

УДК 581.524.346

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ СОСНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ

© *О.Н. Тюкавина, канд. с.-х. наук, доц.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002
E-mail: o.tukavina@narfu.ru

Качество древесины сосны определяется ее механическими свойствами, которые в свою очередь обусловлены структурой годичного кольца, точнее содержанием поздней древесины. Наилучшими техническими качествами характеризуется та древесина, в которой доля поздней части максимальная. Однако при одинаковой доле поздней древесины могут происходить качественные изменения трахеид за счет увеличения толщины их стенок. У разных отраслей производства свои представления о качестве древесного сырья. Для того, чтобы удовлетворить потребности производства в древесном сырье определенного качества необходимо создать научную базу, банк данных о влиянии экологических факторов на морфологическое и анатомическое строение древесины. Задача выращивания древесины заданного качества путем создания для этого оптимальных условий по-прежнему актуальна.

В работе ставились следующие задачи:

изучить влияние лесоосушительных работ на динамику радиального прироста;
рассмотреть изменение приростов ранней и поздней древесины с увеличением срока давности осушения;

проанализировать влияние гидролесомелиорации на долю поздней древесины в годичном слое;

изучить анатомическое строение древесины в условиях разного гидрологического режима.

Изучение структуры годичных колец проводили в разновозрастных сосняках кустарничково-сфагновых. Данный тип леса является наиболее распространенным среди сосняков Архангельского лесничества.

Нами было установлено, что после проведения лесоосушительных работ рост деревьев в толщину значительно увеличивается, причем в молодых древостоях уже в год осушения, в припевающих и спелых древостоях – на второй год. В 15-летних древостоях максимальные значения радиального прироста отмечены через 3 года после осушения, в 70-летних – через 6 лет, в 100-летних – через 8 лет. Первое десятилетие постосушительного периода у сосны характеризуется максимальными радиальными приростами.

Под влиянием осушения увеличивается ширина как ранней, так и поздней зоны годичного слоя. Содержание поздней зоны в годичном слое довольно стабильно (по отношению к общей ширине годичного слоя) и составляет 29...37 %. Увеличение радиальных приростов связано с возрастанием количества рядов ранних и поздних трахеид. Улучшение водно-воздушного режима торфяных почв не приводит к достоверным изменениям микроскопических параметров трахеид.

Радиальный прирост в молодых древостоях по сравнению с 70-летними больше за счет увеличения в 2 раза количества рядов как ранних, так и поздних трахеид. Микроскопические параметры трахеид у деревьев разного возраста достоверно не различаются.

Таким образом, под влиянием осушения радиальный прирост увеличивается за счет как ранней, так и поздней зоны годичного слоя. Содержание поздней древесины в годичном кольце стабильно. Увеличение радиальных приростов после осушения связано с заложением большего количества рядов ранних и поздних трахеид.

Ключевые слова: осушенные сосняки, годичные кольца сосны, качество древесины.

Качество древесины сосны определяется ее механическими свойствами, которые в свою очередь обусловлены структурой годичного кольца, точнее содержанием поздней древесины [2, 6, 11]. Наилучшими техническими качествами характеризуется та древесина, в которой доля поздней части максимальная [6]. Задача выращивания древесины заданного качества путем создания для этого оптимальных условий ставилась еще в начале 30-х гг. прошлого века, но и сейчас эта проблема не утратила своей актуальности. Литературные данные о качестве древесины, формирующейся под влиянием абиотических и антропогенных факторов, крайне ограничены, а выводы, полученные разными авторами, часто противоречивы. Поэтому данный вопрос требует дальнейших уточнений [1, 3–5, 7, 8].

Основную часть (80 %) осушенных сосновых лесов Архангельского лесхоза составляют сосняки сфагновых условий местопроизрастания, чем и обусловлен выбор объектов исследования. Изучение структуры годичных колец проводили в сосняках кустарничково-сфагновых, осушенных в 1969 г., с расстоянием между осушителями 100 м. Для исследования были подобраны древостои разного возраста (от 15 до 70 лет на момент осушения), чистые по составу. В каждом насаждении были заложены 8 пробных площадей ленточной формы вдоль осушителей (10...20 м до осушителя) и в центре межканального пространства (50...60 м до осушителя). Из каждой ступени толщины пропорционально представительству деревьев в ступени способом случайной выборки взяты учетные деревья (15 шт. на каждой пробной площади). Все изученные древостои располагались на торфяных верховых почвах.

Согласно нашим исследованиям, после проведения лесоосушительных работ рост деревьев в толщину значительно увеличивается, причем в молодых древостоях уже в год осушения, в приспевающих и спелых – на второй год. В 15-летних древостоях максимальные значения радиального прироста отмечены через 3 года после осушения, в 70-летних – через 6 лет, в 100-летних – через 8 лет. Первое десятилетие постосушительного периода у сосны характеризуется максимальными радиальными приростами. Вблизи с осушителями в приспевающих и спелых древостоях он увеличивается в 3 раза по сравнению с периодом до осушения, в межканальном пространстве – лишь в 2 раза [9, 10].

Данные статистической обработки позволили выявить достоверные различия по этим показателям на уровне 0,99 ($t = 3,8...7,8$).

Во втором десятилетии отмечалось снижение (на 30 %) радиального прироста, что было обусловлено неблагоприятными погодными условиями, поскольку третье и четвертое десятилетия характеризовались более высокими показателями радиального прироста (табл. 1).

Следует отметить, что ни в приканальной полосе, ни в зоне слабого осушения уровни радиального прироста постосушительного периода не опускаются до значений данного показателя до осушения. Из этого можно предположить, что осушительная система на объектах продолжает нормально функционировать даже спустя 35 лет.

Таблица 1

Средние значения радиальных приростов (мм) деревьев по десятилетиям

Возраст древостоя на момент осушения, лет	До осушения	Период осушения, лет			
		10	20	30	35
10...20 м до осушителя					
15	–	$1,3 \pm 0,10$	$0,9 \pm 0,05$	$1,1 \pm 0,08$	$1,0 \pm 0,09$
70	$0,3 \pm 0,03$	$0,9 \pm 0,07$	$0,6 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,07$	$0,8 \pm 0,06$
50...60 м до осушителя					
15	–	$1,0 \pm 0,07$	$0,7 \pm 0,06$	$0,9 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,05$
70	$0,3 \pm 0,02$	$0,5 \pm 0,04$	$0,4 \pm 0,03$	$0,5 \pm 0,04$	$0,5 \pm 0,05$

Анализ структуры годичного слоя показал, что под влиянием осушения увеличивается ширина как ранней, так и поздней зоны годичного слоя. По абсолютной величине ширина поздней зоны заметно меньше ранней, т. е. прирост годичного кольца у сосны на осушенных землях увеличивается преимущественно за счет ранней древесины. При этом содержание поздней зоны в годичном слое довольно стабильно (по отношению к общей ширине годичного слоя) и находится в пределах 29...37 % (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения ширины поздней древесины (числитель) и ее содержание в годичном слое (знаменатель) по десятилетиям

Возраст древостоя на момент осушения, лет	До осушения	Период осушения, лет			
		10	20	30	35
10...20 м до осушителя					
15	–	$\frac{0,44 \pm 0,06}{34 \pm 3,2}$	$\frac{0,32 \pm 0,04}{37 \pm 2,3}$	$\frac{0,39 \pm 0,03}{34 \pm 3,3}$	$\frac{0,33 \pm 0,03}{33 \pm 2,8}$
70	$\frac{0,07 \pm 0,02}{31 \pm 3,0}$	$\frac{0,30 \pm 0,05}{35 \pm 2,2}$	$\frac{0,21 \pm 0,04}{32 \pm 3,1}$	$\frac{0,27 \pm 0,04}{33 \pm 2,8}$	$\frac{0,26 \pm 0,05}{32 \pm 3,2}$
50...60 м до осушителя					
15	–	$\frac{0,34 \pm 0,05}{34 \pm 3,0}$	$\frac{0,24 \pm 0,03}{35 \pm 3,5}$	$\frac{0,31 \pm 0,04}{33 \pm 2,5}$	$\frac{0,26 \pm 0,03}{33 \pm 2,1}$
70	$\frac{0,08 \pm 0,01}{31 \pm 3,3}$	$\frac{0,17 \pm 0,02}{30 \pm 4,2}$	$\frac{0,12 \pm 0,04}{29 \pm 1,6}$	$\frac{0,15 \pm 0,03}{30 \pm 2,8}$	$\frac{0,15 \pm 0,02}{29 \pm 1,2}$

Примечание. В числителе приведены данные в миллиметрах, в знаменателе – в процентах.

Нельзя сделать однозначного вывода о влиянии осушения на содержание поздней древесины. Этот показатель увеличивается, но увеличение зависит как от возраста древостоя на момент осушения, так и от расстояния по отношению к осушителю. У 52 % деревьев связь между процентом поздней древесины и их возрастом значительная криволинейная достоверная ($\eta = 0,47...0,67$ при $t = 3,6$), у 35 % деревьев – высокая достоверная ($\eta = 0,72...0,85$ при $t = 3,8$) [9].

Толщина стенок ранних трахеид изменяется от 2,4 до 3,8 мкм. Отмечается тенденция уменьшения диаметра внутренней полости трахеид ранней древесины с увеличением постосушительного периода, а также уменьшается толщина стенок трахеид (табл. 3).

В 15-летних древостоях в течение всего постосушительного периода толщина стенок трахеид ранней древесины вблизи осушителя на 4...31 % больше, чем в межканальном пространстве. Максимальные достоверные различия ($t = 4,2$) отмечены во втором десятилетии (неблагоприятный по погодным условиям период для роста деревьев), характеризующееся депрессией в динамике радиального прироста. В этот период откладываются трахеиды с наибольшей толщиной, диаметр внутренней полости уменьшается. В другие периоды диаметр внутренней полости ранних трахеид в приканальной полосе на 2...14 % больше по сравнению с зоной слабого осушения. Те же тенденции просматриваются и в 70-летних древостоях.

Следовательно, в неблагоприятный период вблизи осушителя закладываются ранние трахеиды с большей толщиной стенок и меньшим просветом, в межканальном пространстве таких изменений не отмечается.

Достоверной разницы между толщиной стенок ранних трахеид в 15- и 70-летних древостоях на момент осушения не выявлено ($t < 1$). Отмечается тенденция уменьшения в среднем на 7 % диаметра внутренней полости ранних трахеид в 15-летних древостоях по сравнению с 70-летними. В межканальном пространстве данное различие между древостоями разного возраста увеличивается до 10 %.

Таблица 3

Микроскопическое строение (мкм) ранней зоны древесины сосны по десятилетиям

Возраст древостоя на момент осушения, лет	Период осушения, лет				Среднее значение
	10	20	30	35	
10...20 м до осушителя					
15	<u>3,1±0,15</u> 25,0±2,10	<u>3,8±0,19</u> 20,9±1,50	<u>2,7±0,10</u> 24,5±2,00	<u>2,5±0,14</u> 18,3±1,30	<u>3,0±0,15</u> 22,2±1,70
70	<u>3,3±0,18</u> 26,1±2,30	<u>3,6±0,20</u> 24,4±1,80	<u>2,8±0,15</u> 25,1±1,90	<u>3,3±0,20</u> 21,5±1,70	<u>3,3±0,18</u> 23,9±1,90
50...60 м до осушителя					
15	<u>2,8±0,10</u> 21,9±1,70	<u>2,9±0,10</u> 21,8±1,60	<u>2,5±0,11</u> 19,7±1,50	<u>2,4±0,18</u> 18,0±1,50	<u>2,7±0,12</u> 20,4±1,60
70	<u>2,8±0,14</u> 23,7±1,80	<u>2,4±0,11</u> 24,0±1,90	<u>2,5±0,12</u> 21,5±1,70	<u>2,6±0,20</u> 20,5±1,70	<u>2,6±0,14</u> 22,7±1,80

Примечание. Здесь и далее, в табл. 4, в числителе приведена толщина стенок трахеид, в знаменателе – диаметр внутренней полости.

Таблица 4

**Микроскопическое строение (мкм) поздней зоны древесины сосны
по десятилетиям**

Возраст древостоя на момент осушения, лет	Период осушения, лет				Среднее значение
	10	20	30	35	
10...20 м до осушителя					
15	<u>5,2±0,28</u>	<u>4,0±0,21</u>	<u>4,6±0,25</u>	<u>4,3±0,31</u>	<u>4,5±0,26</u>
	9,3±0,68	9,1±0,72	7,7±0,65	8,8±0,70	8,7±0,69
70	<u>5,3±0,34</u>	<u>4,7±0,25</u>	<u>4,5±0,21</u>	<u>4,9±0,26</u>	<u>4,8±0,27</u>
	13,0±0,96	11,2±0,85	10,8±0,81	12,5±1,00	11,9±0,91
50...60 м до осушителя					
15	<u>4,1±0,23</u>	<u>4,4±0,20</u>	<u>4,0±0,21</u>	<u>3,7±0,18</u>	<u>4,1±0,21</u>
	8,7±0,62	9,6±0,75	8,3±0,68	8,7±0,70	8,8±0,69
70	<u>4,2±0,25</u>	<u>4,2±0,24</u>	<u>3,9±0,20</u>	<u>4,8±0,25</u>	<u>4,3±0,23</u>
	8,4±0,67	8,4±0,71	8,2±0,65	7,7±0,63	8,2±0,67

Толщина стенок поздних трахеид в среднем составляет 4,4 мкм, а диаметр внутренней полости – 9,4 мкм (табл. 4). С увеличением постосушительного периода отмечается тенденция снижения толщины стенок поздних трахеид и диаметра внутренней полости поздних трахеид. В неблагоприятный период (второе десятилетие после осушения) оба показателя уменьшаются на 9 и 15 % соответственно.

Появляется тенденция уменьшения диаметра внутренней полости поздних трахеид в приканальной полосе в 15-летних древостоях. Однако толщина стенок здесь увеличивается в среднем на 15 % по сравнению с межканальным пространством.

В 70-летних древостоях вблизи осушителя увеличиваются толщина стенок поздних трахеид и диаметр в трахеидах в среднем соответственно на 14 и 45 %. Статистическая обработка данных позволила выявить достоверные различия по данным показателям ($t = 2,5...3,8$).

Следовательно, в молодых древостоях отмечается тенденция к формированию более плотной поздней древесины в приканальной полосе, в приспевающих – в межканальном пространстве.

Если сравнивать микроскопическое строение поздней зоны древесины в древостоях разного возраста, то в межканальном пространстве достоверных различий не наблюдается. Вблизи осушителя в 70-летних древостоях толщина стенок поздних трахеид и диаметр внутренней полости трахеид увеличиваются соответственно на 6 и 37 % больше, чем в более молодых древостоях.

В ранней древесине вблизи осушителя в среднем закладывается на 3 ряда трахеид больше, чем в межканальном пространстве (табл. 5). В неблагоприятный по погодным условиям период в молодых и 70-летних древостоях закладывается соответственно на 8 и 3 ряда ранних трахеид меньше по сравнению с остальными годами. Это характерно как для приканального, так и межканального пространств.

Ранних трахеид в 15-летних древостоях образуется в 1,5 раза больше, чем в 70-летних.

Таблица 5

Структура ранней зоны древесины сосны по десятилетиям

Возраст древостоя на момент осушения, лет	Период осушения, лет				Среднее значение
	10	20	30	35	
10...20 м до осушителя					
15	<u>31,2*/20**</u> 28***	<u>28,5/27</u> 20	<u>29,9/18</u> 26	<u>23,3/21</u> 29	<u>28,2/22</u> 26
70	<u>32,7/20</u> 18	<u>31,6/23</u> 14	<u>30,7/18</u> 17	<u>28,1/23</u> 19	<u>30,8/21</u> 17
50...60 м до осушителя					
15	<u>27,5/20</u> 25	<u>27,6/21</u> 16	<u>24,7/20</u> 25	<u>22,8/21</u> 24	<u>25,7/21</u> 23
70	<u>29,3/19</u> 13	<u>28,8/17</u> 10	<u>26,5/19</u> 13	<u>25,7/20</u> 14	<u>27,6/19</u> 13

*Диаметр трахеид, мкм.

**Процент стенок от диаметра трахеиды.

***Число рядов трахеид, шт.

Таким образом, в межканальном пространстве при относительно стабильной доле стенок в диаметре ранних трахеид сам диаметр уменьшается, т. е. плотность ранней древесины здесь возрастает по сравнению с приканальной полосой.

Вблизи осушителя в среднем закладывается на 4 ряда поздних трахеид больше, чем в межканальном пространстве (табл. 6). В неблагоприятный период число рядов поздних трахеид уменьшается в среднем на 3.

В поздней древесине молодых древостоев образуется в 2 раза больше рядов трахеид, чем в 70-летних древостоях.

Доля стенок в диаметре поздних трахеид в 15-летних древостоях достоверно не изменяется, но отмечается тенденция ее увеличения вблизи осушителя по сравнению с межканальным пространством. В 70-летних древостоях вблизи осушителя данный показатель снижается в среднем на 6 %.

Таблица 6

Структура поздней зоны древесины сосны по десятилетиям

Возраст древостоя на момент осушения, лет	Период осушения, лет				Среднее значение
	10	20	30	35	
10...20 м до осушителя					
15	<u>19,7*/53**</u> 22**	<u>17,1/47</u> 19	<u>16,9/54</u> 23	<u>17,4/49</u> 19	<u>17,8/51</u> 21
70	<u>23,6/45</u> 13	<u>20,6/46</u> 10	<u>19,8/45</u> 14	<u>22,3/44</u> 12	<u>21,5/45</u> 12
50...60 м до осушителя					
15	<u>16,9/49</u> 20	<u>18,4/48</u> 13	<u>16,3/49</u> 19	<u>16,1/46</u> 15	<u>17,0/48</u> 17
70	<u>16,8/50</u> 10	<u>16,8/50</u> 7	<u>16,0/49</u> 9	<u>17,3/55</u> 9	<u>16,7/51</u> 9

Примечание. См. обозначения в табл. 5.

Доля стенок в диаметре ранних трахеид в среднем составляет 21 %, в диаметре поздних трахеид – 49 %. В неблагоприятный по погодным условиям период вблизи осушителя закладываются ранние трахеиды с большей толщиной стенок и меньшим просветом, в межканальном пространстве таких изменений не отмечается.

Следовательно, в молодых древостоях радиальный прирост больше, чем в 70-летних за счет двукратного увеличения числа рядов как ранних, так и поздних трахеид, но микроскопические параметры трахеид достоверно не различаются. В неблагоприятных как погодных, так и лесорастительных (избыточное увлажнение) условиях закладывается меньше рядов трахеид, что и обуславливает снижение радиального прироста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Блинцов И.К., Ипатьев В.А.* Влияние осушения торфяных почв на анатомическое строение древесины сосны // Лесн. журн. 1973. № 2. С. 16–18. (Изв. высш. учеб. заведений)
2. *Вихров В.Е.* Изменение крепости древесины в зависимости от процента поздней части годичного слоя и влажности // Сб. науч. тр. Архангельск: АЛТИ, 1949. С. 175–178.
3. Влияние осушения болот на анатомическое строение древесины сосны обыкновенной / В.П. Косарев, М.У. Умаров, И.Х. Стульнева, З.С. Эжиева // Лесн. журн. 1990. № 2. С. 127–130. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Кищенко И.Т., Асламова Т.Н.* Формирование годичного слоя ствольной древесины сосны в южной Карелии в связи с условиями местопроизрастания // Биологические проблемы Севера. Петрозаводск, 1976. С. 75–77.
5. *Матюшкина А.П., Коржицкая З.А., Козлов В.А.* Характеристика древесины сосны обыкновенной в зависимости от интенсивности роста // Лесные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 120–132.
6. *Мелехов И.С.* О качестве северной сосны. Архангельск, 1932. 20 с.
7. *Мелехов И.С., Мелехова Т.А.* Влияние осушения болотных сосняков на формирование древесины // Лесн. журн. 1958. № 4. С. 16–28. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Полубояринов О.И., Елпатьевский М.П.* Изменение показателей качества сосновой древесины под влиянием осушения // Гидромелиорация и рациональное природопользование. Л., 1982. С. 75–78.
9. *Тюкавина О.Н.* Структура годичного кольца сосны в северных осушенных сосняках // Вестн. Помор. ун-та, 2004. № 1(5). С. 72–77.
10. *Феклистов П.А., Тюкавина О.Н.* Прирост и структура годичного кольца в сосняках кустарничково-сфагновых осушенных // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 6. Архангельск, 2003. С. 66–69.
11. *Rendle B.J., Phillips E.W.J.* The effect of rate of growth (ring width) on the density of softwoods / B.J. Rendle, E.W.J. Phillips // Forestry. 1958. № 2. P. 113–120.

Поступила 11.11.09

Influence of Drainage on the Structure of Pine Annual Rings

O.N. Tyukavina, Candidate of Agriculture, Associate Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 163002,
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, Russia
E-mail: o.tukavina@narfu.ru

The quality of pine wood is determined by its mechanical properties which in their turn depend on the annual ring structure, or more exactly on the content of latewood. The best technical qualities are found in trees with prevailing latewood. However, with the same share of latewood tracheids there may take place some qualitative changes due to increased thickness of their wall. Different forest product companies require raw wood of certain quality. It is therefore necessary to create a data bank on the impact of environmental factors on the morphological and anatomical structure of timber.

Objectives of our research:

- to study the influence of forest drainage on radial growth dynamics;
- to consider changes in the width of early- and latewood;
- to analyze the impact of hydromelioration on the latewood in the annual ring;
- to study the anatomical structure of wood under various hydrological conditions.

The structure of growth rings was studied in uneven-aged shrub-sphagnum pine forests. This type of forest is the most common one among Arkhangelsk pine forests.

According to our research, forest drainage greatly facilitates the diameter growth of trees. In young stands it happens already during the year of drainage, while in maturing and mature forests during the second year. In 15-year-old stands the maximum radial growth is observed after 3 years since draining, in 70-year-olds after 6 years, in 100-year-old stands after 8 years. The first decade following the drainage is characterized by a maximum radial growth in pine trees.

Both early- and latewood in the annual ring grow wider after draining. The share of latewood is rather stable (in relation to the total width of the annual ring) and ranges from 29 to 37 %. Radial growth depends on the number of rows of early and late tracheids. Better waterair conditions of peat soils do not lead to significant changes in microscopic parameters of tracheids.

Radial growth is more significant in young stands than in 70-year-old ones due to the fact that young stands have two times more rows of tracheids, both early and late. Trees of different ages showed no significant differences in microscopic parameters.

Conclusion:

Forest drainage facilitates radial growth both in early- and latewood.

The share of latewood in annual rings is stable.

Radial growth after drainage depends on the number of rows of early and late tracheids.

Keywords: drained pine forest, pine annual ring, quality of wood.

REFERENCES

1. Blintsov I.K., Ipat'ev V.A. Vliyanie osusheniya torfyanykh pochv na anatomicheskoe stroenie drevesiny sosny [Influence of Peat Soil Drainage on the Anatomical Structure of Pine Wood]. *Lesnoy zhurnal*, 1973, no. 2, pp.16–18.

2. Vikhrov V.E. Izmenenie kreposti drevesiny v zavisimosti ot protsenta pozdneychasti godichnogo sloya i vlazhnosti [Changes in the Strength of Wood, Depending on the Share of the Late Part of the Annual Ring and Humidity]. *Sb.nauch.tr.* [Collected Papers]. Arkhangelsk, 1949, pp. 175–178.

3. Kosarev V.P., Umarov M.U., Stul'neva I.Kh., Ezhieva Z.S. Vliyanie osusheniya bolot na anatomicheskoe stroenie drevesiny sosny obyknovennoy [The Influence of Wetland Drainage on the Anatomical Structure of Scots Pine Wood]. *Lesnoy zhurnal*, 1990, no. 2, pp. 127–130.

4. Kishchenko I.T., Aslamova T.N. Formirovanie godichnogo sloya stvolovoy drevesiny sosny v yuzhnoy Karelii v svyazi s usloviyami mestoproizrastaniya [Annual Ring Formation in Pine Stem Wood in Southern Karelia Depending on the Site Conditions]. *Biologicheskie problemy Severa* [Biological Problems of the North]. Petrozavodsk, 1976, pp. 75–77.

5. Matyushkina A.P., Korzhitskaya Z.A., Kozlov V.A. Kharakteristika drevesiny sosny obyknovennoy v zavisimosti ot intensivnosti rosta [Pine Wood Properties Depending on the Intensity of Growth]. *Lesnye resursy Karelii* [Forest Resources of Karelia]. Petrozavodsk, 1974, pp. 120–132.

6. Melekhov I.S. *O kachestve severnoy sosny* [On the Quality of Northern Pine]. Arkhangelsk, 1932.

7. Melekhov I.S., Melekhova T.A. Vliyanie osusheniya bolotnykh sosnyakov na formirovanie drevesiny [Influence of Drainage of Marshy Pine Forests on Wood Formation]. *Lesnoy zhurnal*, 1958, no. 4, pp. 16–28.

8. Poluboyarinov O.I., Elpat'evskiy M.P. Izmenenie pokazateley kachestva sosnovoy drevesiny pod vliyaniem osusheniya [Changes in the Quality of Pine Wood Due to Drainage]. *Gidromelioratsiya i ratsional'noe prirodopol'zovanie* [Hydromelioration and Environmental Management]. Leningrad, 1982, pp. 75–78.

9. Tyukavina O.N. Struktura godichnogo kol'tsa sosny v severnykh osushennykh sosnyakakh [The Structure of Annual Rings in Drained Pine Forests in the North]. *Vestnik Pomorskogo universiteta*, 2004, no. 1 (5), pp. 72–77.

10. Feklistov P.A., Tyukavina O.N. Prirost i struktura godichnogo kol'tsa v sosnyakakh kustarnichkovo-sfagnovykh osushennykh [The Growth and Structure of Annual Ring in Drained Shrub-Sphagnum Pine Forests]. *Ekologicheskie problemy Severa: Mezhevuz. sb. nauch. tr.* [Ecological Problems of the North: Interuniversity Collected Papers]. Iss. 6. Arkhangelsk, 2003, pp. 66–69.

11. Rendle B.J., Phillips E.W.J. The Effect of Rate of Growth (Ring-Width) on the Density of Softwoods. *Forestry*, 1958, no. 2, pp. 113–120.
