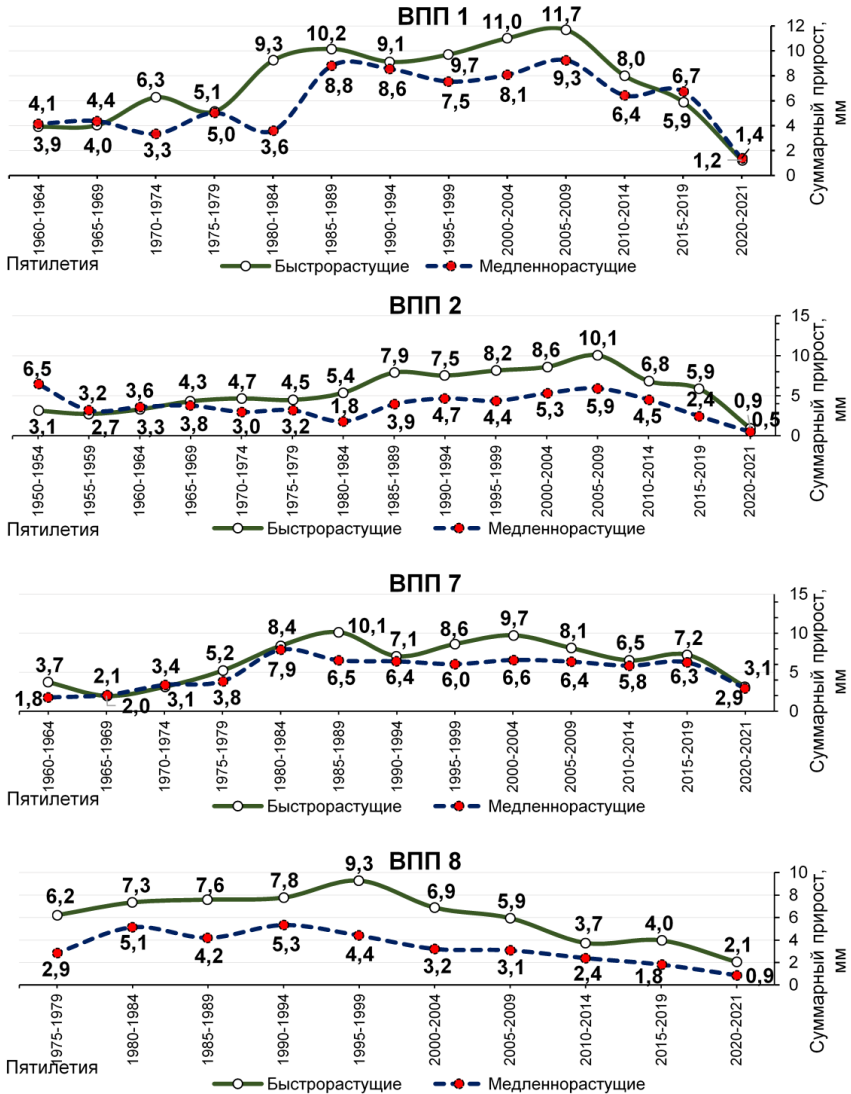


Рис. 4. Графики радиальных приростов древесины в опытных сосняках на олиготрофных торфяных залежах

Fig. 4. Graphs of radial wood increments in experimental pine forests on oligotrophic peat deposits

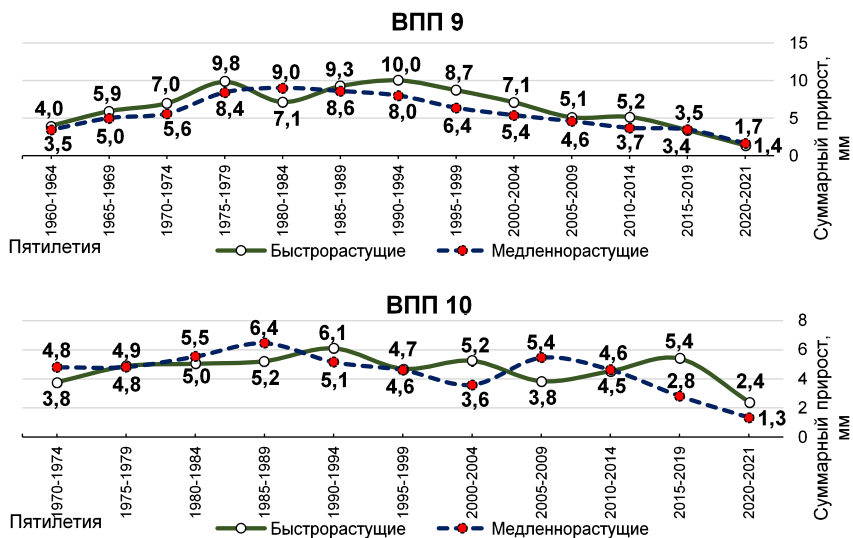


Рис. 5. Графики радиальных приростов древесины в опытных сосняках с евтрофным типом заболачивания

Fig. 5. Graphs of radial wood increments in experimental pine forests with eutrophic swamping type

Анализ экстремумов радиального прироста древесины осушаемых сосняков при расстоянии между осушительными каналами в 120 м показал, что максимальные значения в 2006 г. в среднем равнялись 3,7 мм. Количество совпадений скачков прироста древесины в одинаковые годы – 9, а общее количество отмеченных экстремумов в приканальном положении больше на 46%, относительно древостоя в центре осушаемого пространства, следовательно эффект от мелиорации в отдельные годы проявлен сильнее. Также следует отметить, что деревья, растущие в междоустьях, спокойно реагируют на происходящие изменения условий произрастания, относительно ВПП 1.

Рассматривая древостои при более плотном расположении мелиоративных каналов в олиготрофных условиях роста необходимо отметить, что в совпадающие годы все экстремумы прироста выше в приканальном положении (в среднем на 42%). Максимальные значения (3,4 мм в среднем) отмечены в 2000, а минимальные (1,8 мм в среднем) в 2021 г.

В древостоях на торфяной залежи евтрофного типа максимальные значения приростов древесины отмечены у сосняков, расположенных в центре

межканальной полосы, и после кратковременного периода адаптации они постепенно увеличиваются – с 1995 (на 42%) к 2005 г. Максимальные значения приростов установлены в 1976 г. – 2,5 мм (в среднем). В приканальном положении 24 экстремума прироста, что на 29% больше, чем в центральной части осушаемого пространства.

Наименьшие значения экстремумов радиального прироста выявлены в древостоях на ВПП 2 и 9. В межканальном пространстве на торфяной залежи олиготрофного типа значения наименьших экстремумов прироста древесины отмечены в 2006 и 2021 гг, что составляют 0,15 и 0,10 мм соответственно. В сосняке с евтрофным типом заболачивания наименьший экстремум прироста (0,13 мм) отмечен в 2021 году.

Выводы. Изученные лесные объекты представлены сосняками Вологодской области с разной интенсивностью осушения и естественно-заболоченными условиями. Тип торфяной залежи в лесных фитоценозах – евтрофный и олиготрофный. Преобладающий напочвенный покров – багульник, осока, черника, сфагновые и зелёные мхи. Древесные насаждения представлены высокополнотными сосняками. В осушаемых древостоях запас древесины сосны выше на евтрофном типе торфяной залежи ($449,6 \text{ м}^3/\text{га}$) на 29%, относительно олиготрофного типа.

В олиготрофных условиях заболачивания плотность древесины выше в древостоях под влиянием гидротехнической мелиорации ($450,8 \text{ кг/м}^3$) на 11%, относительно естественно-заболоченного объекта за этот же временной период. На евтрофном типе торфяной залежи плотность древесины выше на 14% также в древостоях после осушения ($493,6 \text{ кг/м}^3$), относительно контрольного объекта со схожими условиями заболачивания. Наибольшее процентное содержание поздней древесины в интенсивно-осушаемых древостоях – 45% за весь период роста.

Радиальный прирост древесины за 10 лет увеличился в сосняках после проведения гидротехнической мелиорации с 9,0 до 13,8 мм (на 35%). Число годовичных колец в 1 см в осушаемых древостоях – 10, в естественно-заболоченных – 14. По графикам суммарных приростов древесины удалось выявить, что амплитуда скачков суммарных приростов выше у быстрорастущих деревьев, медленнорастущие деревья слабее реагируют на изменения условий роста. Приросты медленнорастущих деревьев на огивах распределения превышают приросты быстрорастущих более чем на 1 мм в осушаемых древостоях на евтрофной торфяной залежи в трёх случаях. Приросты быстрорастущих деревьев выше, относительно медленнорастущих, следовательно прослеживается адекватная реакция на осушение древостоев. Коли-

чество экстремумов прироста древесины в совпадающие годы в осушаемых сосняках с евтрофным типом заболачивания равно 7, с олиготрофным типом в осушаемых – 9 и в интенсивно-осушаемых сосняках – 6.

Влияние гидротехнической мелиорации положительно отразилось на формировании макроструктуры древесины сосны в изученных древостоях. Поздняя древесина, которая важна своими механическими свойствами, в период осушения увеличилась. Во всех осушаемых объектах средняя плотность древесины выше, чем в естественно-заболоченных. Характерный для осушения лесов адаптационный период короче в приканальном положении, относительно межканального осушаемого пространства.

Библиографический список

Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Возобновление леса и возрастное строение древостоев на торфяных почвах: монография. Вологда: Полиграф-Периодика, 2021. 118 с.

Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Пестовский, А.С., Новосёлов А.С. Прижизненное и побочное пользования осушаемых лесов Вологодской области / под общ. ред. А.С. Новосёлова. Вологда: ИЦ ВГМХА, 2011. 192 с.

Жаворонков Ю.М. Отбор кернов древесины живых деревьев и деревянных строений для целей экспертно-криминалистических исследований. Вологда: Управление МВД России по Вологодской области, 2011. 64 с.

Залесов С.В., Тукачева А.В. Санитарное состояние осушаемых сосняков Среднего Урала // Лесохозяйственная информация. 2018. № 2. С. 75–84. DOI: 10.24419/LNI.2304–3083.2018.2.08.

Ловелиус Н.В., Лежнева С.В. Изменения прироста годичных колец сосны и ели в восточноевропейской тайге в связи с геофизическими факторами среды: монография. СПб.; Вологда: ВОУНБ, 2015. 178 с.

Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А., Грибов С.Е. Физико-механические свойства древесины сосны в посадках по типам леса // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2007. Вып. 180. С. 14–19.

Неверов Н.А., Беляев В.В. Вариации макроструктуры древесины ели и сосны в различных геоэкологических условиях Архангельской области // Строение, свойства и качество древесины – 2018: Материалы VI Международного симпозиума имени Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального Координационного совета по современным проблемам лесоведения Красноярск, 10–16 сентября 2018 года. Красноярск: Изд-во Сибирского отд-я РАН, 2018. С. 152–155.

Пахучий В.В. Оценка вариабельности мощности торфа на осушаемых мелкозалежных торфяниках для целей лесоводства // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск, 2017. Вып. 47. С. 144–149.

Пахучий В.В., Пахучая Л.М. Критерии и индикаторы устойчивого управления лесами в условиях осушаемых лесных земель // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск, 2020. Вып. 58. С. 39–42.

Пахучий В.В., Пахучая Л.М. Лесоводство на заболоченных землях: монография. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. 232 с.

Пахучий В.В., Пахучая Л.М., Губер Д.В. Динамика таксационных показателей основных древостоев на объектах гидромелиорации в Республике Коми. // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск, 2019. Вып. 54. С. 39–42.

Пахучий В.В., Рочев В.Н., Плетнев И.Н., Рубанова В.Ю. Оценка взаимосвязей между таксационными показателями насаждений в северных районах Республики Коми // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск, 2019. Вып. 54. С. 45–51.

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

Тарakanов А.М., Симаков А.А., Капистка В.В., Дворяшин А.В. Особенности ведения лесного хозяйства на осушаемых землях // Наука – лесному хозяйству Севера: сб. науч. трудов ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» / Отв. ред.: Н.А. Демидова. Архангельск: ФБУ «СевНИИЛХ», 2019. С. 9–18.

Тишин Д.В. Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа): учебно-методическое пособие. Казань: Казан. ун-т, 2015. 36 с.

Третьяков С.В. Полевой лесотаксационный: справочник. Архангельск: САФУ, 2016. 245 с.

Тюкавина О.Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. Вып. 2(374). С. 73–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80.

Чибисов Г.А., Москвалева С.А., Крыжановская Л.Е. Качество древесины сосны и ели, метод его определения // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере: сб. науч. трудов. Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. С. 89–99.

References

Chibisov G.A., Moskvaleva S.A., Kryzhanovskaya L.E. Kachestvo drevesiny sosny i eli, metod ego opredeleniya. *Voprosy taezhnogo lesovodstva na Evropejskom Severe*: sb. nauch. trudov. Arhangel'sk: SevNIILH, 2005, pp. 89–99. (In Russ.)

Druzhinin N.A., Druzhinin F.N. Vozobnovlenie lesa i vozrastnoe stroenie drevestoev na torfyanyh pochvah: monografiya. Vologda: Poligraf-Periodika, 2021. 118 p. (In Russ.)

Druzhinin N.A., Druzhinin F.N., Pestovskij, A.S., Novosyolov A.S. Prizhiznennoe i pobochnoe pol'zovaniya osushaemyh lesov Vologodskoj oblasti / pod obshch. red. A.S. Novosyolova. Vologda: IC VGMHA, 2011. 192 p. (In Russ.)

Lovelius N.V., Lezhneva S.V. Izmeneniya prirosta godichnyh kolec sosny i eli v vostochnoevropejskoj tajge v svyazi s geofizicheskimi faktorami sredy: monografiya. SPb.: Vologda: VOUNB, 2015. 178 p. (In Russ.)

Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A., Gribov S.E. Fiziko-mekhanicheskie svojstva drevesiny sosny v posadkah po tipam lesa. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2007, iss. 180, pp. 14–19. (In Russ.)

Neverov N.A., Belyaev V.V. Variacii makrostruktury drevesiny eli i sosny v razlichnyh geoeologicheskikh usloviyah Arhangel'skoj oblasti. *Stroenie, svojstva i kachestvo drevesiny – 2018: Materialy VI Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni B.N. Ugoleva, posvyashchennogo 50-letiyu Regional'nogo Koordinatsionnogo soveta po sovremennym problemam drevesinovedeniya Krasnoyarsk, 10–16 sentyabrya 2018 goda*. Krasnoyarsk: Izd-vo Sibirskogo otd-ya RAN, 2018. S. 152–155. (In Russ.)

Pahuchij V.V. Ocenka variabel'nosti moshchnosti torfa na osushaemyh melkozaleznyh torfyanikah dlya celej lesovodstva. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2017, iss. 47, pp. 144–149. (In Russ.)

Pahuchij V.V., Pahuchaya L.M. Kriterii i indikatory ustojchivogo upravleniya lesami v usloviyah osushaemyh lesnyh zemel'. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2020, iss. 58, pp. 39–42. (In Russ.)

Pahuchij V.V., Pahuchaya L.M. Lesovodstvo na zabolochennyh zemlyah: monografiya. SPb.: SPbGLTU, 2017. 232 p. (In Russ.)

Pahuchij V.V., Pahuchaya L.M., Guber D.V. Dinamika taksatsionnyh pokazatelej sosnovykh drevostoev na ob'ektah gidromelioratsii v Respublike Komi. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, Bryansk, 2019. Vyp. 54. S. 39–42. (In Russ.)

Pahuchij V.V., Rochev V.N., Pletnev I.N., Rubanova V.Yu. Ocenka vzaimosvyazey mezhdru taksatsionnymi pokazatelyami nasazhdenij v severnyh rajonah Respubliki Komi. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2019, iss. 54, pp. 45–51. (In Russ.)

Tarakanov A.M. Rost osushaemyh lesov i vedenie hozyajstva v nih. Arhangel'sk: SevNIILH, 2004. 228 p. (In Russ.)

Tarakanov A.M., Simakov A.A., Kapistka V.V., Dvoryashin A.V. Osobennosti vedeniya lesnogo hozyajstva na osushaemyh zemlyah // Nauka – lesnomu hozyajstvu Severa: sb. nauch. trudov FBU «Severnyj nauchno-issledovatel'skij institut lesnogo hozyajstva» / Otv. red.: N.A. Demidova. Arhangel'sk: FBU «SevNIILH», 2019, pp. 9–18. (In Russ.)

Tishin D.V. Dendroekologiya (metodika drevesno-kol'cevogo analiza): uchebno-metodicheskoe posobie. Kazan': Kazan. un-t, 2015. 36 p. (In Russ.)

Tret'yakov S.V. Polevoj lesotaksatsionnyj: spravochnik. Arhangel'sk: SAFU, 2016. 245 p. (In Russ.)

Tyukavina O.N. Plotnost' drevesiny sosny v osushaemyh sosnyakah kustarnichkovo-sfagnovyh. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2020, iss. 2(374), pp. 73–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80. (In Russ.)

Zalesov S.V., Tukacheva A.V. Sanitarnoe sostoyanie osushaemyh sosnyakov Srednego Urala. *Lesohozyajstvennaya informaciya*, 2018, no. 2, pp. 75–84. DOI: 10.24419/LHI.2304–3083.2018.2.08. (In Russ.)

ZHavoronkov Yu.M. Otkor kernov drevesiny zhivyh derev'ev i derevyannyh stroenij dlya celej ekspertno-kriminalisticheskikh issledovanij. Vologda: Upravlenie MVD Rossii po Vologodskoj oblasti, 2011. 64 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 04.10.2022

Третьяков С.В., Новосёлов А.С., Попов О.С. Влияние гидротехнической мелиорации на формирование древесины *Pinus sylvestris* L. в Вологодской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 241. С. 99–119. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.241.99-119

В осушаемых сосновых древостоях в Сокольском и Устюженском муниципальных районах Вологодской области проведено исследование основных макроструктурных особенностей древесины сосны обыкновенной, в частности, изучению влияния гидротехнической мелиорации на её формирование. Объекты исследования представлены осушаемыми и естественно-заболоченными (контрольными) сосновыми насаждениями на торфяных залежах олиготрофного и евтрофного типов заболачивания. Лесные объекты подобраны в естественно-заболоченных и осушаемых сосняках с разными расстояниями между мелиоративными каналами (80, 120 м и др.), в которых были отграничены временные пробные площади. Проведены лесотаксационные работы, составлена оценочная ведомость и выявлены особенности формирования древесины осушаемых сосняков. Определена и охарактеризована плотность древесины расчётным путём по данным анализа кернов древесины. Выполнен анализ базовых параметров макроструктуры древесины сосны, таких как ширина годичного кольца, ширина позднего слоя трахеид, число годичных слоёв в 1 см и прирост древесины за 10 лет. Рассчитаны и проанализированы автокорреляция приростов древесины сосны, динамика суммарных радиальных приростов древесины сосны и экстремумы по пятилетиям роста деревьев. Выполнена математическая обработка опытных данных с помощью вариационного, корреляционного и регрессионного видов статистического анализа. После проведённого исследования подтверждено положительное влияние гидротехнической на формирование древесины сосны обыкновенной в южной подзоне хвойных бореальных лесов. Плотность древесины сосны при почво-грунте с олиготрофным типом торфяной залежи в условиях искусственного дренажа выше на 11% (450,8 кг/м³), относительно ситуации у естественно-заболоченных древостоев за одинаковый временной промежуток. В интенсивно-осушаемых древостоях установлено наибольшее процентное содержание поздней древесины, относительно других изученных объектов – 45%. Наибольшая средняя ширина годичного кольца древесины установлена на торфях с

переходным типом заболачивания после выборочной заготовки древесины вблизи мелиоративного канала (1,67 мм). Среднее значение полученной автокорреляции приростов древесины до проведения мелиорации – 0,14, после этот показатель увеличился в 1,6 раза.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, гидротехническая мелиорация, макроструктура древесины, поздняя и ранняя древесина, радиальный прирост, гидроморфные почвы.

Tretyakov S.V., Novoselov A.S., Popov O.S. Influence of hydrotechnical melioration on the formation of wood *Pinus sylvestris* L. in the Vologda region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2022, iss. 241, pp. 99–119 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2022.241.99-119

In drained pine stands in the Sokolsky and Ustyuzhensky municipal districts of the Vologda Oblast, a study was made of the main macrostructural features of Scots pine wood, in particular, the study of the influence of hydrotechnical reclamation on its formation. The objects of study are drained and naturally swamped (control) pine plantations on peat deposits of oligotrophic and eutrophic types of waterlogging. Forest objects were selected in naturally swampy and drained pine forests with different distances between reclamation canals (80, 120 m, etc.), in which temporary trial plots were delimited. Forest taxation work was carried out, an estimate sheet was compiled, and features of the formation of wood in drained pine forests were revealed. The density of wood is determined and characterized by calculation according to the analysis of wood cores. The analysis of the basic parameters of the macrostructure of pine wood, such as the width of the annual ring, the width of the late layer of tracheids, the number of annual layers in one cm, and the growth of wood over 10 years, was carried out. The autocorrelation of pine wood increments, the dynamics of total radial increments of pine wood and extremums for five years of tree growth are calculated and analyzed. Mathematical processing of experimental data was performed using variational, correlation and regression types of statistical analysis. After the study, the positive influence of hydrotechnical engineering on the formation of Scots pine wood in the southern subzone of coniferous boreal forests was confirmed. The density of pine wood in soil with an oligotrophic type of peat deposit under conditions of artificial drainage is higher by 11% (450.8 kg / m³), relative to the situation in naturally swamped forest stands for the same time period. In intensively drained forest stands, the highest percentage of late wood was found, relative to other studied objects – 45%. The average width of the annual tree ring of wood was found to be the largest on peat with a transitional type of waterlogging after selective harvesting of wood near the reclamation canal (1.67 mm). The average value of the obtained auto-correlation of wood increments before reclamation is 0.14, after this indicator increased by 1.6 times.

Keywords: Scotch pine, hydrotechnical melioration, wood macrostructure, late and early wood, radial growth, hydromorphic soils..

ТРЕТЬЯКОВ Сергей Васильевич – профессор кафедры лесоводства и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, руководитель «Центра исследования лесов» высшей школы естественных наук и технологий, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ResearcherID (WoS): AAE-3861-2021, ORCID: 0000-0001-5982-3114, SPIN-код: 8303-0902.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия.

TRETYAKOV Sergey V. – DSc (Agriculture), Professor of the Department of Forestry and Forest Inventory of the Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Head of the Forest Research Center of the Higher School of Natural Sciences and Technologies, Professor, ResearcherID (WoS): AAE-3861-2021, ORCID: 0000-0001-5982-3114, SPIN-code: 8303-0902

163002. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia.

НОВОСЁЛОВ Анатолий Сергеевич – доцент кафедры географии и рационального природопользования Вологодского государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук. ResearcherID (WoS): H-1173-2019, ORCID: 0000-0002-6907-0424, SPIN-код: 9448-1792.

160000, ул. Ленина, д. 15, г. Вологда, Россия.

NOVOSELOV Anatoly S. – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Geography and Rational Nature Management of the Vologda State University. ResearcherID (WoS): H-1173-2019, ORCID: 0000-0002-6907-0424, SPIN-code: 9448-1792.

160000. Lenin str. 15. Vologda. Russia.

ПОПОВ Олег Сергеевич – аспирант кафедры лесоводства и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, ResearcherID (WoS): ABS-4697-2022, ORCID: 0000-0003-2464-1729, SPIN-код: 7387-6215.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: popovoleg81@gmail.com

POPOV Oleg S. – PhD student of the Department of Forestry and Forest Inventory, ResearcherID (WoS): ABS-4697-2022, ORCID: 0000-0003-2464-1729, SPIN-code: 7387-6215.

163002. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: popovoleg81@gmail.com