

УДК 630*161.4:630*174.754

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32

ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛА *PICEA ABIES* (L.) KARST. В РАЗНЫХ ТИПАХ СООБЩЕСТВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН

Петрозаводский государственный университет, просп. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185035; e-mail: ivanki@karelia.ru

При изучении биологической продуктивности древостоев наибольшее внимание уделяется древесине стволов лесообразующих видов коренных типов лесных сообществ. Для установления влияния условий местопроизрастания на анатомические показатели древесины ствола *Picea abies* (L.) Karst. в 2014 г. нами проведены исследования в средней подзоне тайги (Южная Карелия). Объектами исследований служили наиболее распространенные в данном регионе типы лесных сообществ. Заложено 5 пробных площадей, на каждой из которых выбрано по 20 учетных деревьев II-III классов роста и развития (по Крафту). Высечки древесины ствола отобраны в конце вегетационного периода на высоте 1,3 м, проанализированы приросты за последние 3 года. Из высечек готовили препараты, на которых в трех местах измеряли ширину годичного кольца, ширину зоны поздней древесины и число трахеидных рядов. Установлено, что с ухудшением условий местопроизрастания качество древесины снижается, ширина годичного кольца уменьшается. Последний показатель в ельнике кисличном составляет 3,59 мм, что на 3,6; 5,6; 8,8 и 11,6 % выше, чем в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом. Кроме того, в ельнике кисличном формируется большее число трахеидных рядов (51 шт.) по сравнению с ельниками черничным, брусничным, болотно-травяным и сфагновым соответственно на 5,9; 15,7; 20,0 и 27,5 %, а также наибольшая ширина зоны поздней древесины (1,37 мм). Последний показатель в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом меньше соответственно на 7,9; 13,6; 20,0 и 28,6 %. При формировании годичного кольца доля поздней древесины максимальной величины достигает в ельнике кисличном (38,9 %), а в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом она составляет соответственно 37,1; 36,0; 34,6 и 34,1 %.

Ключевые слова: *Picea abies* (L.) Karst., анатомия, годичное кольцо, древесина, типы леса.

Введение

При изучении биологической продуктивности древостоев наибольшее внимание уделяется древесине стволов лесообразующих видов коренных типов лесных сообществ. При этом исследуются как количественные, так и качественные показатели анатомического строения древесины ствола. Такими надежными критериями качества древесины являются доля поздней древесины, толщина клеточных оболочек и размеры трахеид, формирующих у хвойных растений более 90 % массы ствола.

В отечественной и зарубежной литературе количественным показателям прироста древесины ствола хвойных растений всегда уделялось большое внимание [1–4, 6, 7, 10, 12–22]. Установлено, что технические свойства древесины

Для цитирования: Кищенко И.Т. Формирование древесины ствола *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах сообществ таежной зоны // Лесн. журн. 2019. № 1. С. 32–39. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32

во многом определяются особенностями ее анатомического строения. При этом авторы подчеркивают, что судить о качестве древесины только по ее анатомическим показателям некорректно, а необходимо изучать ее физико-механические свойства, помня о том, что между первыми и вторыми существуют вполне определенные зависимости. Все эти характеристики древесины связаны в основном с особенностями биологии вида растений и экологическими условиями их произрастания [1–4, 6, 7, 10, 12–22]. Условия произрастания обусловлены как погодными факторами, так и конкретными особенностями среды данного фитоценоза. Поэтому анатомические показатели древесины ствола должны изучаться как во всех растительных зонах, так и во всех типах лесных сообществ. Подобные исследования в таежной зоне России носят фрагментарный характер.

Цель наших исследований – установить влияние условий местопроизрастания на анатомические показатели древесины ствола ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) в таежной зоне (Южная Карелия).

Объекты и методы исследования

Работы проводили в средней подзоне тайги (Южная Карелия, Суоярвский муниципальный район, 61°55' с. ш., 32°49' в. д.) в 2014 г. Объектами исследования служили древостои ельников кисличного, черничного, брусничного, болотно-травяного и сфагнового типов, наиболее распространенных среди лесных сообществ данного региона (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика древостоев в разных типах еловых сообществ

Тип сообщества	Средний возраст, лет	Состав пород	Средние		Относительная полнота	Класс бонитета	Число стволов, шт.	Запас древесины в коре, м ³
			высота, м	диаметр ствола, см				
Ельник кисличный	51	10Е	15,7	14,8	0,9	I.6	1280	238
Е. черничный	55	10Е+Б	16,7	16,2	0,8	II.1	1367	243
Е. брусничный	53	9Е1Б	16,1	15,9	0,7	II.4	1276	231
Е. болотно-травяной	54	10Е	11,7	13,7	0,8	III.2	1988	131
Е. сфагновый	59	8Е2Б	10,9	10,5	0,6	V.0	2338	92

На склоне песчаных возвышений (на абрупте) почвы сравнительно плодородные (супесчаные). Связано это с тем, что туда поступают растворы минеральных элементов из вышележащих биогеоценозов с поверхностным и внутрипочвенным стоками, а также с грунтовыми водами [11]. Здесь создаются условия для сравнительно хорошего роста фитоценозов ельников кисличного, черничного и брусничного I и II классов бонитета.

По берегам рек формируются заболоченные почвы с проточным увлажнением, достаточно хорошо обеспечивающие корни растений минеральными солями и кислородом. Тут произрастают фитоценозы ельника болотно-травяного III класса бонитета.

Режим увлажнения в пониженных элементах рельефа (на плакате) обусловлен выпадающими атмосферными осадками, притоком воды с вышеле-

жащих территорий и выходами грунтовых вод. Сюда по склону поступает значительное количество минеральных и органических веществ, которые, однако, усваиваются растениями с трудом из-за недостатка кислорода вследствие застойного увлажнения. На торфянисто-подзолисто-глеевых почвах, крайне неблагоприятных для роста леса (IV-V классы бонитета), формируются фитоценозы ельника сфагнового.

В связи с этим произрастающие в разных экологических условиях деревья одного вида очень заметно отличаются по различным таксационным показателям, в том числе и по продуктивности. Поэтому тип лесного сообщества является надежным интегральным показателем, характеризующим различия в интенсивности протекания биопродукционных процессов.

Закладку пробных площадей (ПП) и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам [8, 9]. Заложено 5 ПП, на каждой из которых выбрано по 20 учетных деревьев II-III классов роста и развития (по Крафту). Высечки древесины ствола отбирали в конце вегетационного периода на высоте 1,3 м. Из высечек готовили препараты. На них в трех местах измеряли ширину годичного кольца, ширину зоны поздней древесины, а также число трахеидных рядов (по радиусу) с помощью микрометра окулярного винтового МОВ-1 с точностью $\pm 0,25$ мкм [13]. Выборка по данным показателям составляла 30 измерений. Известно, что под влиянием погодных условий, а также в процессе онтогенеза интенсивность формирования камбием древесины ствола изменяется. Поэтому анализировали приросты за последние 3 года.

Данные всех выборок проверены законом нормального распределения. Математическая обработка данных включала получение средних арифметических величин, их ошибок и среднеквадратических отклонений. Гипотезу о зависимости анатомических особенностей от условий местопроизрастания контролировали, устанавливая достоверность различий между одноименными показателями деревьев разных типов лесных сообществ. Из полученных элементарных статистик следует, что показатель точности опыта – 3...5 %, коэффициент вариации – 18...22 %.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенного исследования по усредненным за 3 года данным установлена зависимость анатомического строения древесины от условий местопроизрастания. Показано (табл. 2), что наиболее широкое годичное кольцо формируется в ельнике кисличном – 3,59 мм. По сравнению с этим типом сообщества в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом данный показатель меньше соответственно на 3,6; 5,6; 8,8 и 11,6 %. Обнаруженная зависимость ширины годичного кольца от условия местопроизрастания для разных типов леса за исследуемые годы сохранялась без изменения. Увеличение ширины годичного кольца хвойных растений в лучших условиях местопроизрастания отмечено и другими учеными [2, 5, 7, 14, 17, 18]. Вполне понятно, что с ростом ширины годичного кольца число трахеидных рядов, его формирующих, соответственно возрастает. Поэтому их наибольшее число в годичном кольце обнаружено в ельнике кисличном, что составило в среднем (за 3 года) 51 шт. (табл. 2). Данный показатель для ельников черничного, брусничного, болотно-травяного и сфагнового по сравнению с кисличным меньше соответственно на 5,9; 15,7; 20,0 и 27,5 %. Выявленная закономерность в величине данного показателя в связи с условиями произрастания за исследуемые 3 года оставалась постоянной.

Таблица 2

**Общая ширина годичного кольца ствола (в числителе, мм)
и число трахеидных рядов (в знаменателе, шт.), его формирующих,
у деревьев *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах еловых сообществ**

Тип сообщества	Год образования годичного кольца		
	2012	2013	2014
Ельничек кисличный	$\frac{3,62 \pm 0,07}{51}$	$\frac{3,57 \pm 0,04}{50}$	$\frac{3,59 \pm 0,07}{52}$
Е. черничный	$\frac{3,49 \pm 0,09}{49}$	$\frac{3,45 \pm 0,06}{49}$	$\frac{3,46 \pm 0,10}{48}$
Е. брусничный	$\frac{3,41 \pm 0,09}{44}$	$\frac{3,32 \pm 0,13}{42}$	$\frac{3,39 \pm 0,03}{43}$
Е. болотно-травяной	$\frac{3,20 \pm 0,07}{41}$	$\frac{3,25 \pm 0,04}{40}$	$\frac{3,29 \pm 0,03}{41}$
Е. сфагновый	$\frac{3,15 \pm 0,05}{36}$	$\frac{3,16 \pm 0,06}{38}$	$\frac{3,18 \pm 0,07}{37}$

Ширина зоны поздней древесины и процент ее участия в формировании годичного кольца являются одними из важнейших показателей, характеризующих технические свойства древесины: чем больше их величина, тем прочнее древесина как на излом, так и на сжатие. Установлено, что качество формирующейся древесины ствола напрямую связано с особенностями почвенно-грунтовых условий: чем они лучше, тем выше качество древесины. Так, наибольшая ширина зоны поздней древесины формируется в ельнике кисличном и составляет в среднем 1,37 мм (табл. 3). В ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом этот показатель меньше соответственно на 7,9; 13,6; 20,0 и 28,6 %. Подобная зависимость установлена для деревьев, произрастающих и в других растительных зонах [2, 7].

Таблица 3

**Ширина зоны поздней древесины в годичном кольце ствола
(в числителе, мм) и число трахеидных рядов (в знаменателе, шт.) в данной зоне
у деревьев *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах еловых сообществ**

Тип сообщества	Год образования годичного кольца		
	2012	2013	2014
Ельничек кисличный	$\frac{1,43 \pm 0,09}{25}$	$\frac{1,39 \pm 0,07}{26}$	$\frac{1,37 \pm 0,04}{25}$
Е. черничный	$\frac{1,29 \pm 0,07}{21}$	$\frac{1,26 \pm 0,10}{22}$	$\frac{1,31 \pm 0,06}{22}$
Е. брусничный	$\frac{1,21 \pm 0,04}{18}$	$\frac{1,23 \pm 0,04}{19}$	$\frac{1,20 \pm 0,08}{17}$
Е. болотно-травяной	$\frac{1,14 \pm 0,06}{16}$	$\frac{1,12 \pm 0,10}{15}$	$\frac{1,11 \pm 0,07}{16}$
Е. сфагновый	$\frac{1,08 \pm 0,05}{18}$	$\frac{1,07 \pm 0,08}{19}$	$\frac{1,09 \pm 0,03}{18}$

Доля поздней древесины при формировании годичного кольца максимальна также в ельнике кисличном – в среднем 38,9 % (табл. 4).

Таблица 4

**Доля поздней древесины (%) в годичном кольце
у деревьев *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах еловых сообществ**

Тип сообщества	Год образования годичного кольца		
	2012	2013	2014
Ельник кисличный	39,5	38,9	38,2
Е. черничный	37,0	36,5	37,9
Е. брусничный	35,5	37,0	35,4
Е. болотно-травяной	35,6	34,5	33,7
Е. сфагновый	34,2	33,9	34,3

В ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом данный показатель составляет соответственно 37,1; 36,0; 34,6 и 34,1 %. Другие исследователи также отмечают снижение доли поздней древесины в менее продуктивных типах леса [2, 7].

Все установленные различия в значениях анатомических показателей деревьев, произрастающих в различных типах сообществ, оказались достоверными.

Выводы

1. С ухудшением условий местопроизрастания ширина годичного кольца уменьшается. По сравнению с ельником кисличным, где этот показатель составляет 3,59 мм, в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом он меньше соответственно на 3,6; 5,6; 8,8 и 11,6 %.

2. Наибольшее число трахеидных рядов формируется в ельнике кисличном (51 шт.), тогда как в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом этот показатель меньше соответственно на 5,9; 15,7; 20,0 и 27,5 %.

3. Как и число трахеидных рядов, наибольшая ширина зоны поздней древесины формируется в ельнике кисличном (1,37 мм). По сравнению с сообществом этого типа в ельниках черничном, брусничном, болотно-травяном и сфагновом данный показатель меньше соответственно на 7,9; 13,6; 20,0 и 28,6 %.

4. Доля поздней древесины в формировании годичного кольца максимальной величины достигает в ельнике кисличном (38,9 %). Значения данного показателя для ельников черничного, брусничного, болотно-травяного и сфагнового составляют соответственно 37,1; 36,0; 34,6 и 34,1 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова Г.Ф., Стасова В.В. Формирование годичного слоя древесины стволов сосны обыкновенной и лиственницы сибирской // Лесоведение. 1992. № 5. С. 19–27.
2. Бабич Н.А., Мелехов В.И., Антонов А.М., Клевцов Д.Н., Коновалов Д.Ю. Влияние условий местопроизрастания на качество древесины сосны (*Pinus sylvestris* L.) в посевах // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 1. С. 54–58.
3. Ванин С.И. Об изучении анатомического строения древесины // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1949. № 4. С. 26–43.
4. Кищенко И.Т. Влияние условий местопроизрастания на анатомическое строение годичного кольца *Pinus sylvestris* L. в таежной зоне // Принципы экологии. 2014. Т. 3, № 2. С. 26–32. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3602
5. Кроткевич П.Г. Выращивание высококачественной древесины. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955. 180 с.

6. Мелехов И.С. О качестве северной сосны. Архангельск: Сев. изд-во, 1932. 21 с.
7. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. 110 с.
8. Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. 530 с.
9. Программа и методика биогеоценологических исследований / отв. ред. Н.В. Дылис. М.: Наука, 1974. 404 с.
10. Сахаров М.И. Анатомическое строение древесины сосны (*Pinus silvestris* L.) в связи с условиями местопроизрастания // Тр. Брянск. с.-х. ин-та. 1940. Т. 2. С. 287–301.
11. Сукачев В.Н. Избр. тр.: в 3 т. Т. 1. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука, 1972. 418 с.
12. Чуmachenko С.И., Степаненко И.И. Влияние классов роста и размеров крон деревьев на строение древесины сосны с внесением минеральных удобрений // Лесн. вестн. 2007. № 6. С. 7–13.
13. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 338 с.
14. Blokhina N.I., Bondarenko O.V., Osipov S.V. Age Variation of Wood Anatomical Characteristics in *Larix cajanderi* Tree // Wood Research Journal. 2011. Vol. 2, no. 1. Pp. 1–12.
15. Deslauriers A., Morin H. Intra-Annual Tracheid Production in Balsam Fir Stems and the Effect of Meteorological Variables // Trees. 2005. Vol. 19, iss. 4. Pp. 402–408.
16. Fritts H.C. Tree-Ring and Climate. London: Academic Press., 1976. 582 p.
17. Iawa List of Microscopic Features for Softwood Identification / ed. by Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. // IAWA Journal. 2004. Vol. 25(1). Pp. 1–70.
18. Larson P.R. The Vascular Cambium. Development and Structure. Berlin: Springer-Verlag GmbH, 1994. 725 p.
19. Odin H. Studies of the Increment Rhythm of Scots Pine and Norway Spruce Plants // Studia Forestalia Suecica. 1972. No. 97. Pp. 1–32.
20. Rossi S., Deslauriers A., Morin H. Application of the Gompertz Equation for the Study of Xylem Cell Development // Dendrochronologia. 2003. Vol. 21, iss. 1. Pp. 33–39.
21. Whitmore F.W., Zahner R. Development of the Xylem Ring in Stems of Young Red Pine Trees // Forest Science. 1966. Vol. 12, iss. 2. Pp. 198–210.
22. Wilson R., Elling W. Temporal Instability of Tree-Growth/Climate Response in the Lower Bavarian Forest Region: Implications for Dendroclimatic Reconstruction // Trees. 2004. Vol. 18(1). Pp. 19–28.

Поступила 18.04.18

UDC 630*161.4:630*174.754
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32

Formation of *Picea abies* (L.) Karst. Trunk Wood in Different Taiga Zone Communities

I.T. Kishchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of RANH
Petrozavodsk State University, pr. Lenina, 33, Petrozavodsk, 185035, Russian Federation;
e-mail: ivanki@karelia.ru

Much attention is given to the trunk wood of forest-forming species of primary forest communities in studying biological productivity of forest stands. We have carried out the

For citation: Kishchenko I.T. Formation of *Picea abies* (L.) Karst. Trunk Wood. in Different Taiga Zone Communities. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 1, pp. 32–39. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32

research in the middle taiga subzone (South Karelia) in 2014 in order to determine the influence of site conditions on anatomical indicators of trunk wood of *Picea abies* (L.) Karst. Study objects were the most common types of forest communities for the region. Five test plots were grounded. Twenty trees of II–III classes of growth and development (according to Kraft's classification) were chosen on each of the plots. Hewings of the trunk wood were picked at the end of the vegetation period at a height of 1.3 m; increments for the last 3 years were analyzed. Preparations were made from the hewings. Width of the tree-ring, width of the autumn wood zone and number of tracheid rows were measured on the preparations in three spots. It was found that tree-ring width and wood quality decrease with deterioration of the site conditions. This indicator in sorrel spruce forest (3.59 mm) is 3.6, 5.6, 8.8 and 11.6 % higher in comparison with myrtillus, vaccinium, swampy with grass and sphagnum spruce forests respectively. Furthermore, larger number of tracheid rows (51 pcs) is formed in sorrel spruce forest in comparison with myrtillus, vaccinium, swampy with grass and sphagnum spruce forests by 5.9, 15.7, 20.0 and 27.5 % respectively; as well as the greatest width of autumn wood zone (1.37 mm). The last indicator in myrtillus, vaccinium, swampy with grass and sphagnum spruce forests is 7.9, 13.6, 20.0 and 28.6 % less respectively. Proportion of autumn wood reaches its maximum in sorrel spruce forest (38.9 %) during the tree-ring formation. Values of this indicator in myrtillus, vaccinium, swampy with grass and sphagnum spruce forests are 37.1, 36.0, 34.6 and 34.1 % respectively.

Keywords: *Picea abies* (L.) Karst., anatomy, annual ring, wood, forest types.

REFERENCES

1. Antonova G. F., Stasova V. V. Formirovaniye godichnogo sloya drevesiny stvolov sosny obyknovennoy i listvennitsy sibirskoy [Annual Layers Formation of Trunk Wood of Scots Pine and Siberian Larch]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1992, no. 5, pp. 19–27.
2. Babich N.A., Melekhov V.I., Antonov A.M., Klevtsov D.N., Konovalov D.Yu. Vliyaniye usloviy mestoproizrastaniya na kachestvo drevesiny sosny (*Pinus sylvestris* L.) v posevakh [Influence of Site Conditions on the Quality of Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood in Crops]. *Khvoynyye boreal'noy zony* [Conifers of the Boreal Area], 2007, vol. XXIV, no. 1, pp. 54–58.
3. Vanin S.I. Ob izuchenii anatomicheskogo stroyeniya drevesiny [On the Study of Wood Anatomical Structure]. *Tr. In-ta lesa AN SSSR* [Proc. of the Institute of Forest Sciences of the USSR]. 1949, no. 4, pp. 26–43.
4. Kishchenko I.T. Vliyaniye usloviy mestoproizrastaniya na anatomicheskoye stroyeniye godichnogo kol'tsa *Pinus sylvestris* L. v tayezhnoy zone. [Influence of Site Conditions on Anatomical Structure of a Tree-Ring of *Pinus sylvestris* L. in the Taiga Zone]. *Printsipy ekologii* [Principles of the Ecology], 2014, no. 2, pp. 26–32. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3602
5. Krotkevich P.G. *Vyrashchivaniye vysokokachestvennoy drevesiny* [Cultivation of High Quality Wood]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1955. 180 p. (In Russ.)
6. Melekhov I.S. *O kachestve severnoy sosny* [On the Quality of Northern Pine]. Arkhangelsk, Severnoye izdatel'stvo, 1932. 21 p. (In Russ.)
7. Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. *Kachestvo drevesiny sosny v kul'turakh* [Quality of Pine Wood in Cultures]. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2003. 110 p. (In Russ.)
8. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. Ed. by Lavrenko E.M. and Korchagin A.A. Moscow, Nauka Publ., 1964. Vol. 3. 530 p. (In Russ.)
9. *Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [Program and Methodology of Biogeocenological Research]. Editor in Chief Dylis N.V. Moscow, Nauka Publ., 1974. 404 p. (In Russ.)

-
10. Sakharov M.I. Anatomicheskoye stroyeniye drevesiny sosny (*Pinus silvestris* L.) v svyazi s usloviyami mestoproizrastaniya [Anatomical Structure of Pine (*Pinus silvestris* L.) Wood in Connection with the Site Conditions]. *Tr. Bryansk. s.-kh. in-ta* [Proc. of the Bryansk Agricultural Institute], 1940, vol. 2, pp. 287–301.
 11. Sukachev V.N. *Izbr. tr.: v 3 t. T. 1. Osnovy lesnoy tipologii i biogeotsenologii* [Selected Papers: in 3 vol. Vol. 1. Fundamentals of Forest Typology and Biogeocenology]. Leningrad, Nauka Publ., 1972. 418 p. (In Russ.)
 12. Chumachenko S.I., Stepanenko I.I. Vliyaniye klassov rosta i razmerov kron der-ev'yev na stroyeniye drevesiny sosny s vnoseniyem mineral'nykh udobreniy [Effect from Growth Classes and Sizes of Tree Crowns on the Structure of Pine Wood with Mineral Fertilizing]. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2007, no. 6, pp. 7–13.
 13. Yatsenko-Khmelevskiy A.A. *Osnovy i metody anatomicheskogo issledovaniya drevesiny* [Fundamentals and Methods of Anatomical Study of Wood]. Moscow, AN SSSR Publ., 1954. 338 p. (In Russ.)
 14. Blokhina N.I., Bondarenko O.V., Osipov S.V. Age Variation of Wood Anatomical Characteristics in *Larix cajanderi* Tree. *Wood Research Journal*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 1–12.
 15. Deslauriers A., Morin H. Intra-Annual Tracheid Production in Balsam Fir Stems and the Effect of Meteorological Variables. *Trees*, 2005, vol. 19, iss. 4, pp. 402–408.
 16. Fritts H.C. *Tree-Ring and Climate*. London, Academic Press, 1976. 582 p.
 17. Iawa List of Microscopic Features for Softwood Identification. Ed. by Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. *IAWA Journal*, 2004, vol. 25(1), pp. 1–70.
 18. Larson P.R. *The Vascular Cambium. Development and Structure*. Berlin, Springer-Verlag GmbH, 1994. 725 p.
 19. Odin H. Studies of the Increment Rhythm of Scots Pine and Norway Spruce Plants. *Studia Forestalia Suecica*, 1972, no. 97, pp. 1–32.
 20. Rossi S., Deslauriers A., Morin H. Application of the Gompertz Equation for the Study of Xylem Cell Development. *Dendrochronologia*, 2003, vol. 21, iss. 1, pp. 33–39.
 21. Whitmore F.W., Zahner R. Development of the Xylem Ring in Stems of Young Red Pine Trees. *Forest Science*, 1966, vol. 12, iss. 2, pp. 198–210.
 22. Wilson R., Elling W. Temporal Instability of Tree-Growth/Climate Response in the Lower Bavarian Forest Region: Implications for Dendroclimatic Reconstruction. *Trees*, 2004, vol. 18(1), pp. 19–28.
-

Received on April 18, 2018