



DOI 10.21178/2079-6080.2019.2.23
УДК 630*813:630*385.1:630*237.4

Химический состав древесины плантационных культур сосны, созданных с разной исходной плотностью на осушенной торфяной почве

© Я.А. Неронова

The chemical composition of wood in pine crops planted at different densities on drained peat soil

Ya.A. Neronova (Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences)

The chemical composition of wood was studied in 40-year-old pine crops originally planted at different densities on drained peat soil in 1973. We observed how mineral fertilizer and herbicides modified wood composition in pine crops planted on drained peat soil over a 30-year period. The content of cellulose, lignin and resinous substances in the wood were determined at 10-year intervals starting with the age of 7 years. Sawn sections of model trees from each variant of stocking density were taken for analysis. The experimental design included plots treated with mineral fertilizers only, fertilizers and herbicides, as well as control plots. Resinous content was determined by accelerated extraction, lignin content – by the sulfuric acid method modified by Komarov, cellulose – by Kürschner-Hoffer method. A tendency was detected during the study that cellulose content in pine wood in planted crops decreased as the crop density increased, the reason being a change in the wood anatomical structure. Wood in denser pine crops had a higher lignin content. Wood in the pine crops was getting less resinous with age in all variants of the experiment. These data can be of value in the case such timber is used in the chemical industry. The patterns of change in cellulose, lignin and resinous substances content in the wood differed among pine crops planted at different original densities (one, two, or four thousands plants per ha). The data obtained in this study can be taken into account in the practices of using pine wood planted at different densities on drained peat soil in the chemical industry.

Key words: pine crops, forest drainage, mineral fertilizers, herbicides, lignin, resinous substances

Химический состав древесины плантационных культур сосны, созданных с разной исходной густотой на осушенной торфяной почве

Я.А. Неронова

Исследован химический состав древесины 40-летних плантационных культур сосны, созданных с различной исходной густотой на осушенной в 1973 году торфяной почве. Изучено влияние применения минеральных удобрений и гербицидов на изменения, происходящие в составе древесины культур сосны, созданных на осушенной торфяной почве, в течение 30-летнего периода наблюдений. Определено содержание целлюлозы, лигнина и смолистых веществ, в древесине культур сосны по десятилетиям роста с 7-летнего возраста. Исследования проведены на спилах модельных деревьев в каждом варианте густоты. По схеме опыта выделены секции с применением минеральных удобрений, гербицидов и контрольные участки.

Содержание смолистых веществ определено экстракцией древесины ускоренным методом; лигнина – методом в модификации Комарова с использованием серной кислоты; целлюлозы – по методу Кюршнера и Хоффера. В ходе исследования выявлена тенденция к снижению содержания целлюлозы в древесине плантационных культур сосны с повышением густоты культур, что связано с изменением анатомического строения древесины. В древесине культур сосны большей густоты отмечено более высокое содержание лигнина. С увеличением возраста культур сосны разной густоты происходит снижение смолистости древесины во всех вариантах опыта. В древесине культур сосны, созданных с различной исходной густотой (1, 2, 4 тыс. шт./га), содержание целлюлозы, лигнина и смолистых веществ изменяется различным образом. Полученные в ходе проведенных исследований данные могут быть учтены и использованы при практическом применении древесины сосны, выращенной в культурах с различной исходной густотой на осушенной торфяной почве, в химической промышленности.

Ключевые слова: культуры сосны, гидролесомелиорация, минеральные удобрения, гербициды, целлюлоза, лигнин, смолистые вещества

Неронова Яна Анатольевна – старший инженер лесного хозяйства лаборатории динамики и продуктивности таежных лесов

E-mail:neronovaya@mail.ru

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр Российской академии наук”

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11

Введение

Древесина состоит из структурных элементов, различным образом распределенных и отличающихся по анатомическому строению и химическому составу.

В состав стенки трахеид входит целлюлоза, ряд нецеллюлозных полисахаридов и лигнин [2, 6, 7]. Механическая прочность древесины и трахеид определяется содержанием целлюлозы, поэтому ее называют основным веществом оболочек трахеид. В соединении с лигнином и гемицеллюлозами ее содержание в клетке составляет от 32 до 56% от общей массы растительной ткани в целом. Условия произрастания оказывают непосредственное влияние на качество бумаги и другой продукции, получаемой из целлюлозоволокнистых полуфабрикатов.

В состав клеточной стенки трахеид также входит связанный с углеводами лигнин. Образование и накопление лигнина в стенках трахеид, приводящее к одревеснению, происходит в результате естественных физиологических процессов в древесине [2, 5]. Можно отметить, что при прессовании древесных материалов лигнин является веществом, придающим плотность брикету, однако, при глубокой переработке древесины, в частности на целлюлозно-бумажных и гидролизных производствах, он выделяется как побочный продукт.

Смола в древесине хвойных содержится в смоляных ходах, смоляных клетках коры, а также в стенках трахеид. Густота смоляных ходов находится в обратно пропорциональной зависимости от ширины годичных слоев [9].

Древесина на ранней и поздней стадии развития имеет разный химический состав. Ранняя древесина отличается большим содержанием лигнина и меньшим количеством целлюлозы по сравнению с поздней древесиной [8]. Имеются сведения, объясняющие наибольшее количество лигнина в ранней древесине большей площадью срединной пластинки. Данные С.И. Ванина опровергают это предположение мнением о значительной толщине оболочки и срединной пластинки в

поздней древесине при равном соотношении между этими слагающими клеточную стенку оболочками. Несмотря на то, что наибольшее количество смоляных ходов сосредоточено в поздней древесине, высокое содержание смоляных веществ характерно для ранней древесины. Это можно объяснить пропитыванием смолой клеточных стенок ранних трахеид сосны [4].

Механические свойства древесины обычно объясняют только анатомическим строением структурных элементов. Однако известно, что прочностные характеристики получаемой древесины зависят также и от химического состава клеточных стенок трахеид. В некоторых случаях древесина с очень высокими показателями прочности может оказаться хрупкой при термической обработке. Таким образом, изучение химического состава древесины плантационных культур сосны, созданных с различной исходной густотой на осушенной торфяной почве, после применения минеральных удобрений и гербицидов, является актуальным вопросом и представляет большой интерес.

Объекты и методика исследований

Цель работы – исследовать влияние применения минеральных удобрений и гербицидов на химический состав древесины культур сосны, созданных с различной исходной густотой на осушенных торфяных почвах.

Объект исследования – 40-летние плантационные культуры сосны на осушенной переходной торфяной почве, созданные с разной исходной густотой.

Схема опыта включает в себя 3 варианта по три секции. В каждом варианте по густоте посадки (1, 2 и 4 тыс. шт./га) выделены секции с применением минеральных удобрений, гербицидов с удобрениями и контрольные участки.

В 1973 году была проведена гидролесомелиорация. Расстояние между каналами 120 метров. Мощность торфяной залежи в пределах участка соответствует 90–120 см.

Степень разложения торфа – 15–30%, зольность почвы составляет 6–8%. Культуры созданы посадкой 3-летних сеянцев сосны в плужные пласты под меч Колесова весной 1977 г. Расстояние между рядами культур – 3 м, между центрами борозд – 6 м. Все борозды выведены в осушитель [3].

На 2-й и 5-й годы роста культур применялся бутиловый эфир 2,4-Д для уничтожения поросли лиственных пород. Азотные и фосфорные удобрения вносились на 2-й год выращивания из расчета $N_{50}P_{50}$, на 5-й год – из расчета $N_{100}P_{100}K_{100}$, на 10-й год – в дозе $N_{100}P_{200}K_{100}$ по д.в.

Для устранения конкуренции с травянистой растительностью применялись гербициды: на 2-й год роста – пропазин (7 кг/га по д.в.), на 4-й – пропазин (7 кг/га по д.в.) с дипиридилфосфатом (2,5 кг/га по д.в.), на 5-й – велпар (7 кг/га по д.в.) [3].

Исследования культур проводились согласно общепринятым в лесной таксации методам [1]. На пробных площадях производился сплошной пересчет деревьев с измерением диаметра ствола на высоте 1,3 м. Спилы для химического анализа древесины отбирались с модельных деревьев в каждом варианте на вы-

соте 0,2 м.

Количество смолистых веществ определялось ускоренным методом экстракции древесины; лигнина – с использованием серной кислоты методом в модификации Комарова; целлюлозы – по методу Кюршнера и Хоффера. Исследования проводились сотрудниками аналитической лаборатории Института леса Кар НЦ РАН.

Результаты и их обсуждение

В древесине культур сосны, созданных густотой 1 тыс. шт./га, под влиянием действия удобрений и гербицидов повышается содержание целлюлозы и лигнина в течение их роста по десятилетиям (табл. 1, 2). Внесение минеральных удобрений достоверно увеличило содержание целлюлозы в древесине на треть десятилетия роста культур сосны на 3% по сравнению с первым десятилетним периодом, что связано с произошедшим к этому времени изменением анатомического строения древесины. Применение гербицидов совместно с удобрениями при данной густоте вызвало постепенное повышение содержания целлюлозы на 19% при сравнении тех же периодов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание целлюлозы в древесине 40-летних плантационных культур сосны разной исходной густоты на осушенной торфяной почве

Вариант опыта	Содержание целлюлозы в древесине в зависимости от возраста культур, %							
	7–17 лет		18–28 лет		29–37 лет		Среднее	
	<i>t</i>		<i>t</i>		<i>t</i>		<i>t</i>	
Густота 1 тыс. шт./га								
Контроль	$46,4 \pm 1,79$	-	$46,7 \pm 0,25$	-	$47,2 \pm 0,27$	-	$46,7 \pm 0,23$	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	$41,8 \pm 1,17$	0,38	$32,6 \pm 7,02$	4,0	$43,2 \pm 8,15^*$	2,66	$39,2 \pm 3,32^*$	4,64
	90,1		69,9		91,6		83,9	
Удобрения гербициды	$41,3 \pm 0,70$	0,42	$47,7 \pm 0,38$	0,30	$49,0 \pm 0,33$	1,23	$46,0 \pm 2,38$	0,45
	89,1		102,3		103,9		98,4	
Густота 2 тыс. шт./га								
Контроль	$35,8 \pm 5,10$	-	$39,7 \pm 6,61$	-	$40,6 \pm 6,84$	-	$38,7 \pm 1,47$	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	$37,3 \pm 2,43$	0,12	$47,4 \pm 0,81$	2,19	$34,9 \pm 7,20^*$	3,80	$39,9 \pm 3,83$	0,75
	104,1		119,4		86,0		103,1	

Вариант опыта	Содержание целлюлозы в древесине в зависимости от возраста культур, %							
	7–17 лет	<i>t</i>	18–28 лет	<i>t</i>	29–37 лет	<i>t</i>	Среднее	<i>t</i>
Удобрения	<u>43,2±3,33</u>	0,61	<u>38,9±7,28</u>	0,23	<u>26,1±0,59*</u>	9,67	<u>36,1±5,13</u>	1,61
гербициды	120,7		98		64,4		93,3	
Густота 4 тыс. шт./га								
Контроль	<u>42,8±0,40</u>	-	<u>47,8±0,10</u>	-	<u>41,0±6,65</u>	-	<u>43,9±2,03</u>	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	<u>24,8±0,71</u>	1,49	<u>32,3±6,25*</u>	4,41	<u>26,3±0,45*</u>	9,85	<u>27,8±2,29*</u>	9,90
	57,9		67,6		64,1		63,4	
Удобрения	<u>34,3±6,83</u>	0,71	<u>33,9±6,61*</u>	3,95	<u>41,7±6,77</u>	0,47	<u>36,6±2,53*</u>	4,45
гербициды	80,1		71,0		101,7		83,5	

Примечание. Числитель – содержание целлюлозы в древесине (%), знаменатель – проценты от контроля; * – различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$).

Содержание лигнина в древесине культур сосны, с исходной густотой 1 тыс. шт./га, после внесения минеральных удобрений достоверно увеличилось уже во второе десятилетие их роста на 47% с достоверным понижением в

дальнейшем (–19%). Применение гербицидов на данном участке существенно не повлияло на содержание лигнина (табл. 2).

Таблица 2

Содержание лигнина в древесине 40-летних плантационных культур сосны разной исходной густоты на осушенной торфяной почве

Вариант опыта	Содержание лигнина в древесине в зависимости от возраста культур, %							
	7–17 лет	<i>t</i>	18–28 лет	<i>t</i>	29–37 лет	<i>t</i>	Среднее	<i>t</i>
Густота 1 тыс. шт./га								
Контроль	<u>24,2±0,34</u>	-	<u>25,7±0,15</u>	-	<u>26,3±0,34</u>	-	<u>25,4±0,63</u>	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	<u>28,3±0,47</u>	0,34	<u>41,5±6,82*</u>	4,51	<u>33,5±7,08*</u>	4,82	<u>34,4±3,84*</u>	5,55
	116,9		161,8		127,3		136,5	
Удобрения	<u>25,2±0,50</u>	0,08	<u>27,1±0,1</u>	0,41	<u>26,6±0,2</u>	0,18	<u>26,3±0,57</u>	0,56
гербициды	104,1		105,7		101		103,6	
Густота 2 тыс. шт./га								
Контроль	<u>29,7±7,22</u>	-	<u>32,3±6,63</u>	-	<u>32,2±6,75</u>	-	<u>31,6±4,57</u>	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	<u>26,0±3,30</u>	0,3	<u>25,4±0,23*</u>	2,11	<u>41,6±6,45*</u>	6,3	<u>31,0±5,3</u>	0,37
	87,6		77,4		129,2		98,1	
Удобрения	<u>25,0±0,55</u>	0,39	<u>35,0±7,48</u>	0,63	<u>48,4±0,61*</u>	10,9	<u>36,1±6,78*</u>	2,80
гербициды	84,3		106,7		150,5		114,4	
Густота 4 тыс. шт./га								
Контроль	<u>26,4±0,15</u>	-	<u>30,3±1,05</u>	-	<u>33,1±6,29</u>	-	<u>29,9±1,95</u>	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	<u>44,2±0,68</u>	1,48	<u>42,6±6,43*</u>	3,51	<u>45,1±3,83*</u>	8,0	<u>44,0±0,71*</u>	8,67
	167,4		140,7		136		147,1	

Вариант опыта	Содержание лигнина в древесине в зависимости от возраста культур, %							
	7–17 лет	<i>t</i>	18–28 лет	<i>t</i>	29–37 лет	<i>t</i>	Среднее	<i>t</i>
Удобрения	$36,9 \pm 6,25$	0,87	$38,6 \pm 6,57^*$	2,37	$33,8 \pm 6,85$	0,45	$36,4 \pm 1,41^*$	4,02
гербициды	139,7		127,5		102,0		121,8	

Примечание. Числитель – содержание лигнина в древесине (%), знаменатель – проценты от контроля; * – различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$).

В культурах с исходной густотой 2 и 4 тыс. шт./га во второе десятилетие роста после применения минеральных удобрений произошло повышение содержания целлюлозы и снизилось количество лигнина, в последующие годы картина меняется противоположным образом, что объясняется различным соотношением ранней и поздней древесины. При этом увеличение количества целлюлозы составило: при густоте 2 тыс. шт./га 27%, при густоте 4 тыс. шт./га – 30%, с последующим достоверным понижением: при густоте 2 тыс. шт./га на 26%, при густоте 4 тыс. шт./га – на 19% (табл. 1).

В третьем десятилетии роста этих культур наблюдается достоверное повышение содержания лигнина в древесине на 60% и 2% (табл. 2). При практическом применении такой древесины необходимо учитывать, что повышенное содержание лигнина определяет возрастание твердости и стойкости к гниению, но затраты на варку бумажной массы увеличиваются.

Также анализировались результаты, полученные при применении удобрений в комплексе с гербицидами. Такой вариант опыта

на участке с исходной густотой 2 тыс. шт./га вызывает постепенное снижение содержания целлюлозы и увеличение количества лигнина по мере роста культур – на 94%.

В культурах большей густоты (4 тыс. шт./га) применение удобрений совместно с гербицидами во второе десятилетие вызвало формирование древесины с пониженным содержанием целлюлозы (–1%) и повышенным – лигнина (+5%), а в третьем десятилетии, наоборот, увеличилось количество целлюлозы (+22%) и снизилось количество лигнина (–8%) (табл. 1, 2).

Средние данные также говорят о меньшем содержании целлюлозы в древесине сосны с увеличением густоты, что связано с изменением ее анатомического строения, и о более высоком содержании лигнина при примерно одинаковом количестве в течение периода роста на контрольных участках. Данное обстоятельство может быть учтено при использовании такой древесины в химической промышленности и при брикетировании материалов.

С увеличением возраста культур сосны происходит снижение смолистости древесины во всех вариантах опыта (табл. 3).

Таблица 3

Содержание смолистых веществ в древесине 40-летних плантационных культур сосны разной исходной густоты на осушенной торфяной почве

Вариант опыта	Содержание смолистых веществ в древесине в зависимости от возраста культур, %							
	7–17 лет	<i>t</i>	18–28 лет	<i>t</i>	29–37 лет	<i>t</i>	Среднее	<i>t</i>
Густота 1 тыс. шт./га								
Контроль	$6,0 \pm 1,03$	-	$4,2 \pm 1,02$	-	$3,0 \pm 0,52$	-	$4,4 \pm 0,88$	-
	100,0		100,0		100,0		100,0	
Удобрения	$5,4 \pm 1,83$	0,05	$3,0 \pm 0,84$	0,32	$2,1 \pm 0,41$	0,61	$3,5 \pm 0,98$	0,55
	89,7		72,8		69,5		79,7	

Удобрения гербициды	$\frac{11,9 \pm 0,46}{198,8}$	0,49	$\frac{4,9 \pm 0,03}{116,8}$	0,20	$\frac{4,6 \pm 0,02}{152,7}$	1,05	$\frac{7,1 \pm 2,4}{162,3}$	1,68
Густота 2 тыс. шт./га								
Контроль	$\frac{10,0 \pm 3,19}{100,0}$	-	$\frac{3,8 \pm 1,19}{100,0}$	-	$\frac{3,7 \pm 0,81}{100,0}$	-	$\frac{5,8 \pm 2,07}{100,0}$	-
Удобрения	$\frac{11,9 \pm 3,88}{119,6}$	0,16	$\frac{4,1 \pm 0,59}{106,8}$	0,07	$\frac{1,6 \pm 0,22}{43,1}$	1,40	$\frac{5,9 \pm 3,11}{100,7}$	0,02
Удобрения гербициды	$\frac{8,1 \pm 2,41}{81,5}$	0,15	$\frac{3,2 \pm 0,90}{83,5}$	0,18	$\frac{1,8 \pm 0,37}{48,5}$	1,27	$\frac{4,4 \pm 1,92}{75,0}$	0,89
Густота 4 тыс. шт./га								
Контроль	$\frac{10,4 \pm 1,30}{100,0}$	-	$\frac{3,2 \pm 0,02}{100,0}$	-	$\frac{3,3 \pm 0,29}{100,0}$	-	$\frac{5,6 \pm 2,39}{100,0}$	-
Удобрения	$\frac{6,8 \pm 2,61}{65,0}$	0,30	$\frac{2,2 \pm 0,35}{69,3}$	0,28	$\frac{1,3 \pm 1,16}{40,1}$	1,32	$\frac{3,4 \pm 1,69}{60,9}$	1,35
Удобрения гербициды	$\frac{3,4 \pm 0,46}{33,0}$	0,58	$\frac{3,1 \pm 1,56}{97,8}$	0,02	$\frac{1,8 \pm 0,69}{55,3}$	0,98	$\frac{2,8 \pm 0,5}{49,6}$	1,75

Примечание. Числитель – содержание смолистых веществ в древесине (%), знаменатель – проценты от контроля; * – различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$).

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В древесине сосны в культурах с исходной густотой 1 тыс. шт./га под действием вносимых минеральных удобрений и гербицидов повышается содержание целлюлозы и лигнина в течение их роста по десятилетиям.

2. Применение минеральных удобрений в культурах с густотой 2 и 4 тыс. шт./га во втором десятилетии роста приводит к повышению содержания целлюлозы и снижению количества лигнина в древесине. В последующие годы картина меняется противоположным образом, что связано с различным соотношением ранней и поздней древесины.

3. С увеличением густоты плантационных культур сосны, созданных на осушенной торфяной почве, отмечена тенденция к снижению содержания целлюлозы в древесине, независимо от вида применяемого ухода.

4. Содержание лигнина в древесине сосны в культурах, созданных на осушенной тор-

фяной почве, повышается прямо пропорционально увеличению густоты культур (1, 2, 4 тыс. шт./га).

5. Отмечается снижение смолистости древесины с повышением возраста культур сосны, созданных с различной густотой на осушенной торфяной почве.

Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод о тесной связи химического состава древесины сосны обыкновенной в плантационных культурах на осушенной торфяной почве с ее анатомическим строением, соотношением ранней и поздней древесины, оказывающим прямое влияние на прочность древесины. Полученные данные по содержанию целлюлозы, лигнина и смолистых веществ можно учитывать при практическом применении такой древесины.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин.– М.: Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
2. Бейнарт, И.И. Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии / И.И. Бейнарт, Н.А. Ведерников, В.С. Громов, Г.Ф. Закис, Р.Э. Рейзинь, В.Н. Сергеева, П.П. Эриньш и др. Рига: Зинатне, 1972. – 510 с.
3. Бердников, И.А. Опытные плантационные культуры сосны обыкновенной на осушаемых переходных болотах в Карелии / И.А. Бердников // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: Материалы II Международной научно-практической конференции, 06–07 февраля 2012 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». Ч. 2. СПб.: СПбНИИЛХ, 2012. – С. 57–63.
4. Ванин, С.И. Древесиноведение / И.С. Ванин. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 472 с.
5. Ефремов, С.П. Формирование пионерных древостоев на осушенных болотах южнотаежной подзоны Западной Сибири / С.П. Ефремов: Автореферат дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 1987. – 50 с.
6. Коржицкая, З.А. Изменение свойств древесины под влиянием лесохозяйственных мероприятий / З.А. Коржицкая, А.П. Матюшкина // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: Петрозаводск, 1980. – С. 5–33.
7. Москалева, В.Е. Строение древесины и ее изменение при физических и механических воздействиях / В.Е. Москалева. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957. – 168 с.
8. Рябчук, В.П. Строение древесины сосны обыкновенной повышенной смолопродуктивности / В.П. Рябчук, Л.С. Осадчук, Т.В. Юскевич, Я.В. Максис // Строение, свойства и качество древесины – 2000: Мат. 3-го междунар. симпоз. Петрозаводск, 2000. – С. 78–81.
9. Суханов, В.И. Смолопродуктивность осушенных вологодских сосняков / В.И. Суханов, Н.А. Дружинин, П.С. Бобрецов // Ведение хозяйства на осушенных землях: Сб. науч. тр. /Редкол.: Константинов В.К. (отв.ред.) и др. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. – С. 45–51.

REFERENCES

1. Anuchin N.P. Lesnaya taksaciya [Forest inventory]. Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1982, 552 p. (In Russian)
2. Beynart I. I., Vedernikov N.A., Gromov B.C., Zakis G.F., Reyzin R.E., Sergeyeva V.N., Erinsh P.P. Kletochnaya stenka drevesiny i ee izmeneniya pri khimicheskom vozdeystvii. Riga, Zinatne, 1972, 510 p. (In Russian)
3. Berdnikov I.A. Opytnye plantacionnye kul'tury sosny obyknovЕННОj na osushaemykh perekhodnykh bolotah v Karelii. *Innovacii i tekhnologii v lesnom hozyajstve. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Saint Petersburg, 2012, pp. 57–63. (In Russian)
4. Vanin S.I. Drevesinovedenie. Moscow-Leningrad, 1949, 472 p. (In Russian)
5. Efremov S.P. Formirovanie pionernyh drevostoev na osushennykh bolotah yuzhnotaеzhnoj podzony Zapadnoj Sibiri. Avtoreferat dis.... d-ra biol. nauk. Krasnoyarsk, 1987, 50 p. (In Russian)
6. Korzhickaya Z.A., Matyushkina A.P. Izmenenie svojstv drevesiny pod vliyaniem lesohozyajstvennykh meropriyatij. *Vliyanie uslovij proizrastaniya i lesohozyajstvennykh meropriyatij na svojstva drevesiny i cellyulozy*, Petrozavodsk, 1980, pp. 5–33. (In Russian)
7. Moskaleva V.E. Stroenie drevesiny i ee izmenenie pri fizicheskikh i mekhanicheskikh vozdejstviyah. Moscow, 1957, 168 p. (In Russian)
8. Ryabchuk V.P., Osadchuk L.S., Yuskevich T.V., Maksish Ya.V. Stroenie drevesiny sosny obyknovЕННОj povyshennoj smoloproduktivnosti. *Stroenie, svojstva i kachestvo drevesiny – 2000. Mat. 3-go mezhdunar. simpoz.* Petrozavodsk, 2000, pp. 78–81. (In Russian)
9. Suhanov V.I., Druzhinin N.A., Bobrecov P.S. Smoloproduktivnost' osushennykh vologodskih sosnyakov. *Vedenie hozyajstva na osushennykh zemlyah*. Sb. nauch. tr. / Redkol.: Konstantinov V.K. (otv. red.). Leningrad, LenNIILH, 1986, pp. 45–51. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 30.04.2019