

УДК 630*907.1

**ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА
ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД В НАСАЖДЕНИЯХ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ**

*канд. с.-х. наук, доц. А.А. БОЛБОТУНОВ, Е.В. ДЕГТЯРЕВА
(Полоцкий государственный университет)
e.degtjareva@psu.by, dendro.psu@gmail.com.by*

Рассмотрены вопросы формирования ранней и поздней древесины в структуре годичного кольца лесообразующих пород. Приведены исследования хода роста деревьев хвойных пород на территории Беларуси. Показана возможность «выпадения» годичного кольца из-за отсутствия поздней древесины у деревьев сосны в автоморфных условиях в результате экстремальных климатических условий второй половины вегетационного периода. Приведен процент поздней древесины в ширине годичного кольца сосны в разных условиях местопроизрастания, а также ели и лиственницы. На основании восьмилетних наблюдений за ходом роста годичного кольца и корреляционно-регрессионного анализа были выявлены факторы, лимитирующие и продуцирующие радиальный прирост ранней и поздней древесины. Приведенные примеры моделирования дендрохронологических рядов ранней и поздней древесины сосны и ели выполнены на основе гармонического анализа Фурье. Среднесрочное прогнозирование для ранней и поздней древесины выполнено на пробной площади при совместном произрастании сосны и ели в Летчанском лесничестве Витебского лесхоза.

Ключевые слова: *поздняя древесина, ранняя древесина, древесно-кольцевые хронологии, хвойные породы деревьев, дендрохронологические шкалы, Белорусское Поозерье.*

Введение. У хвойных и твердолиственных пород хорошо различима ранняя и поздняя древесина годичного кольца. Ранняя, или, как ее еще называют, весенняя древесина развивается в первой половине вегетационного периода и состоит из тонкостенной и широкополостной проводящей ткани. Вторая часть древесного годичного кольца – поздняя древесина развивается во второй половине вегетационного периода – летом и частично осенью, она состоит из толстостенных и узкополостных поздних элементов. Ранняя древесина хорошо приспособлена для транспорта воды по стволу дерева, тогда как поздняя обеспечивает стволу механическую прочность [1]. У хвойных средняя плотность поздней древесины часто в 2–3 раза выше, чем ранней [2]. Четкой границы между ранней и поздней древесиной не наблюдается, и переход ранней древесины в позднюю происходит постепенно. Многие исследователи отмечают существование так называемой «переходной зоны» между ранней и поздней древесиной. По данным основателя белорусской школы дендрохронологии В.Е. Вихрова, для лиственницы сибирской такая зона составляет 25% ширины годичного кольца [2].

У сосны годичный слой ранней древесины создается до конца июня, в июле и августе образуется поздняя древесина. Факторы, обуславливающие ход сезонного роста, будут варьировать в зависимости от древесной породы, погодных условий и условий местопроизрастания. Так, Т.Т. Битвинскас для территории Литвы полагает, что на прирост ранней древесины влияют метеорологические условия мая, отчасти июня, условия зимы и физиологическое состояние прошлых лет. На создание поздней древесины оказывают влияние метеоусловия июня, августа и физиологическое состояние дерева в начале лета [3]. В условиях Западной Сибири недостаток воды побуждает формирование поздней древесины, однако продолжительная засуха сокращает время, в течение которого продуцируются узкие и толстостенные клетки [4].

Ход сезонного радиального прироста дерева в толщину отражает общие закономерности роста отдельных пород в течение сезона и тесно связан с развитием листвы и хвои. На сезонный рост дерева, кроме условий внешней среды, влияют его возраст и различные фитоценоотические факторы. Господствующие деревья не только растут быстрее, но и имеют большую, чем угнетенные, продолжительность ростового сезона.

Цель наших исследований – изучить особенности хода сезонного радиального прироста хвойных пород в условиях Белорусского Поозерья, где хвойные породы в составе лесов занимают почти 50 %; определить процент поздней древесины в структуре годичного кольца в разных условиях местопроизрастания; выявить факторы, в большей мере определяющие величину прироста поздней и ранней древесины; выяснить особенности моделирования дендрохронологических рядов сезонной древесины в период потепления.

Основная часть. В условиях умеренного климата каждый год формируется одно годичное кольцо. В годы с экстремальными для роста деревьев условиями (засухи, весенние заморозки, объединение листьев насекомыми, интенсивные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ и т.п.) во время вегетационного периода внутри годичного кольца могут сформироваться один или несколько слоев клеток поздней древесины – ложные годичные кольца [5]. В особо неблагоприятные для жизнедеятельности деревьев годы камбий может совсем не отложить новый слой древесины. Такие кольца называются «выпадающими». Это значительно затрудняет измерение и датировку годичных колец древесины.

В условиях Белорусского Поозерья выпадающие кольца у сосны обычно встречаются в условиях сильного переувлажнения в сфагновых, багульниковых типах леса. Но, как показали сложившиеся выраженные экстремальные ситуации по тепловлагообеспеченности в летний период 2015 г., отсутствие в древесном годичном кольце поздней древесины возможно и в автоморфных условиях местопроизрастания на бедных песчаных почвах донных всхолмлений. За 2015 г. по данным Полоцкой гидрометеостанции продолжительность бездождевого периода в мае – июне составила 45 дней, в июле – августе – 56 дней, за вегетационный период выпало только 232 мм осадков при среднем количестве 360 мм. Это негативно сказалось на величине радиального прироста, в результате чего у части деревьев не сформировалась поздняя древесина в условиях А₂.

Исследования в Воронежской государственной лесотехнической академии показали, что, хотя изменчивость значений ширины годичного кольца поздней древесины с возрастом уменьшается, колебания между соседними годами достаточно велики [6]. Наши исследования, выполненные на основании результатов анализа изменчивости прироста сезонной древесины более 30 пробных площадей сосны, ели и лиственницы, для Белорусского Поозерья подтверждают этот факт только для сосновых насаждений. Действительно, для подавляющего большинства пробных площадей сосны коэффициент вариации дендрохронологического ряда динамики прироста поздней древесины выше, чем ранней (таблица). Это может означать, что для прироста ранней древесины во всех типах лесорастительных условий складывается более благоприятный комплекс климатических факторов, чем для прироста поздней зоны годичного кольца. Для ели и для лиственницы ситуация не столь однозначна: в наиболее благоприятных для древесной породы условиях (примерно половина исследованных проб) коэффициент вариации ранней древесины больше, чем поздней.

Таблица. – Характеристики структуры годичного кольца основных хвойных пород для севера Беларуси

Древесная порода, тип условий местопроизрастания	Средняя величина радиального прироста, мм			Коэффициент корреляции между поздней и ранней древесиной	Вариация индексов радиального прироста		
	поздняя	ранняя	общая		поздняя	ранняя	общая
сосна, А4-А5	0,3	0,5	0,8	0,80	25,9	25,6	24,1
сосна, В2-В3, С2	0,7	0,9	1,6	0,80	21,7	19,9	18,2
сосна, А2-В2	0,7	1,0	1,7	0,82	23,3	22,4	20,7
ель, В2-В3, С3	0,8	1,2	2,0	0,65	33,4	29,5	27,4
лиственница, С2-С3	1,1	1,5	2,6	0,78	23,1	25,7	22,7

У хвойных уменьшение ширины годичного кольца с возрастом (или в связи с изменением экологических условий) происходит за счет ранней древесины, у лиственных – за счет поздней [6]. В результате у хвойных с возрастом процент поздней древесины возрастает и в благоприятных условиях может достигать 50%.

Существует мнение, что качество древесины сосны лучше в неблагоприятных условиях, когда формируются узкие годичные кольца. Однако, как показывают исследования, на более богатых почвах количество поздней древесины по сравнению с ранней увеличивается, поэтому данное утверждение не совсем верно. В целом, доля ранней древесины сосны в общей ширине годичного кольца наиболее значительная в период большого роста, постепенно снижается к 30–50 годам, после чего соотношение ранней и поздней древесины стабилизируется и составляет в хвойных лесах (возрастом 80–150 лет) северной части Беларуси для сосны около 40% в зависимости от древесной породы и условий местопроизрастания. В среднем, процент поздней древесины для хвойных пород показан на рисунке 1.

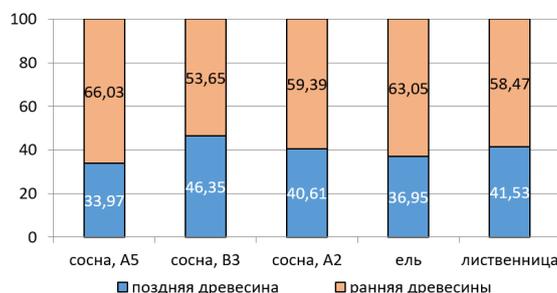


Рисунок 1. – Структура годичного кольца основных хвойных пород

Рассматривая в дендрохронологических рядах отдельно раннюю и позднюю древесину, мы видим влияние тепловлагообеспеченности как в первой, так и во второй половине лета. У хвойных величина радиального прироста поздней древесины в значительной мере обусловлена физиологическим состоянием дерева к моменту начала формирования узких толстостенных клеток поздней древесины. Особенно хорошо это заметно у сосны (коэффициент корреляции между весенней и летней древесиной для нее составил

в среднем 0,81), в меньшей мере проявляется у ели и лиственницы (коэффициенты корреляции 0,65 и 0,78 соответственно). Значит, у хвойных пород формирование поздней части годичного кольца происходит под действием климатических условий всего вегетационного периода. Однако, как было замечено на некоторых пробных площадях, после 2005 г. наблюдается некоторая потеря сходства динамики сезонной древесины у сосны и ели, что может говорить об изменении климатических условий «внутри» вегетационного периода.

Как показывает корреляционно-регрессионный анализ, а также исследования хода роста, фактором, лимитирующим радиальный прирост (как поздний, так и ранний) являются высокие температуры июля и отсутствие осадков. Повышенные температуры мая и сентября оказывают благоприятное влияние. Исключением был 2019 г., когда прервалось формирование ранней древесины в мае-июне. Наличие достаточного количества осадков и сквозное промачивание почвы до грунтовой воды способствует увеличению прироста в автоморфных и полугидроморфных условиях местопрорастания.

Нашей лабораторией в течение уже восьми вегетационных периодов ведется мониторинг хода сезонного роста хвойных пород, выполняемый на модельных деревьях с помощью съемных датчиков часового типа [7]. Исследуется динамика радиального прироста 9 моделей сосны в разных условиях произрастания, 4 моделей ели и 3 моделей лиственницы. Наблюдения за радиальным приростом древесины и уровнем воды в скважинах выполняются каждые 5 дней.

Сроки начала и прекращения прироста варьируют в разные годы у разных пород и в различных условиях. За период потепления несколько изменились сроки пробуждения камбия и теперь на севере Беларуси у хвойных пород ход роста начинается в конце апреля – начале мая. В условиях Беларуси первой начинает прирост лиственница, она же может и пострадать от заморозков. Ель пробуждается позже всех, но и завершает прирост последней, иногда в середине сентября. В целом, прирост хвойных заканчивается в начале сентября, а в засушливые года (например, в 2015 году) – в середине или в конце августа. Усредненные значения прироста в процентах приводятся на рисунке 2.



Чтобы иметь возможность спрогнозировать дальнейшую динамику радиального прироста ранней и поздней древесины, выполняется моделирование дендрохронологических рядов. Математическое моделирование природных процессов состоит в подборе каким-либо методом аналитической функции, наиболее близкой к реальному процессу. Если используются численные методы, то подбирается числовой ряд, построенный по известным алгоритмам. Зная вид функции или алгоритм построения ряда, появляется возможность продления модельного ряда – экстраполяция или прогнозирование.

Для моделирования динамики изменения радиального прироста наилучшим образом подходят периодические функции (например, гармонический анализ Фурье) или функции и методы, имитирующие периодичность (такие как авторегрессия, спектрально-сингулярное разложение) [8]. Наиболее востребованным является среднесрочное прогнозирование (5–15 лет): на такие сроки разрабатываются стратегические планы, проектируются хозяйственные мероприятия. На рисунке 3 представлен график результатов моделирования гармонической функцией отдельно ранней и поздней древесины.



Рисунок 3. – Моделирование радиального прироста сосны на пробной площадке № 108 в Витебском районе (Летцы, сосняк мшистый, А2)

Согласно прогнозу, во второй половине 2020-х годов будут складываться оптимальные условия для прироста поздней древесины, а начало 2030-х для сосны в Витебском регионе в мшистом типе леса будет наименее благоприятными. Лимитирующими факторами в автоморфных условиях, как правило, являются холодные зимние условия или засушливые летние. Факторы региональной обусловленности экстремальных проявлений климатических условий рассматриваются в работах С.А. Лысенко [9].

Заключение. Дендрохронологический анализ с учетом сезонной структуры годичного кольца предоставляет более широкие возможности в оценке устойчивости и продуктивности хвойных фитоценозов и состояния окружающей среды. Проводимый мониторинг за ходом формирования годичного кольца и изучение влияния климатических и других условий позволяет выявить лимитирующие и продуцирующие радиальный прирост факторы как для ранней, так и для поздней древесины.

«Выпадение годичного кольца» при чтении кернов древесных пород замечено не только в гидроморфных, но и в автоморфных условиях местопроизрастания при засушливых условиях второй половины вегетационного периода во время формирования поздней древесины. Выявлены факторы снижения прироста ранней древесины при высокой температуре в условиях отсутствия осадков в мае – июне. Процент поздней древесины в составе годичного кольца зависит как от древесной породы, так и от условий местопроизрастания. В более благоприятных условиях поздней древесины образуется больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев, Д.Е. Биологические основы изменчивости годичных колец / Д.Е. Румянцев, А.А. Епишков // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–3. – С. 481–486.
2. Вихров, В.Е. Некоторые принципы дендроклиматологии / В.Е. Вихров, Б.А. Колчин // Вопросы лесного хозяйства, лесной и химической промышленности. – Минск : Высш. шк., 1967. – С. 22–37.
3. Битвинская, Т.Т. Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинская. – Л. : Гидрометеоздат, 1974. – 170 с.
4. Ваганов, Е.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец / Е.А. Ваганов, И.А. Терсков. – Новосибирск : Наука, 1977. – 94 с.
5. Шиятов, С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы / С.Г. Шиятов // Записки Свердловского отделения Всесоюз. ботанич. общества. – Свердловск, 1973. – Вып. 6. – С. 53–81.
6. Матвеев, С.М. Дендрохронология : учеб. пособ. / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013. – 140 с.
7. Устройство для измерения радиального прироста хвойных пород деревьев : пат. ВУ № 10012 / А.А. Болботунов, С.В. Лесковец. – Опубл. 16.12.2013.
8. Дегтярева, Е.В. Моделирование дендрохронологических данных на основе анализа Фурье / Е.В. Дегтярева, А.А. Болботунов, А.М. Дегтярев // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ–2018) : материалы I Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию Полоц. гос. ун-та, 14–15 июня 2018 г. – Новополоцк, 2018. – С. 122–124.
9. Лысенко, С.А. Сеточный архив метеорологических данных Республики Беларусь и возможности его применения для исследования пространственно-временных особенностей изменения климата / С.А. Лысенко, В.Д. Чернышев, В.В. Коляда // Природопользование. – 2019. – № 1. – С. 17–27.

Поступила 10.09.2020

FEATURES OF THE SEASONAL ANNUAL INCREMENT OF CONIFERS WOOD IN FORESTS IN THE NORTH OF BELARUS

A. BOLBOTUNOV, E. DEGTJAREVA

*The article deals with the formation of early and late wood in the structure of the annual ring of forest-forming species. The studies of the growth of coniferous trees in Belarus are given. The possibility of "falling out" of the annual ring due to the absence of a late tree in *Pinus silvestris* on high landforms as a result of the extreme climatic conditions of the second half of the growing season is shown. The percentage of latewood in the structure of the tree ring of spruce, larch and pine in different growth conditions was calculated. On the basis of seven-year observations of the growth of the annual tree ring and of the correlation-regression analysis, factors limiting and producing a radial increase in early and late wood were identified. Examples of modeling dendrochronological scales of early and late pine and spruce based on the harmonic analysis of Fourier, as well as the use of autoregression are given. Medium-term forecasting of early and late wood was carried out on trial plots with the joint growth of pine and spruce in the Vitebsk region.*

Keywords: late wood, early wood, tree-ring chronologies, coniferous tree species, dendrochronological scales, Belarusian Land O'lakes.