

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ.

В. А. Козлов, М. В. Кистерная, Я. А. Аксененкова

Введение

Известно, что лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, мелиорация, внесение удобрений) в значительной степени влияют на качество древесины сосны обыкновенной, поскольку условия произрастания определяют ее физико-технические, химические и другие свойства [1].

Имеется достаточно сведений, подтверждающих значительный скачок радиального прироста древесины сосны после проведения лесохозяйственных мероприятий, однако их влияние на качество древесины не столь однозначно [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Недостаточно изучено изменение анатомических элементов древесины в древостоях, подвергавшихся влиянию лесохозяйственных мероприятий [8]. В то же время необходимо отметить, что данные характеристики (число рядов трахеид, размеры трахеид) оказывают существенное влияние на прочностные свойства древесины.

В ряде публикаций отмечается более интенсивный рост деревьев на мелиорированных почвах во второй половине вегетации, за счет чего увеличивается доля поздней древесины в годичном слое [9, 5], при этом плотность повышается на 7–10% [9]. Однако, если осушение сопровождается значительным увеличением прироста, происходит снижение этих показателей на 5–7 и 8–11% соответственно. [10, 11, 12]. С возрастом реакция древостоя на осушение постепенно снижается [2, 13, 14, 15].

В результате улучшения условий произрастания (водно-воздушный режим почв) после осушения повышается смолопродуктивность древостоев [16, 17, 18].

Удобрения вызывают скачок прироста в первые годы после их внесения. Уширение годичного кольца происходит за счет увеличения числа рядов ранних трахеид [19, 20, 21, 22]. В последующие годы отмечается снижение прироста [23, 24, 25, 26].

Дополнительное минеральное питание, по мнению большинства исследователей, снижает плотность древесины сосны [27, 28, 29], наиболее значительно – в комлевой части ствола. Ускоренный рост негативно сказывается на содержании смолистых веществ в древесине сосны, однако при этом общая концентрация фенолов не меняется.

Рубки ухода являются эффективным лесохозяйственным приемом увеличения продуктивности лесных угодий. На изменение качества древесины при рубках влияют условия произрастания, интенсивность и способ проведения [30, 31], возраст насаждений [5]. Отмечается снижение плотности ранней древесины в результате более интенсивного образования ранних трахеид большего диаметра [32, 7]. Повышение доли поздней древесины после прореживания отмечается только в случае улучшения водного режима насаждения. Разница между плотностью древесины в комлевой и вершинной части ствола может достигать 17–25% [33].

Проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий на мелиорированных площадях вызывает синергетическое воздействие на биомассу древесных фракций и рост дерева. Отрицательный эффект падения качества древесины снижается за счет изменения плотности при одновременном увеличении доли поздней древесины [34].

Опыты по химической мелиорации, проведенные на минеральных почвах, в целом приводят к снижению плотности, за счет изменения соотношения ранней и поздней древесины и уменьшения толщины клеточных оболочек [35]. В то же время внесение удобрения в насаждения на торфяно-болотных почвах, которые до проведения гидромелиорации отличались замедленным ростом, способствует более полному использованию элементов питания на формирование прироста древостоя [36] и положительно на качество древесины. Повышение плотности в этом случае происходит за счет увеличения толщины клеточных оболочек при сохранении соотношения поздней и ранней древесины [13].

Большинство исследователей описывают воздействие отдельных лесохозяйственных мероприятий, таких как: осушение, рубки ухода, внесение удобрений на качество древесины и ее химический состав, но крайне мало сообщений по влиянию данных мероприятий в комплексе, особенно, в долгосрочном аспекте.

Участки, на которых проводились исследования, являются характерными для Южной Карелии, что также придает актуальность проведенным исследованиям.

Объекты и методы исследования

Объектом данных исследований являлась древесина сосны обыкновенной, *Pinus sylvestris* L, произрастающей на опытных участках Института леса Карельского НЦ РАН на территории стационара «Киндасово» (Пряжинский район Республики Карелия). Опытные

участки были заложены в одном из наиболее распространенных типов осушенных лесов в Карелии – сосняке травяно-сфагновом на осушенной переходной почве. Были проанализированы данные, полученные с пяти участков: 1) осушенный древостой (участок I); 2) осушенный древостой, пройденный проходной рубкой (участок II); 3) осушенный удобренный древостой (участок III); 4) осушенный, пройденный проходной рубкой, удобренный древостой (уч. IV); 5) контроль – неосушенный древостой (участок V). Осушение I–IV участков было проведено в 1972 г., проходные рубки с полной выборкой березы были проведены на участке II в 1982 г., а на участке IV – в 1984 г., минеральные удобрения ($N_{75}P_{125}K_{75}$) вносились на участки III и IV в 1984 г. Подробное описание опытных участков приведено в работе. [37].

Изучение физико-химических свойств и анатомического строения древесины проведено на кернах, отобранных на модельных деревьях на высоте 1.3 м возрастным буровом Пресслера, и на спилах.¹

Измерение ширины годичного кольца и процента поздней древесины проводили с помощью программы KERN (А. Ермаков, 2000) на оцифрованных изображениях.

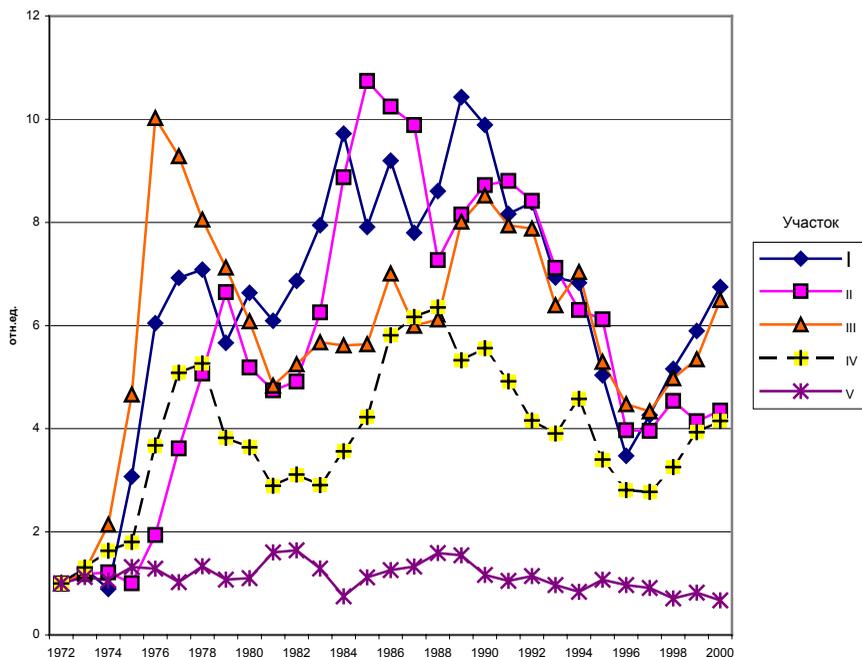
Образцы древесины для микроскопических исследований вырезались из спилов. На роторном микротоме изготавливались поперечные срезы толщиной 30 мкм. Готовые постоянные препараты анализировались на световом микроскопе «МБИ-15». Измерения числа рядов клеток, радиального размера люмена и толщины радиальных стенок ранних и поздних трахеид производили двумя способами, приблизительно с одинаковой точностью: 1) с помощью окуляр-микрометра; 2) при помощи программы цифровой обработки компьютерных изображений Sigma ScanPro.

Плотность древесины образцов, соответствующих различным периодам (до и после лесохозяйственных мероприятий), определялась способом измерения выталкивающей силы [5]. Для получения картины годичной динамики плотности использовался рентгеновский плотномер [38]. В результате обработки данных плотномера была получена информация о следующих параметрах годичного кольца: общая ширина, ширина поздней и ранней зоны, плотность ранней и поздней древесины, максимальная и минимальная плотность, динамика изменения плотности в зоне перехода от ранней древесины к поздней.

Элементный состав древесины определялся методом классического термического сжигания и последующего анализа продуктов разложения

¹ Выбор модельных деревьев и отбор образцов проведены гл. инж. В.А. Матюшкиным, измерения выполнены к. б. н. Е.А. Житковой.

[39] на CHNS анализаторе Perkin-Elmer в аналитической лаборатории Института Биологии Коми НЦ РАН.



Р и с. 1. Изменение относительной ширины годичного кольца под влиянием комплекса лесохозяйственных мероприятий. Данные нормированы на 1972 г. Описание участков № I–V приведено в п. «Объекты и методы исследования»

После сухого озоления образцов определяли зольность, содержание общего азота – по Кьельдалю, фосфора – по Труоргу, калия – пламенно-фотометрическим методом [40]. Определеение смолистых веществ проводили гравиметрическим методом после экстракции этиловым спиртом [41]. Анализы выполнены в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

Результаты и обсуждение

Ширина годичного кольца

До проведения лесохозяйственных мероприятий средняя ширина годичного кольца древесины на всех участках была примерно одинаковой – $0,27 \pm 0,04$ мм. Улучшение водно-воздушного режима почв после осуше-

ния привело к увеличению ширины годичного кольца уже в следующее пятилетие (рис. 1).

Причем на участке III и IV увеличение прироста произошло на второй год после мелиорации, а на участках I и II – лишь в 1975–76 гг. Максимальный прирост на всех участках наблюдается на 4–7-ой гг. (1.05–1.9 мм), затем, на 8–9 гг. он несколько снижается (см.рис.1). Положительный эффект осушения прослеживается в течение всего 30-летнего периода наблюдений, причем средняя ширина годичного кольца в два раза выше, чем на неосушенном участке 2,1 и 0,9 в 1985–1990 и 1,19 и 0,6 в 1995–2000 .

Известно, что влияние рубок ухода на качество древесины в значительной степени зависит от их интенсивности и способа проведения [5] Проведение проходных рубок с полным удалением березы в сосняке травяно-сфагновом на осушенной переходной почве аналогично осушению активизировало камбиальную деятельность, чем вызвало увеличение ширины годичного слоя. Оптимальные условия для роста древостоя устанавились к 3–7 году после проведения рубки, в данный период фиксируется максимальный прирост по диаметру (см.рис.1) Благоприятные условия произрастания сохранились довольно долго в течение 14 лет (до 1996 г). В первые 9 лет радиальный прирост был на 10-20% выше, чем на осушенном участке, на 10–14 г. достоверных различий показателя не выявлено, а затем, можно отметить заметное снижение прироста (ниже контрольного значения на 30%, $p=0,001$)

Внесение удобрений в сосняке травяно-сфагновом на переходной почве вызвало значительный скачок прироста по диаметру через три года, но последствие удобрений прослеживается еще в течение 14 лет, что является подтверждением данных М.П. Корчагиной, В.А. Матюшкина [36].

Проведение рубки и внесения удобрений в комплексе вызывают значительное увеличение прироста по диаметру (в 2 раза). Наибольшее значение ширины годичного кольца приходится на 3–5 годы после проведения мероприятий (см.рис. 1). Последствие данных мероприятий в комплексе оказалось более длительным по сравнению с просто рубкой и осушением.

Увеличение годичного прироста после проходных рубок и внесения удобрений обусловлено в большой мере их положительным влиянием на формирование кроны и функционирование ассимиляционного аппарата [33].

Число рядов трахеид

Активизация работы камбиального слоя древесины привела к более интенсивному образованию трахеид. Число рядов ранних и поздних трахеид под влиянием осушения увеличилось в 3–4 раза (табл. 1) и сохранялось на протяжении всего периода наблюдений. Тенденция к снижению

числа рядов клеток в годичном кольце появилась лишь спустя 20–25 лет после осушения.

Изменение прироста после проведения рубок, так же как после осушения и внесения удобрений, произошло за счет возрастания числа рядов трахеид: ранних в 6, а поздних в 7 раз (см.табл. 1).

Необходимо отметить значительное повышение числа рядов ранних и поздних трахеид после проведения рубки и внесения удобрений в комплексе. Данный показатель по сравнению с контрольным участком возрос на 20–90%. (см.табл.1).

После внесения удобрений (уч.III) число рядов трахеид в приросте возросло. При этом, как и в варианте комплексного ухода (уч. IV), происходило более интенсивное образование поздних трахеид (см.табл.1).

Размеры клеток

После гидромелиорации возрастает биомасса ассимиляционного аппарата [37], что способствует более интенсивному снабжению зон роста ассимилянтами, и благоприятствует не только интенсивной работе камбия, но и активным процессам роста клеток и синтеза их вторичных стенок. Уширение годичного кольца происходит за счет интенсивного образования трахеид большего размера. Данное лесохозяйственное мероприятие оказало значительное влияние на размеры как ранних, так и поздних трахеид. Наши результаты согласуются с данными В.А.Ипатьева [13] о повышении прироста за счет увеличения размеров трахеид. Радиальный диаметр люмена ранних трахеид снизился в первое пятилетие на 15% ($p=0,017$), но в последующие годы происходило его увеличение (+16%, $p=0,04$) с одновременным возрастанием толщины клеточной стенки (см.табл.1). Для поздней зоны древесины характерным является интенсивное образование более толстостенных трахеид большего диаметра. Максимальное увеличение диаметра люмена поздних трахеид составило 31%, а толщины клеточной стенки 66% и пришлось на 1985–90 гг. Формирование в ранней и поздней зонах древесины более крупных и толстостенных трахеид под влиянием мелиорации отмечали В.А. Матюшкин и В.А. Козлов [9].

Проведение рубки также отразилось на размерах трахеид. Т.Morling [32] отмечал характерное образование тонкостенных трахеид в ранней и поздней зонах древесины после проходных рубок. В нашем случае наблюдалось снижение толщины клеточной стенки (-12%, $p=0,001$) и радиального диаметра люмена (-15%) лишь для поздних трахеид относительно контрольного (осушенного) участка (см.табл. 1). Через 20–25 лет

после рубки в ранней зоне начинают образовываться более толстостенные трахеиды.

Т а б л и ц а 1
Изменение числа рядов трахеид в приросте, радиального диаметра
полости и толщины радиальной стенки трахеид под влиянием
комплекса лесохозяйственных мероприятий.
 Описание участков см.п. "Объекты и методы"

№ участ-ков	Анализи-руемые периоды в годах	Общее число клеток в приросте	Ранние клетки			Поздние клетки		
			Число клеток в приросте	Диаметр люмена, мкм	Толщина стенки, мкм	Число клеток в приросте	Диаметр люмена, мкм	Толщина стенки, мкм
I	1969–1971	12,4/6,5	7,6/3,4	25,9/4,3	2,1/0,3	4,8/3,3	6,4/1,3	4,7/0,5
	1973–1975	11,8/9,2	5,9/2,9	21,9/6,6	2,1/0,3	6,0/7,2	5,7/1,0	4,1/1,0
	1985–1990	47,1/18,4	22,6/11,7	31,2/2,0	3,3/0,6	20,6/12,7	8,4/2,6	7,8/0,9
	1995–1999	21,2/18,4	10,3/8,4	26,3/5,3	2,7/0,8	10,8/10,1	6,5/1,9	5,8/2,1
	Среднее	23,2	11,59	26,3	2,6	10,56	6,7	5,6
II	1969–1971	9,2/4,5	5,6/1,9	20,2/2,7	2,3/0,6	3,6/2,1	4,5/0,7	4,0/0,9
	1973–1975	8,0/3,0	5,4/2,4	20,3/2,9	2,4/0,5	2,6/0,7	4,7/0,6	3,8/0,6
	1985–1990	59,5/19,1	32,3/10,1	29,5/2,8	3,0/0,6	27,2/9,4	6,5/1,0	6,1/0,9
	1995–1999	26,1/7,3	11,9/4,4	27,0/4,7	3,1/1,2	14,3/6,4	5,9/1,5	5,4/1,2
	Среднее	25,7	13,79	24,3	2,7	11,91	5,4	4,8
III	1969–1971	11,4/1,8	6,7/0,9	25,0/1,8	4,4/1,8	4,7/1,1	6,1/1,1	6,5/1,8
	1973–1975	37,2/27	19,4/16,0	24,5/6,0	3,3/1,0	19,5/16,5	7,3/1,4	5,4/1,3
	1985–1990	55,8/18,7	27,0/7,7	31,6/2,3	3,6/1,0	28,8/13,3	8,7/2,4	6,4/1,0
	1995–1999	41,2/12,0	18,3/4,0	27,5/2,4	3,6/0,6	22,9/10,3	7,5/1,8	6,8/0,9
	Среднее	36,39	17,83	27,1	3,8	18,97	7,4	6,3
IV	1969–1971	14,3/12,5	8,1/6,3	20,1/5,4	2,8/0,9	6,3/6,4	4,7/0,9	5,1/1,1
	1973–1975	22,3/11,4	13,1/5,6	24,9/4,3	2,5/2,8	6,8/7,7	7,4/2,8	4,4/0,9
	1985–1990	61,4/15,4	29,6/10,2	29,3/2,6	3,5/1,7	31,8/8,0	8,0/1,7	5,9/2,2
	1995–1999	39,2/9,9	16,5/3,8	28,1/2,3	2,8/0,9	22,7/8,0	6,7/0,9	6,2/1,7
	Среднее	34,3	16,8	25,6	2,9	16,88	6,7	5,4

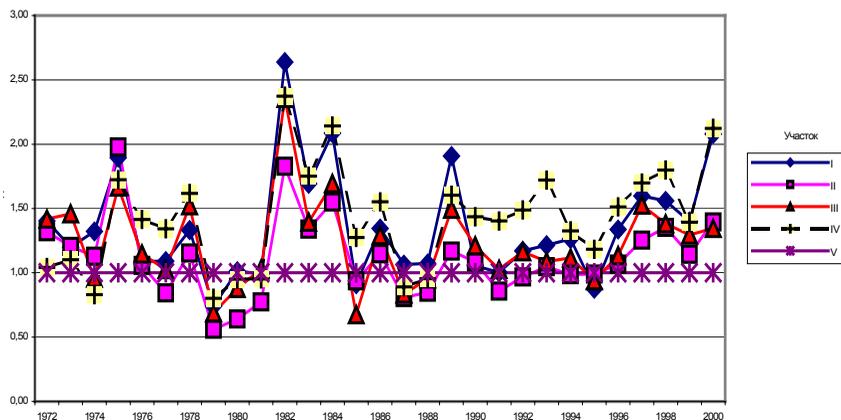
Примечание: В числителе приведены средние значения, в знаменателе – стандартное отклонение.

После внесения удобрений радиальный диаметр люмена ранних трахеид древесины увеличился на 24% ($p=0,002$). Таким образом, дополнительное минеральное питание приводит к образованию менее толстостенных поздних трахеид, толщина клеточной стенки которых снижается на 17% ($p=0,001$) (см.табл.1).

Аналогичное влияние оказывает проведение рубки и внесения удобрений в комплексе. Толщина клеточной стенки поздних трахеид снижается (-15%, $p=0,015$).

Процент поздней древесины

За счет более интенсивного роста деревьев на мелиорированных площадях во второй половине вегетации, увеличивается доля поздней древесины в годичном слое [9, 11]. В 1975 г. в древесине всех опытных участков этот показатель был в 1,7–2 раза выше, чем в древесине с неосушенного контроля. Благоприятные условия для формирования поздней древесины сохранялись в течение всего периода наблюдений, при этом максимальное увеличение наблюдалось в 1982 г. (в 1,8–2,65 раза) (рис. 2) (табл.2).



Р и с . 2 . Изменение доли поздней древесины в годичном кольце под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования».

Необходимо отметить отрицательный эффект рубки на содержание поздней древесины в течение всего периода наблюдений, по сравнению с контрольным участком доля поздней древесины уменьшилась на 15% ($p=0,05$) (см.рис. 2). Полученные данные согласуются с утверждением С.М.Синькевича [42] о снижении процента поздней древесины в стволах разреженного древостоя.

После проведения рубки и внесения удобрений доля поздней древесины повысилась лишь через 15 лет (1991–95 гг, $p=0,0001$), а в 1985–2000 гг. этот показатель превышал значение с контроля на 5%, что говорит о большем эффекте после проведения лесохозяйственных мероприятий в комплексе (см.рис.2). Известно, что в изреженном древостое увеличение относительной протяженности кроны,

оказывающее значительное влияние на формирование древесины, может происходить в течение достаточно длительного времени, в то время как внесение минеральных удобрений повышает доступность питательных веществ лишь на несколько лет [36]. Полученные данные свидетельствуют о том, что рубки оказывают наибольшее влияние на изменение величины прироста, а длительность последствия этих мероприятий примерно одинакова.

Т а б л и ц а 2

Базисная плотность и доля поздней древесины, сформировавшейся в результате проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий
Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования»

№ участка	Анализируемые периоды в годах	Возраст деревьев, количество моделей					
		до 90 лет, 10		80–120 лет, 15		Свыше 120 лет, 10	
		Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %	Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %	Плотность, кг/куб.м.	Доля поздней древесины, %
I	1968–1972	471+49		546+56	27,7+ 3,7		
	1973–1978	413+42		474+64	31,3+ 4,7		
	1985–1990	452+38		529+85	33,7+ 4,4		
	1995–1999	506+32		550+79	35,1+ 6,3		
II	1968–1972	458+30	22,5+ 7,9	517+31	26,8+4,4	494+34	20,8+ 8,5
	1973–1978	378+28	26,5+ 8,4	472+24	30,3+ 6,3	469+26	26,6+ 9,6
	1985–1990	450+22	36,0+ 8,8	462+80	28,1+ 2,7	439+55	34,0+ 11,2
	1995–1999	494+32	38,0+ 10,8	485+91	27,7+ 4,0	514+35	26,7+ 9,4
III	1968–1972	524+89	23,5+ 3,6	489+51	27,1+ 5,5	503+56	17,2+ 5,0
	1973–1978	483+71	25,6+ 10,2	469+70	28,8+ 4,4	470+54	18,3+ 12,5
	1985–1990	454+3	26,7+ 4,6	516+74	29,6+ 3,9	461+46	18,8+ 5,6
	1995–1999	518+26	30,1+ 9,4	563+71	29,9+ 5,5	476+43	23,3+ 5,5
IV	1968–1972	511+96	19,1+ 5,7	543+71	25,5+ 3,1	514+70	26,9+ 11,2
	1973–1978	497+9	19,2+ 6,1	491+71	25,6+ 6,8	525+76	24,3+ 9,9
	1985–1990	463+7	15,3+ 4,6	473+28	35,8+ 6,1	471+55	27,2+ 9,5
	1995–1999	471+47	21,8+ 6,8	512+60	37,5+ 3,0	481+56	27,1+ 11,8
V	1968–1972			500+27	25,3+ 2,5		
	1973–1978			502+9	22,4+ 3,1		
	1985–1990			495+30	28,6+ 2,7		
	1995–1999			508+32	22,5+ 2,9		

Плотность

До проведения лесохозяйственных мероприятий плотность древесины сосны на всех участках была примерно одинаковой и составляла: для молодых (до 90 лет) деревьев 497±6 кг/м³; средневозрастных (90–120 лет) – 523±3 кг/м³; старовозрастных (более 120 лет) 503±5 кг/м³.

Известно, что чем моложе древостой, тем выше его реакция на осушение [3, 10, 18, 30]. В нашем случае наиболее резкое снижение плотности древесины произошло в первое пятилетие после мелиорации: у деревьев моложе 120 лет в среднем на 20% ($p=0,003$), а старше 120 лет – на 8% ($p=0,002$) (см. табл. 2). Полученные данные согласуются с результатами С.П. Ефремова [10] для хорошо осушенного мелкозалежного болота и В.А. Ипатьева [13], изучавшего сосняки осоково-сфагновые на торфяно-болотных почвах. Некоторое снижение плотности древесины молодых деревьев сосны, когда осушение сопровождается значительным увеличением прироста, отмечал и О.И. Полубояринов [11].

Однако после адаптационного периода, плотность древесины повышается за счет увеличения плотности ранней и доли поздней древесины [9]. Начиная с 1985 г., плотность древесины с осушенных участков выше, чем с неосушенных.

Изреживание древостоя (участок II) практически не повлияло на плотность древесины деревьев возраста 80–120 лет (-2% ($p=0,25$) в 1985–1990; +4% ($p=0,19$) в 1996–2000. Плотность древесины сосны в возрасте до 90 лет увеличилась на 16% в 1985–1990 ($p<0,005$) и на 7% в 1995–2000 ($p=0,10$). Реакция старовозрастных деревьев (старше 120 лет) на изменение светового режима проявилась значительно позже (+16%, 1996–2000г. $p=0,08$).

Проведение лесохозяйственных мероприятий в комплексе (рубка и удобрение), вызвало снижение плотности древесины на 12%, объясняющееся значительным увеличением прироста. Снижение плотности древесины в разреженных удобренных сосняках черничных отмечалось С.М. Синькевичем [42], Т. Мерлингом (T. Morling) [32].

По данным О.И. Полубояринова, для того, чтобы выработка волокнистых полуфабрикатов не сократилась в результате снижения плотности древесины, необходимо увеличить объем заготавливаемой и перерабатываемой древесины на величину, приблизительно равную проценту снижения плотности [5]. Результаты наших исследований показали, что происходящее в результате комплекса лесохозяйственных мероприятий снижение плотности древесины компенсируется значительным увеличением прироста (в 2 раза), что приводит к увеличению общего запаса древесины.

Химический состав

При интенсивном росте деревьев изменяются не только анатомическое строение и плотность, но и химический состав древесины, что влияет на качество изготавливаемой из нее продукции [3]. Результаты

анализа химического состава древесины сосны, сформировавшейся под влиянием различных лесохозяйственных мероприятий, приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты химического анализа древесины сосны, сформировавшейся в результате проведения комплексных лесохозяйственных мероприятий
Описание участков см.п. «Объекты и методы исследования»

Уча- сток	Анализи- руемый период	Содержание элементов, %						
		азот*	углерод*	водород *	фосфор**	калий **	золь- ность **	смоли- стые**
I	1968–1972	0,09+0,02	48,9+0,7	6,93+0,14	0,2	0,03	0,22	6,0+2,2
	1973–1978	0,12+0,02	48,9+0,7	6,81+0,14	0,1	0,03	0,25	5,1+0,9
	1985–1990	0,13+ 0,02	48,2+0,7	6,42+0,13	0,2	0,02	0,41	4,5+0,8
	1995–1999	0,13+0,02	48,3+0,7	6,45+0,13	0,2	0,04	0,41	4,1+1,3
II	1968–1972	–			0,01	0,01	0,18	6,8+2,9
	1973–1978	–			0,02	0,04	0,12	6,4+1,7
	1985–1990	–			0,02	0,03	0,2	5,6+1,1
	1995–1999	–			0,02	0,06	0,43	4,7+0,7
III	1968–1972	0,13+0,02	48,9+0,7	6,06+0,12	0,2	0,01	0,23	6,4+1,5
	1973–1978	0,10+0,02	48,0+0,7	5,95+0,12	0,2	0,02	0,17	5,9+0,9
	1985–1990	0,08+0,01	48,8+0,7	6,07+0,12	0,2	0,02	0,52	5,8+0,4
	1995–1999	0,10+0,02	48,8+0,7	6,1+0,12	0,2	0,02	0,51	5,0+1,0
IV	1968–1972	0,12+0,02	48,7+0,7	6,51+0,13	0,1	0,02	0,33	6,1+1,2
	1973–1978	0,12+0,02	48,7+0,7	6,28+0,13	0,2	0,03	0,45	4,7+0,5
	1985–1990	0,12+ 0,02	47,8+0,7	6,76+0,14	0,2	0,03	0,41	5,7+1,1
	1995–1999	0,16+0,03	48,1+0,7	6,80+0,14	0,2	0,05	0,46	4,2+0,8

Примечание – * измерения выполнены в экоаналитической лаборатории Коми научного центра УрО РАН, аналитик к.х.н. Кондратенко Б.М.; ** измерения выполнены в аналитической лаборатории Института леса Кар НЦ РАН, аналитики Баишникова Т.Г., Коржова М.А.. Доверительный интервал при определении фосфора, калия, зольности 0,05.

После осушения отмечено повышение содержания азота и незначительное снижение содержания фосфора в древесине, сохраняющееся на весь период исследований (до 2003 г.). Улучшение усвоения древесной растительностью азота, при неизменности режима калийного питания отмечалось и ранее [27]. Дополнительное минеральное питание расходуется в первую очередь на создание ассимиляционного аппарата [36], что приводит к снижению содержания азота в древесине (см.табл. 3), особенно заметному в первые пять лет, и влияет на размеры формирующихся трахеид [43].

В образцах, отобранных на участке комплексного ухода, содержание азота остается постоянным с некоторым повышением в последние пять лет. Наблюдается некоторое повышение содержания фосфора в древесине с данного участка.

Внесение удобрений увеличивает содержание зольных элементов. Это происходит за счет снижения толщины клеточных стенок поздних трахеид и более интенсивного образования ранней древесины, содержащей больше золы, лигнина, пентозанов и экстрактивных веществ [3].

Отмечена общая тенденция увеличения содержания калия в древесине от ядра к заболони, на фоне которой не удалось выявить влияния лесохозяйственных мероприятий.

Лесохозяйственные мероприятия не привели к изменению количества основных структурообразующих элементов древесины – водорода и углерода.

Во всех проанализированных образцах наблюдается снижение смолистости древесины от ядра к заболони. Достоверное влияние на содержание смолистых веществ оказало лишь осушение ($p < 0,05$). Последующие рубка и внесение удобрений несколько увеличили смолопродуктивность древостоев, однако после комплексного ухода это наблюдалось только в первые 5 лет после проведения мероприятий. Полученные результаты согласуются с данными финских исследователей [44, 45].

Многолетние исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Гидролесомелиорация оказала положительное влияние на запас и качество древесины в сосняках травяно-сфагновых на переходной почве. Осушение способствует интенсивному формированию более крупных и толстостенных трахеид. Увеличение плотности происходит за счет увеличения плотности ранней и процента поздней древесины. Однако во время адаптационного (5-летнего) периода плотность древесины снижается у молодых деревьев (-20%), у средне- и старовозрастных – на 8%.

2. Проведение рубок ухода и внесения минеральных удобрений в осушенных сосняках способствует образованию более тонкостенных ранних и поздних трахеид. После изреживания снижается доля поздней древесины. Внесение минеральных удобрений вызывает значительное увеличение диаметра ранних трахеид. На осушенных почвах не происходит достоверного снижения плотности древесины после проходных рубок и внесения минеральных удобрений, что свидетельствует об экономической эффективности этих лесохозяйственных мероприятий.

3. Комплекс лесохозяйственных мероприятий (проходная рубка+удобрение) на мелиорированных почвах снижает плотность древесины, однако

уменьшения запаса древесины по массе при этом не происходит. Также в данном случае не отмечено заметного изменения химического состава древесины, что является положительным фактором при использовании ее в качестве сырья для химической переработки.

4. У деревьев III–V классов возраста после мелиорации в стволе формируется неоднородная по физическим свойствам древесина, поэтому не рекомендуется ее использовать для изготовления нагруженных элементов конструкций.

5. По степени воздействия на годичный прирост лесохозяйственные мероприятия можно ранжировать следующим образом: удобрения < производные рубки < рубка + удобрение < осушение, а по длительности рубка - и удобрение < комплекс рубка и удобрение < осушение.

Л и т е р а т у р а

1. *Перельгин Л. М.* Древесиноведение. М. 1969. 316 с.
2. *Ваганов Е. А., Шашкин А. В.* Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск. 2000. 232 с.
3. *Коржицкая З.А., Матюшкина А.П.* Изменение свойств древесины под влиянием лесохозяйственных мероприятий / Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Петрозаводск. 1980. С. 5–33.
4. *Москалева С. А.* и др. Влияние рубок ухода на плотность древесины стволов сосны в продольном направлении // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1987. Архангельск. 1988. С. 63–64.
5. *Полубояринов О. И.* Плотность древесины. М. 1976. 160 с.
6. *Ericson B.* Effects of thinning on the basic density and content of latewood and heartwood in Scots pine and Norway Spruce. Dep. Forest Yield Research, Royal College of Forestry, Stockholm. Research Notes. 1966. N 41. 291 p.
7. *Moschler W.W., Dougal E.F., McRae D.D.* Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. following thinning. Wood Fiber Sci. 1989. V.21. P.87–142
8. *Кистерная М.В., Аксененкова Я.А.* Изменение анатомического строения древесины сосны под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Изв. Вузов. Лесн. журн. 2005, в печати.
9. *Матюшкин В.А., Козлов В.А.* Изменение плотности древесины под влиянием гидролесомелиорации / Проблемы и перспективы развития народно-хоз. комплекса Карелии: Тезисы докл. Всес. науч. практ. конф. Петрозаводск. 1989.
10. *Ефремов С. П.* Пионерные древостои осушенных болот. Новосибирск. 1987. 249 с.
11. *Полубояринов О. И.* Исследование качества болотных и осушенных хвойных насаждений // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Петрозаводск. 1980. С. 33–55.
12. *Varhimo A., Kojola S., Penttila T., Laiho R.* Quality and yields of pulpwood in drained peatland forests: pulpwood properties of Scots pine in stands of first commercial thinning. // *Silva Fennica*. 2003/ Vol. 37. N. 3. P. 343–357.

13. *Ипатьев В.А.* Гидролесомелиорация и качество древесины / Современные проблемы гидролесомелиорации. Тез. докл. третьего советско-финского симпозиума (г. Псков. 9–10 сентября 1982) Л. 1982. С.116–119.
14. *Косарев В.П., Андрющенко Т.Т.* Радиальный прирост осушенных хвойных древостоев / Гидротехническая мелиорация земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. СПб: СПбНИИЛХ. 1997. С.54–57.
15. *Смирнов А.П.* Динамика радиального прироста осушенных сосняков в связи с опытными рубками / Мониторинг осушенных лесов Мат. Совещания, Лисино-корпус Ленинградской области, 6–7 сентября 2001 г. СПб. 2001. С. 117–121.
16. *Суханов В. И.* Зонально-типологические особенности смолопродуктивности основных насаждений / Лесоводственные исследования на зонально-типологической основе. Науч. Тр. АИЛиЛХ. Архангельск. 1984. С.39–40.
17. *Федяев А.Л.* Смолопродуктивности основных насаждений на осушенных торфяных почвах / Гидролесомелиоративный мониторинг и эксплуатация осушительных систем: Сб. науч. Тр. ЛенНИИЛХ. Л. 1991. С. 65–70.
18. *Anderson G. A.* Effect of intensive pine plantation management on southern wood supply and quality // *Tappi*. 1978. Vol.61. N1. P. 85–89.
19. *Гелес И. С., Левкина Г. М.* Влияние удобрений на длину трахеид сосны / Строение, свойства и качество древесины. Симпозиум координационного совета по современным проблемам лесовосстановления. Москва – Мытищи 13–17 ноября 1990. С. 77–81.
20. *Бахвалов Ю. М.* Влияние минеральных удобрений на анатомическое строение древесины ели // Мат. годичной сессии по итогам работ за 1977 г. Архангельск. 1978. С. 55–57.
21. *Москалева С. А., Крыжановская Л. Е.* Длина трахеид древесины сосны в древостоях, формируемых рубками ухода // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1989. Архангельск. 1990. С. 59–60.
22. *Степаненко И. И.* Динамика формирования древесины сосны в удобренных насаждениях различных типов леса / Мат. 3-го междунар. симпоз. «Строение, свойства и качество древесины – 2000». Петрозаводск. 2000. С.95–98.
23. *Межибовский А. М.* Анализ влияния удобрений на радиальный прирост сосны. / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. всес. совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 13–14.
24. *Прокушкин С. Г., Бузыкин А.И.* Продолжительность действия азотных удобрений в сосняках среднего Приангарья / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. всес. совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 128–129.
25. *Тялли П.Г.* Динамика прироста древесины в средневозрастном сосняке брусничном, под влиянием удобрений / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. Докл. Всес/ совещания г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 134–135
26. *Valinger E.* Effect of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian J.For.Res.* 1992. 7. P. 219–228.
27. *Вярибила В. В. Шлейнис Р. И.* Влияние удобрения основных насаждений на качество древесины // Лесное хозяйство. 1981. № 12. С. 8–11.

28. *Beets P.N., Gilchrist K., Jeffreys M.P.* Wood density of radiata pine: effect of nitrogen supply // *Forest ecology and management*. 2001. 145. P.173–180.
29. *Zobel B.J., van Buijtenen J.P.* Wood variation: its causes and control. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 1989. 363 p.
30. *Barbour R.J., Fayle D.C.F., Chauret G., Cook J., Karsh M.B., Ran S.* Brest-height relative density and radial growth in mature jack pine (*Pinus banksiana*) for 38-years after thinning. *Can.J.For.Res.*, 1994. V.24. P. 2439–2447
31. *Tassisa G., Burkhart H.E.* Modelling thinning effects on ring specific gravity of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *For. Sci.* 1998. 44. P. 212–223.
32. *Morling T., Valinger E.* Effects of fertilization and thinning on heartwood area, sapwood area, and growth in Scots pine. *Scand. J. For. Res.* 1999. V. 14. p.279.
33. *Valinger E.* Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment. *Can.J.For. Res.* 1993. V. 23. P. 1639–1644.
34. *Козлов В. А., Матюшкин В. А.* Изменение свойств древесины при внесении удобрений на осушенных землях. Информ.матер. СПб. 1992. С.55–56.
35. *Sundström E., Magnusson T., Hännell B.* Nutrient conditions in drained peatlands along a north-south climatic gradient in Sweden // *Forest ecology and management*. 2000. V. 126. P. 149–161.
36. *Корчагина М.П., Матюшкин В.А.* Применение удобрений в сосняках кустарничково-сфагновых на осушенных торфяных почвах / Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез.докл. всес. совещ. г. Архангельск, 12–13 августа 1986 г. Архангельск. 1986. С. 152–153.
37. *Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии. Петрозаводск. 2000. 155 с.
38. *Козлов В.А., Филипов М.М.* Информационный листок №218–79, 1979. 2 с.
39. *Гекклер К., Экштайн Х.* Аналитические и препаративные лабораторные методы. М. 1994. 416 с.
40. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М. МГУ. 1961. 491 с
41. *Практические работы по химии древесины и целлюлозы / Оболенская А. В. и др.* М. 1965. 412 с.
42. *Синькевич С.М.* Влияние разреживания и удобрения на качество древесины в средневозрастном сосняке / Сосново-лиственные насаждения Карелии и Мурманской области. Петрозаводск. 1981. С. 115–122.
43. *Козлов В. А.* Изменение структуры древесины под влиянием внесения минеральных удобрений/ Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Сб. Петрозаводск. 1980. С. 55–71.
44. *Kytö M., Niemelä P., Annala E.* Effects of vitality fertilization on the resin flow and vigor of Scots pine in Finland // *For. Ecol. And Manag.* 1998. V. 102. P. 121–130
45. *Malkonen E., Derome J., Fritze H., Helmisaari H-S, Kukkola M., Kyto M., Saarensalmi A., Salemaa M.* Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals // *N Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1999. V.55. P. 239–268.