

УДК 582.475:630*181.65:630*237(470.22)

М.В. Кистерная, Я.А. Аксененкова

Кистерная Маргарита Васильевна родилась в 1967 г., окончила в 1990 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 30 печатных работ в области древесиноведения.



Аксененкова Яна Анатольевна родилась в 1980 г., окончила в 2002 г. Петрозаводский государственный университет, сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН.



ИЗМЕНЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОМПЛЕКСА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Приведены результаты многолетних наблюдений за изменением ширины годичного кольца, процента поздней древесины, числа рядов трахеид и размера клеток в древесине сосны под действием комплекса лесохозяйственных мероприятий.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, ширина годичного кольца, процент поздней древесины, трахеиды, размер люмена, клеточная стенка.

Известно, что такие лесохозяйственные мероприятия, как рубки ухода, мелиорация, внесение удобрений в значительной степени влияют на качество древесины [4]. Имеется достаточно много сведений, подтверждающих заметный скачок радиального прироста древесины сосны после проведения лесохозяйственных мероприятий [1, 7, 8]. Данные об изменении плотности менее однозначны [1, 6, 7].

Изучению анатомического строения древесины в таких древостоях уделяется недостаточно внимания [1]. Однако данные характеристики (число рядов трахеид, размеры последних) существенно влияют на прочностные свойства древесины. На сегодняшний день этот вопрос остается актуальным и практически неизученным.

Большинство исследователей описывают последствия таких мероприятий, как осушение, рубки ухода, внесение удобрений, но крайне мало сообщений о влиянии их комплекса, особенно в долгосрочном аспекте. Участки, на которых проводились наши исследования, характерны для Южной Карелии, что придает актуальность полученным данным.

Объектом исследований служила древесина сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей на опытных участках Института леса Карельского НЦ РАН на территории стационара «Киндасово» (Пряжинский район). Опытные участки заложены в одном из наиболее распространенных типов осушенных лесов Карелии – сосняке травяно-сфагновом на осушенной

переходной почве [5]. Изучены четыре варианта: 1) контроль – 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 (участок IV). Осушение всех участков проведено в 1972 г., проходные рубки с полной выборкой березы на участке II выполнены в 1982 г., на участке IV – в 1984 г., минеральные удобрения ($N_{75}P_{125}K_{75}$) внесены на участках III и IV в 1984 г. Подробно опытные участки и технология лесохозяйственных мероприятий описаны в литературе [5].

Анатомическое строение древесины изучали на кервах, отобранных на модельных деревьях на высоте 1,3 м возрастным буравом Пресслера, и на спилах*.

Ширину годичного кольца и процент поздней древесины измеряли с помощью программы KERN (А.Ермаков, 2000) на оцифрованных изображениях. Образцы древесины для микроскопических исследований вырезали из спилов. На роторном микротоме изготавливали поперечные срезы толщиной 30 мкм. Готовые постоянные препараты анализировали на световом микроскопе МБИ-15.

Число рядов клеток, радиальный размер люмена и толщину радиальных стенок ранних и поздних трахеид измеряли двумя способами с приблизительно одинаковой точностью: 1) окуляр-микрометром; 2) при помощи программы цифровой обработки компьютерных изображений Sigma ScanPro.

Улучшение водно-гидрологического и теплового режима почв после осушения активизировало работу камбиального слоя древесины, что привело к увеличению ширины годичного кольца за счет интенсивного образования трахеид большего диаметра. Число рядов ранних и поздних трахеид под влиянием осушения возросло в 3-4 раза (см. таблицу). Положительное влияние мелиорации на радиальный прирост прослеживается в течение всего периода наблюдений (рис. а). Тенденция к снижению числа рядов клеток в годичном кольце проявилась лишь через 20 ... 25 лет после осушения.

**Изменение числа рядов трахеид в приросте,
радиального диаметра полости и толщины радиальной стенки трахеид
под влиянием комплекса лесохозяйственных мероприятий**

Участок	Анализируемый период, годы	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

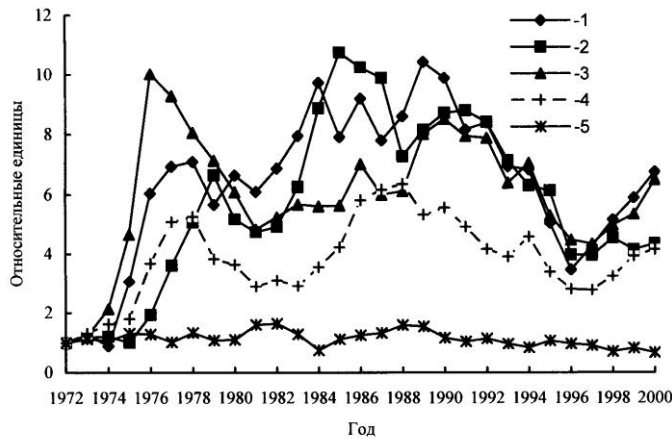
* Выбор модельных деревьев и отбор образцов проведены главным инженером В.А. Матюшкиным, измерения выполнены канд. биол. наук Е.А. Житковой.

	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
II	Среднее	23,2	11,59	26,3	2,6	10,56	6,7	5,6
	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
III	Среднее	25,7	13,79	24,3	2,7	11,91	5,4	4,8
	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	37,2/27,0	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
IV	Среднее	36,39	17,83	27,1	3,8	18,97	7,4	6,3
	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 – средние значения, в знаменателе – стандартное отклонение.

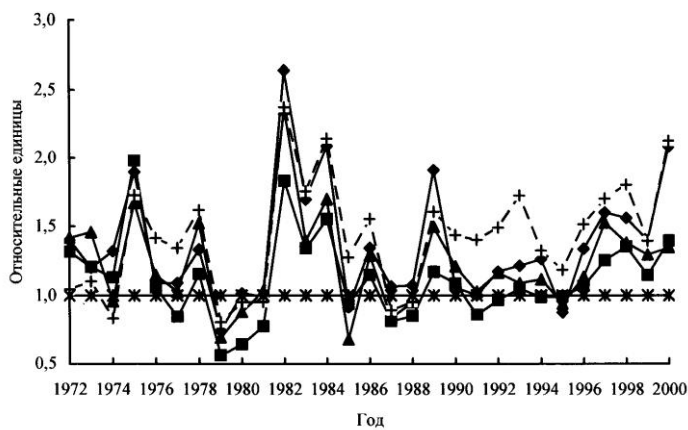
Можно отметить значительное влияние осушения на размеры как ранних, так и поздних трахеид. Наши результаты согласуются с данными В.А. Ипатьева [1] о повышении прироста за счет увеличения размеров трахеид. Радиальный диаметр люмена ранних трахеид снизился в первое пятилетие на 15 % ($p = 0,017$), но в последующие годы он увеличивался (+16 %, $p = 0,04$) с одновременным возрастанием толщины клеточной стенки (см. таблицу). Для поздней зоны древесины характерно интенсивное образование более толстостенных трахеид большего диаметра. Максимальное увеличение диаметра люмена поздних трахеид составило 31, а толщины клеточной стенки 66 % и пришлось на 1985–1990 гг. Формирование в ранней и поздней зонах древесины более крупных и толстостенных трахеид под влиянием мелиорации отмечали В.А. Матюшкин и В.А. Козлов [3].

Известно, что влияние рубок на качество древесины в значительной степени зависит от интенсивности и способа их проведения [6]. Проходные рубки с полным удалением березы в сосняке травяно-сфагновом на осушен-



Год

а



Год

б

Изменение относительной ширины годичного кольца (а) и доли поздней древесины в годичном кольце (б) под влиянием лесохозяйственных мероприятий: 1 – 4 – участки I – IV; 5 – неосушенный участок. Данные нормированы на 1972 г.

ной переходной почве аналогично осушению способствовали активизации камбиальной деятельности, что вызвало увеличение ширины годичного слоя. Изменение прироста, как и после осушения, произошло за счет возрастания числа рядов трахеид: ранних в 6, а поздних в 7 раз (см. таблицу). Однако отмечен отрицательный эффект данного мероприятия на содержание поздней древесины в течение всего периода наблюдений, по сравнению с осушенным участком ее доля уменьшилась на 15 % ($p = 0,05$) (рис. б). Полученные данные согласуются с утверждением С.М. Синькевича [6] о снижении процента поздней древесины в стволах разреженного древостоя.

Оптимальные условия для роста древостоя устанавливаются к 3-7-му году после проведения рубки, в этот период фиксируется максимальный

прирост по диаметру (см. рис. *a*). Благоприятные условия произрастания сохраняются довольно долго. В течение 9 лет радиальный прирост был на 10 ... 20 % выше, чем на осушенном участке, на 10–14-й годы достоверных различий показателя не выявлено, а затем прирост заметно снижался (ниже контрольного значения на 30 %, $p = 0,001$).

Проведение рубки отразилось на размерах трахеид. Т. Morling [7] отмечал характерное образование тонкостенных трахеид в ранней и поздней зонах древесины после проходных рубок. В нашем случае выявлено снижение толщины клеточной стенки (–12 %, $p = 0,001$) и радиального диаметра люмена (–15 %) лишь для поздних трахеид относительно осушенного участка (см. таблицу). Через 20 ... 25 лет после рубки в ранней зоне начинают образовываться более толстостенные трахеиды.

Внесение удобрений в сосняке травяно-сфагновом на переходной почве вызвало значительный скачок прироста по диаметру через 3 года благодаря увеличению числа рядов трахеид в 4–5 раз. Наибольший прирост отмечен на 3-й год, но последствие удобрений прослеживается еще в течение 14 лет, что является подтверждением данных М.П. Корчагиной и В.А. Матюшкина [2]. Под влиянием удобрений радиальный диаметр люмена ранних трахеид древесины возрос на 24 % ($p = 0,002$). Можно говорить об интенсивном образовании менее толстостенных поздних трахеид, толщина клеточной стенки которых снизилась на 17 % ($p = 0,001$) (см. таблицу).

Проведение рубки и внесение удобрений в комплексе вызывают двукратное увеличение прироста по диаметру. Наибольшая ширина годичного кольца отмечается на 3–5-й годы после осуществления мероприятий (см. рис. *a*). При этом повышается число рядов ранних и поздних трахеид (на 20 ... 90 %) по сравнению с осушенным участком. Однако, это отрицательно сказывается на толщине клеточной стенки поздних трахеид (–15 %, $p = 0,015$). Доля поздней древесины повысилась лишь через 15 лет (1991–1995 гг., $p = 0,0001$), а в 1985–2000 гг. она была на 5 % больше показателя осушенного участка, что говорит об эффективности комплекса лесохозяйственных мероприятий (см. рис. *b*). Их последствие оказалось более длительным по сравнению с просто рубкой и осушением.

Увеличение годичного прироста (и числа рядов трахеид в кольце) после проходных рубок и внесения удобрений обусловлено в большой мере их положительным влиянием на формирование кроны и функционирование ассимиляционного аппарата [8].

Известно, что в изреженном древостое увеличение относительной протяженности кроны, значительно влияющее на формирование древесины, может наблюдаться в течение достаточно длительного времени, в то время как внесение минеральных удобрений повышает доступность питательных веществ лишь на несколько лет [8]. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что рубки оказывают наибольшее влияние на изменение прироста, а длительность последствия этих мероприятий примерно одинакова.

Наши многолетние исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Лесомелиорация оказала положительное влияние на запас и качество древесины в сосняках травяно-сфагновых на переходной почве. Осушение способствует интенсивному формированию более крупных и толсто-стенных трахеид, а также увеличению процента поздней древесины.

2. Проведение рубок ухода и внесение минеральных удобрений в осушенных сосняках вызывают образование более тонкостенных трахеид в ранней и поздней зонах древесины сосны. Выявлено достоверное снижение доли поздней древесины после рубки. В то же время при внесении минеральных удобрений значительно увеличивается диаметр ранних трахеид.

3. По степени воздействия на годичный прирост лесохозяйственные мероприятия можно ранжировать следующим образом: удобрения <проходные рубки < рубка+удобрение, а по длительности: рубка или удобрение < рубка+удобрение < осушение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ипатьев, В.А.* Гидролесомелиорация и качество древесины [Текст] / В.А. Ипатьев // Современные проблемы гидролесомелиорации: тез. докл. Третьего советско-финского симпозиума, г. Псков, 9-10 сент. 1982. – Л., 1982. – С. 116–119.

2. *Корчагина, М.П.* Применение удобрений в сосняках кустарничково-сфагновых на осушенных торфяных почвах [Текст] / М.П. Корчагина, В.А. Матюшкин // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: тез. докл. Всесоюз. совещ., г. Архангельск, 12-13 авг. 1986 г. – Архангельск, 1986. – С. 152–153.

3. *Матюшкин, В.А.* Изменение плотности древесины под влиянием гидролесомелиорации [Текст] / В.А. Матюшкин, В.А. Козлов // Проблемы и перспективы развития народнохозяйственного комплекса Карелии: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. – Петрозаводск, 1989.

4. *Перелыгин, Л.М.* Древесиноведение [Текст] / Л.М. Перелыгин. – М., 1969. – 316 с.

5. *Саковец, В.И.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии [Текст] / В.И. Саковец, Н.И. Германова, В.А. Матюшкин. – Петрозаводск, 2000. – 155 с.

6. *Синькевич, С.М.* Влияние разреживания и удобрения на качество древесины в средневозрастном сосняке [Текст] / С.М. Синькевич // Сосново-лиственные насаждения Карелии и Мурманской области. – Петрозаводск, 1981. – С. 115–122.

7. *Morling, T.* Effects of nitrogen fertilization and thinning on growth and clear wood properties in Scots pine [Text]: Doct. dissertation / T. Morling; Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. – Silvestria. – 1999. – 84.

8. *Valinger, E.* Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment [Text] / E. Valinger // Can. J. For. Res. – 1993. – Vol. 23. – P. 1639–1644.

Институт леса Карельского НЦ РАН

Поступила 25.03.05

M.V. Kisternaya, Ya. A. Aksenenkova

**Change of Anatomic Structure of Pine Timber under Influence
of Forest Management Measures**

The results of long-term observations of changes in pine timber are provided such as annual ring width, as well as late wood percentage, number of tracheid rows and their size formed under the impact of forest management measures.