ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI 10.21178/2079-6080.2024.1.68
УДК 630*811.4

# Особенности формирования ранней и поздней древесины лиственницы в условиях Воронежской области

© Е.Е. Кулаков[1], А.И. Сиволапов[2]

**Features of the formation of early and late larch wood in the conditions of the Voronezh region**

**E.E. Kulakov, A.I. Sivolapov** (Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology»; Federal State Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov»)

The features of the formation of early and late wood of 6 types of larch in the conditions of the educational and experimental forestry of the VGLTU named after G.F. Morozov and the experimental and demonstrative arboretum of Niilgisbiotech were studied. Among the main parameters of the macrostructure of wood, the average width of the annual layer, the content of early and late wood, the number of annual layers in 1 cm, the basic density of wood at 12 % humidity are determined. The authors noted that the content of early wood ranges from 66 (Siberian larch) to 78.7 % (hybrid larch). The highest density of wood is noted in European larch crops, for other species the basic density ranges from 427 kg/m3 (Kamchatka larch) to 521 kg/m3 (hybrid larch). According to the macrostructural characteristics of all six species of larch, the patterns of mutual conjugacy of all the considered indicators are similar. There is a significant relationship between the width of the annual ring and the width of early wood (0.97).

As part of the research, the calculation of the correlation coefficients of chronologies for the width of early and late wood is given. The formation of wood is influenced by the positive temperatures of March in Sukachev larch, Siberian, European and hybrid ($r = 0.42$), and the sum of the positive temperatures of August - Okhotsk and Kamchatka ($r = 0.42$). When the sum of positive temperatures is less than 50 °C, a greater increase is observed. For European and hybrid larch, positive temperatures have a weak effect throughout the growing season. The amount of precipitation has a negligible effect on the formation of wood.

**Key words: larch, wood density, climatic factors, macrostructural indicators**

**Особенности формирования ранней и поздней древесины лиственницы в условиях Воронежской области**

**Е.Е. Кулаков, А.И. Сиволапов**

Изучены особенности формирования ранней и поздней древесины 6 видов лиственницы в условиях учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова и экспериментально-показательного дендрария ФГБУ «НИИЛГИСбиотех». Среди основных параметров макроструктуры древесины определена средняя ширина годичного слоя, содержание ранней и поздней древесины, число годичных слоев в 1 см, базисная плотность древесины при 12 % влажности. Авторами установлено, что содержание ранней древесины составляет от 66 (лиственница сибирская) до 78,7 % (лиственница гибридная). Наибольшая плотность древесины –у культур лиственницы европейской, для других видов базисная плотность составляет от 427 кг/м$^3$ (лиственница Каяндера), до 521 кг/м$^3$ (лиственница гибридная). По макроструктурным характеристикам у всех 6 видов лиственницы закономерности взаимной сопряженности всех рассматриваемых показателей сходны. Отмечена значительная связь между шириной годичного кольца и шириной ранней древесины (0,97).

В рамках исследований приведен расчет коэффициентов корреляции хронологий по ширине ранней и поздней древесины. На формирование древесины оказывают влияние положительные температуры марта – у лиственницы Сукачева, сибирской, европейской и гибридной ($r = 0{,}42$), и сумма положительных температур августа – у охотской и лиственницы Каяндера ($r = 0{,}42$). При сумме положительных температур менее 50 °С отмечается больший прирост. Для лиственницы европейской и гибридной положительные температуры на протяжении всего периода вегетации оказывают слабое влияние. Количество осадков на формировании древесины сказывается незначительно.

**Ключевые слова:** лиственница, плотность древесины, климатические факторы, макроструктурные показатели

Кулаков Евгений Евгеньевич – научный сотрудник отдела селекции и семеноводства
E-mail: evgenyykulakov@yandex.ru

Сиволапов Алексей Иванович – профессор кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации, канд. с.-х. наук
E-mail: aleksey-sivolapov@yandex.ru

[1]ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии»
394087 Россия, г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 105
Телефон: (473) 253-71-89
E-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru

[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
394000, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8
Телефон: (473) 253-84-11
E-mail: lesomel@yandex.ru

**Введение**

Глобальные изменения в окружающей среде связаны с природными и антропогенными процессами. Анализ особенностей формирования радиального прироста древесины позволяет охарактеризовать динамику продуктивности лесных насаждений, оценить состояние и влияние природно-климатических изменений [3, 4]. У хвойных пород хорошо различима ранняя и поздняя древесина в годичных кольцах. Ранняя, или весенняя древесина развивается в первой половине вегетационного периода, поздняя – во второй половине. Лиственница отличается повышенной чувствительностью к климатическим факторам, поэтому исследование роста и продуктивности этой породы представляет особый интерес. Обладая широким экологическим диапазоном, она может успешно произрастать в различных лесорастительных условиях, достигая достаточно высокой продуктивности. Однако для условий Воронежской области изучение макроструктуры древесины носит единичный характер и не раскрывает особенностей формирования в зависимости от климатических факторов. Поэтому для эффективного и рационального использования древесины лиственницы необходимо знать, как изменяются ее свойства при произрастании в данных лесорастительных условиях.

**Материалы и методы исследования**

Объектами исследований являются культуры лиственниц – Сукачева (*Larix sukaczewii* Ledeb), сибирской (*Larix sibirica*), европейской (*Larix decidua*) и гибридной (сиб. × яп.) – которые заложены в учебно-опытном лесхозе ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова (далее – УОЛ ВГЛТУ). В экспериментально-показательном дендрарии ВНИИЛГИСбиотех (далее – ЭПД НИИ) также изучены культуры лиственниц охотской (*Larix ochotensis* B. Kolesn) и Каяндера (*Larix cajanderi*). Характеристика объектов исследования приведена ниже.

Участок № 1 расположен в кв. 54 Правобережного лесничества в УОЛ ВГЛТУ. Культуры лиственницы Сукачева, сибирской, европейской и гибридной были заложены Р.И. Дерюжкиным в 1955 году. Посадка проводилась двухлетними сеянцами с размещением посадочных мест 1,5 × 0,5 м на серых лесных суглинистых почвах. Перед посадкой проведена сплошная вспашка по раскорчеванной лесосеке. Площадь участка – 1,0 га. Возраст культур –70 лет.

Участок № 2 расположен в кв. 53 Правобережного лесничества **в** ЭПД НИИ. Культуры лиственницы охотской и Каяндера созданы И.И. Ивановой в 1976 году на площади 0,2 га, по 0,1 га для каждого вида. Тип лесорастительных условий – $Д_2$. Способ обработки почвы – сплошная вспашка по раскорчеванной лесосеке. Размещение посадочных мест 1,5 × 0,5 м. Тип почвы – серая суглинистая. Возраст культур – 46 лет.

Определение основных параметров макроструктуры – средней ширины годичного слоя, содержания поздней древесины и числа годичных слоев в 1 см – осуществлялось в соответствии с ГОСТ 16483.18-72 [6]. Отбор кернов проводился на высоте 1,3 м с западной стороны ствола с помощью бурава Пресслера. Для исследования особенностей формирования радиального прироста у каждой древесной породы было отобрано по 10 кернов. Всего было исследовано 60 образцов.

Данные о ширине годичных колец как наиболее оптимальном признаке используются многими авторами для предварительной оценки качества древесины. В высокопродуктивных насаждениях число годичных слоев в 1 см древесины лиственницы составляет от 3 до 30 [15]. Базисную плотность древесины определяли по способу максимальной влажности образцов, имеющих сравнительно небольшой объем [7].

Район исследования находится в умеренном климатическом поясе между 52° и 49° с. ш. Климат умеренно-континентальный, формируется под влиянием тропических и арктических воздушных масс. Количество годовых осадков, выпадающих на территории области, изменяется с северо-запада на юго-восток и восток от 550 до 450 мм. Анализ влияния климатических факторов (сумма положительных температур больше 0 °С и количество осадков) на продуктивность проведен с использованием данных с сайта http://www.pogodaiklimat.ru/ за 1955–2022 гг.

**Результаты исследований**

Средние таксационные показатели объектов исследования представлены в таблице 1. Высокой энергией роста отмечены культуры лиственницы европейской, превосходя по высоте на 24,2 %, по диаметру – на 45 % и по запасу – на 64,2 % другие виды лиственницы. Наименее продуктивными являются культуры лиственницы охотской и Каяндера, которые отличаются низкой полнотой и запасом на 1 га. Остальные виды занимают промежуточное положение.

Таблица 1

Средние таксационные показатели разных видов лиственницы на исследуемых объектах

| Вид лиственницы | Возраст, лет | Средняя высота, м | Средний диаметр, см | Класс бонитета | Полнота | Запас, $м^3$/га |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Участок № 1 | | | | | | |
| Л. европейская | 70 | 26,1 | 35,5 | Ia | 1,0 | 675 |
| Л. гибридная | | 21,2 | 20,5 | I | 1,0 | 430 |
| Л. Сукачева | | 20,8 | 22,1 | I | 0,8 | 286 |
| Л. сибирская | | 19,8 | 20,3 | I | 0,8 | 274 |
| Участок № 2 | | | | | | |
| Л. охотская | 46 | 18,9 | 17,4 | II | 0,3 | 114 |
| Л. Каяндера | | 18,3 | 17,0 | II | 0,3 | 109 |

Результаты измерений структуры годичных слоев и базисной плотности представлены в таблице 2. На участке № 1 в 70-летних культурах доля ранней древесины колеблется от 65 (лиственница Сукачева) до 78,7 % (лиственница гибридная). На участке № 2 в 46-летнем возрасте доля ранней древесины у лиственницы охотской составляет 75,4 %, лиственницы Каяндера – 78,3 %. При сопоставлении полученных нами характеристик по поздней древесине со справочными данными СНиП II-25-80 [12] плотность древесины на обследованных объектах оказалась ниже нормы 650–800 кг/$м^3$: у лиственницы сибирской – на 29 %, лиственницы Сукачева – на 27, европейской – 17, гибридной – 23, охотской и Каяндера – на 36 %.

Таблица 2

Основные макроструктурные показатели годичных слоев лиственницы

| Вид лиственницы | Возраст, лет | Доля ранней древесины, % | Доля поздней древесины, % | Средняя ширина годичного слоя, мм | Число годичных слоев в 1 см | Базисная плотность древесины, кг/$м^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Участок № 1 | | | | | | |
| Л. европейская | 70 | 69,5 | 30,5 | 5,43 | 2,2 | 560 |
| Л. гибридная | | 78,7 | 21,3 | 3,04 | 3,3 | 521 |
| Л. Сукачева | | 65,0 | 35,0 | 3,11 | 4,3 | 489 |
| Л. сибирская | | 66,0 | 34,0 | 2,9 | 4,4 | 477 |
| Участок № 2 | | | | | | |
| Л. охотская | 46 | 75,4 | 24,6 | 5,28 | 1,9 | 430 |
| Л. Каяндера | | 78,3 | 21,7 | 5,32 | 1,9 | 427 |

Как известно, поздняя древесина имеет большую плотность, чем ранняя. Это объясняет увеличение значений плотности с повышением содержания поздней древесины. Полученные нами результаты указывают на слабую связь между процентным содержанием поздней зоны и базисной плотностью древесины ($r = 0{,}40$). Наибольшая плотность древесины отмечена у лиственницы европейской – 560 кг/м$^3$, для лиственницы охотской и Каяндера базисная плотность составляет 430 и 427 кг/м$^3$. Комплексные исследования ряда авторов по вопросам изучения плотности древесины позволили установить, что по мере продвижения с запада на восток влажность древесины уменьшается, а прочностные свойства возрастают. В то же время плотность древесины в абсолютно сухом состоянии в зависимости от района произрастания существенно не различается [1, 2, 5, 8]. По данным О.И. Полубояринова, коэффициент корреляции для различных регионов России изменяется в пределах 0,70–0,75 [11]. По числу годичных слоев в 1 см наблюдаются значительные различия: у лиственницы сибирской – 4,4 шт., лиственницы Сукачева – 4,3, лиственницы гибридной – 3,3, лиственницы европейской – 2,2, у лиственниц Каяндера и охотской – по 1,9 шт.

Для выявления сопряженности и изменчивости исследуемых показателей в рамках исследований применен корреляционный анализ, на основе которого выявлено, что у шести видов закономерности взаимной сопряженности рассматриваемых показателей сходны (табл. 3).

Таблица 3

Корреляционная матрица исследуемых показателей лиственницы

| Индексы | Ширина годичного кольца | Ширина ранней древесины | Ширина поздней древесины | Доля поздней древесины |
|---|---|---|---|---|
| Ширина годичного кольца | 1,000 | - | - | - |
| Ширина ранней древесины | 0,958 | 1,000 | - | - |
| Ширина поздней древесины | 0,713 | 0,485 | 1,000 | - |
| Доля поздней древесины | 0,065 | -0,162 | 0,602 | 1,000 |

Для деревьев, находящихся в однородных климатических условиях, но развитие которых связано с особенностями режима увлажнения почв, важную роль играют атмосферные осадки и температурный режим периода вегетации. Температура воздуха может оказывать влияние на все ростовые процессы непосредственно через усиление или угнетение всех физиологических реакций и опосредованно – через транспирацию деревьев и регуляцию влажности корнеобитаемого слоя почвы. Поэтому важно оценить рост годичных колец с учетом сезонного развития. Для этого были рассчитаны корреляции, где в качестве зависимых переменных использовались индексы прироста лиственницы, а в качестве независимых переменных – климатические данные с марта по октябрь.

Анализ отклика приростов по диаметру на метеопараметры (температура воздуха, атмосферные осадки) выполнен по всей хронологии с 1955 по 2022 г. На формирование ранней древесины лиственницы оказывают влияние положительные температуры марта – у лиственницы Сукачева, сибирской, европейской и гибридной – и сумма положительных температур августа – для лиственниц охотской и Каяндера (рис. 1).

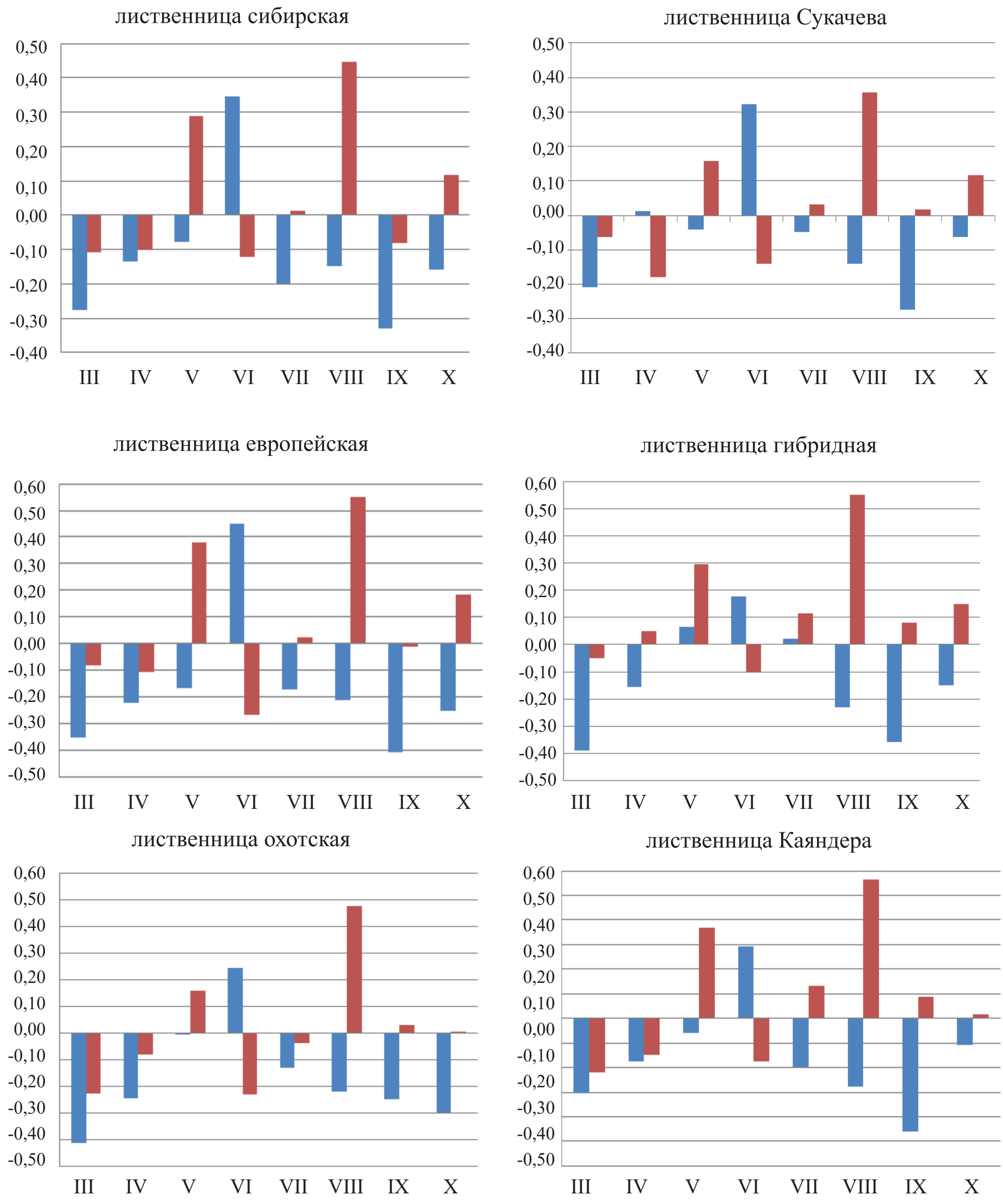
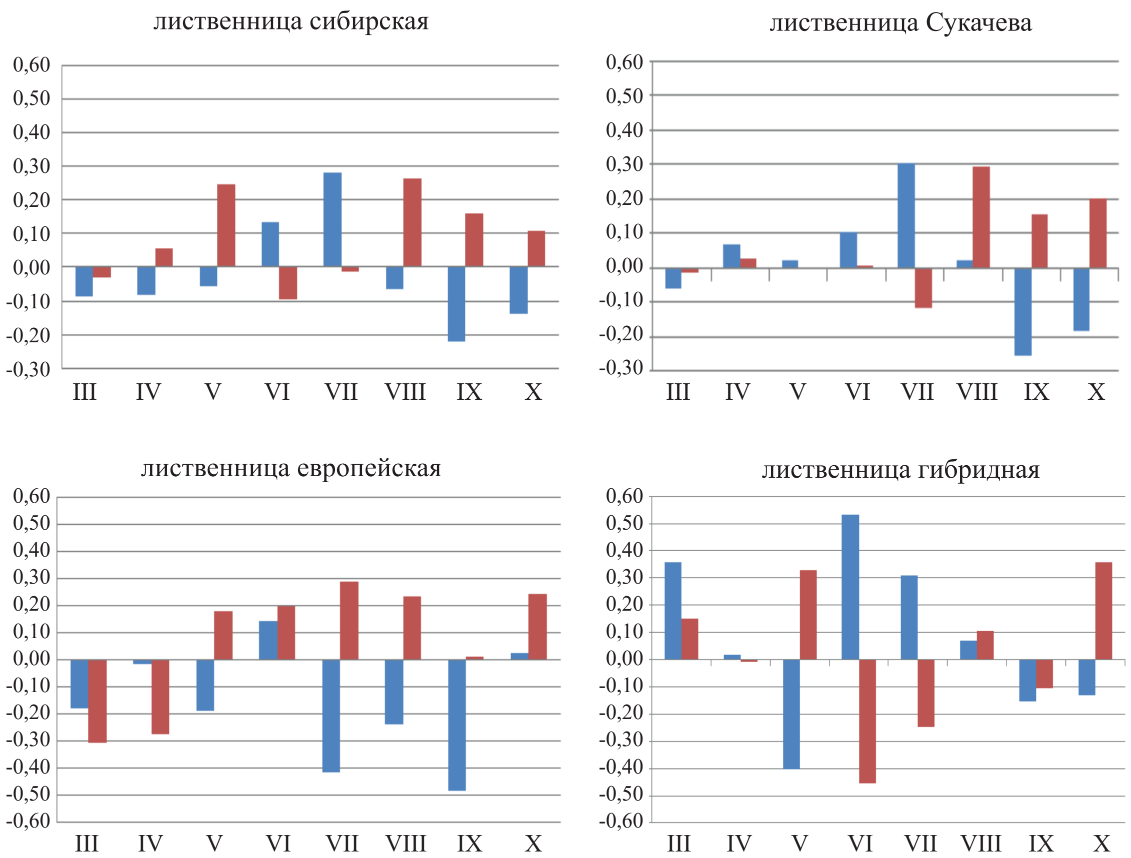



Рис. 1. Изменение индексов ширины слоя ранней древесины разных видов лиственницы в течение вегетационного сезона (III – X – порядковые обозначения месяцев года)

Так, на радиальный прирост лиственницы сибирской значимое влияние оказывают суммы положительных температур марта и августа ($r = 0{,}42$ в обоих случаях). При сумме положительных температур менее 50 °C наблюдается больший прирост. При повышении данного порога наблюдается снижение прироста в 2 раза. Незначительное влияние оказывает количество осадков в марте ($r = 0{,}13$) и июне ($r = 0{,}15$). Для лиственницы Сукачева и лиственницы сибирской отмечено сходное влияние климатических факторов. На прирост лиственницы европейской и гибридной слабое влияние оказывают положительные температуры на протяжении всего периода вегетации. Резкое повышение температур способствует снижению прироста ранней древесины. Определяющим фактором прироста является температурный режим марта ($r = 0{,}43$). Менее значимым оказалось влияние сумм осадков за май ($r = 0{,}16$) и август ($r = 0{,}36$). Для лиственницы Каяндера и охотской лиственницы наблюдается сходное влияние положительных температур мая ($r = 0{,}41–0{,}43$), августа ($r = 0{,}58–0{,}60$) и суммы осадков за март ($r = 0{,}23–0{,}25$) и апрель ($r = 0{,}10$). Таким образом, повышение температуры отрицательно сказывается на величине слоя ранней древесины.

В ряде опубликованных работ рассмотрены вопросы влияния климатических особенностей на сезонный рост и структуру годичных колец в условиях, строго ограниченных температурным режимом или осадками [9, 10, 16]. Авторы отмечают, что метеорологические условия влияют не только на ширину, но и на характеристики годичных колец. Однако при менее жестких ограничениях влияние погодных условий на рост древостоя непостоянен и зависит от условий произрастания [17, 18].

По результатам исследований наблюдается значительное влияние на прирост ранней древесины как температуры, так и количества осадков. В этих условиях взаимосвязь между климатом и структурой годичных колец носит более сложный характер. Анализ отклика обобщенных приростов поздней древесины на метеопараметры представлен на рисунке 2.



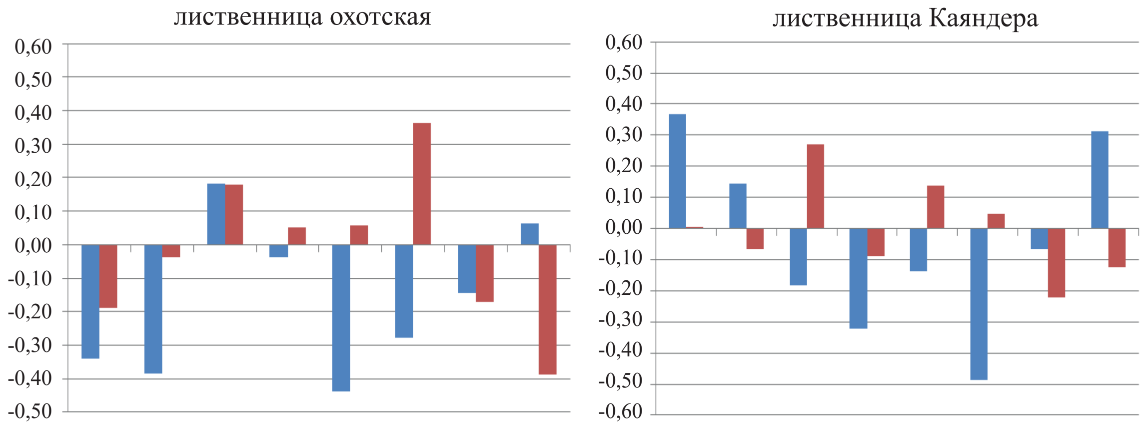



Рис. 2. Изменение индексов ширины слоя поздней древесины разных видов лиственницы в течение вегетационного сезона (III – X – порядковые обозначения месяцев года)

У лиственницы сибирской на протяжении всего периода вегетации на рост поздней древесины слабое влияние оказывают положительные температуры, а также количество осадков в марте ($r$ = 0,10) и июне ($r$ = 0,20). Наибольшая связь отмечена с температурным режимом марта ($r$ = 0,40). Слабая корреляционная зависимость установлена между количеством осадков в марте ($r$ = 0,08–0,14), июне ($r$ = 0,14–0,18) и положительными температурами всего вегетационного периода ($r$ = 0,14) характерно для лиственницы европейской и Сукачева. Формирование поздней древесины у гибридной лиственницы обусловлено слабой связью с положительными температурами марта ($r$ = 0,40). В незначительной степени прирост зависит от количества осадков в марте ($r$ = 0,11) и июне ($r$ = 0,18). У охотской лиственницы наблюдается корреляционные связи положительных температур с мая ($r$ = 0,42) по август ($r$ = 0,63) и количества осадков в марте ($r$ = 0,21), апреле ($r$ = 0,14) и мае ($r$ = 0,12). На рост лиственницы Каяндера слабое влияние оказывают положительные температуры марта ($r$ = 0,41) и августа ($r$ = 0,61), а также количество осадков за март ($r$ = 0,22) и апрель ($r$ = 0,11).

Расчет коэффициентов корреляции по среднемесячным температурам и количеству осадков за 70 лет показывает, что увеличение температуры в большинстве случаев сопровождается засухой. Поэтому повышение сумм температур в течение всего вегетационного периода лиственницы оказывает значительное влияние на радиальный прирост древесины. Связь между формированием ранней и поздней древесины с количеством осадков практически отсутствует. При этом ширина годичных колец лиственницы разного географического происхождения синхронно проявляет сигнал на количество осадков. Слабое влияние на формирование древесины наблюдается в марте, апреле, когда наблюдается избыточное увлажнение после схода снежного покрова. Для дальневосточных видов слабая связь отмечена в первой половине вегетационного периода. Таким образом, наличие достаточного количества осадков и глубокое промачивание почвы до грунтовой воды способствует увеличению прироста.

Рядом авторов высказывалась теория о наличии модели, описывающей формирование поздней древесины без участия климатических факторов [13, 14]. Отмечено, что существуют два режима, определяющих изменчивость ширины слоя поздней древесины: 1) обусловленный экологической средой, признаком которого является наличие слабой связи между колебаниями ранней и поздней древесины, и 2) генетически заложенной корреляцией между шириной слоя ранней и поздней древесины. Возможно, что первый режим является индикатором недостаточно благоприятных условий среды, как например, существование в городской среде [12].

**Заключение**

Установлено, что деревья, со сходными морфологическими характеристиками, не одинаковы по изменениям радиального прироста. Отмечено, что культуры лиственницы на исследуемых участках отличаются степенью восприятия воздействия на них метеорологических и биологических факторов. Температурный режим чаще всего оказывает наибольшее влияние на радиальный прирост в изучаемых условиях произрастания.

В условиях климата Воронежской области изменчивость радиального прироста слабо отражает колебания климатических факторов вследствие близких к оптимальным по термическому режиму и увлажнению условий. В то же время использование таких характеристик структуры годичных колец, как плотность древесины позволяет выявить влияние климатических условий на процессы формирования годичных колец более полно. Вместе с тем анатомические характеристики дают возможность детально восстановить условия сезона, при которых происходило их формирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. Алексеев, И.А. Лесное товароведение с основами древесиноведения : учебное пособие / И.А. Алексеев, О.И. Полубояринов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 457 с.
2. Бокщанин, Ю.Р. Пути расширения переработки и потребления лиственницы / Ю.Р. Бокщанин. – Свердловск : изд. Сверд. НТО бумлесдрев, 1962. – 98 с.
3. Ваганов, Е.А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годичных колец у хвойных / Е.А. Ваганов // Лесоведение. – 1996. – № 1. – С. 3–15.
4. Ваганов, Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск : Наука, 2000. – 232 с. – ISBN: 5-02-131418-8.
5. Вихров, В.Е. Технические свойства древесины в связи с типами леса / В.Е. Вихров, А.К. Лобасенок. – Минск : Изд-во Министерства высшего, среднего специального и профессионального образования, 1963. – 72 с.
6. ГОСТ 16483.18-72 Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. Дата введения 1984-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов. – 1984. – 4 с.
7. ГОСТ 16483.1–84. Древесина. Метод определения плотности. – М. : Изд-во стандартов. – 1985. – 6 с.
8. Исаева, Л.Н. Физико-механические свойства древесины основных пород Сибири / Л.Н. Исаева. – Красноярск : Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. – 310 с.
9. Кирдянов, А.В. Разделение климатического сигнала, содержащегося в изменчивости ширины и плотности годичных колец древесины / А.В. Кирдянов, Е.А. Ваганов // Лесоведение. – 2006. – № 6. – С. 71–75.
10. Магда, В.Н. Радиальный прирост сосны как индикатор атмосферного увлажнения в Минусинской котловине / В.Н. Магда, А.В. Зеленова // Известия Русского географического общества. – 2002. – Т. 134, Вып. 1. – С. 73–79.
11. Полубояринов, О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М. : Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.
12. Об утверждении СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции : Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации № 129/пр от 27.02.2017 г. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744725.pdf (дата обращения: 30.05.2023).
13. Романовский, М.Г. Перспективы моделирования динамики годичного прироста древесных растений как функции абиотических факторов / М.Г. Романовский // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов : сб. науч. тр. МЛТИ. – Вып. научн. тр. МЛТИ. – 1992, вып. 256. – С. 72–74.
14. Румянцев, Д.Е. Сопряженность в кратковременнной изменчивости ширины ранней и поздней древесины в годичных кольцах лиственниц в условиях Подмосковья / Д.Е. Румянцев, М.С. Александрова, Д.К. Николаев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2009. – № 1. – С. 56–60.
15. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для вузов / Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во МГУЛ, 1986. – 274 с.

16. Kirdyanov, A. The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic / A. Kirdyanov, M. Hughes, E. Vaganov [et al.] // Trees – Structure and Function. – 2003. – Vol. 17, no. 1. – P. 61–69. – DOI: 10.1007/s00468-002-0209-z.
17. Tardif, J. Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: climatic and site influences / J. Tardif, J.J. Camarero, M. Ribas, E. Gutiérrez // Ecological Monographs. – 2003. – Vol. 73, iss. 2. P. 241–257. – DOI: https://doi.org/10.1890/0012-9615(2003)073[0241:SVITGI]2.0.CO;2.
18. Wilson, R. Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction / R. Wilson, W. Elling // Trees. – 2004. – № 18. – P. 19–28. – DOI: 10.1007/s00468-003-0273-z.

## REFERENCES

1. Alekseev I.A., Polubojarinov O.I. Lesnoe tovarovedenie s osnovami drevesinovedenija: uchebnoe posobie [Alekseev I.A., Poluboyarinov O.I. Forest commodity science with the basics of wood science: textbook]. Joshkar-Ola, MarGTU [Yoshkar-Ola, MarGTU], 2006, 457 p. (In Russian).
2. Bokshhanin Ju.R. Puti rasshirenija pererabotki i potreblenija listvennicy [Bokshchanin Yu.R. Ways to expand the processing and consumption of larch]. Sverdlovsk, izd. Sverd. NTO bumlesdrev [Sverdlovsk: ed. Swd. NTO bumdrevprom], 1962, 98 p. (In Russian).
3. Vaganov E.A. Mehanizmy i imitacionnaja model' formirovanija struktury godichnyh kolec u hvojnyh [Vaganov E.A. Mechanisms and simulation model of the formation of the structure of annual rings in conifers]. *Lesovedenie* [*Forest science*], 1996, no. 1, pp. 3–15. (In Russian).
4. Vaganov E.A., Shashkin A.V. Rost i struktura godichnyh kolec hvojnyh [Vaganov E.A. Shashkin A.V. Growth and structure of annual rings of conifers]. Novosibirsk, Nauka [Novosibirsk, Science], 2000, 232 p. ISBN: 5-02-131418-8. (In Russian).
5. Vihrov V.E., Lobasenok A.K. Tehnicheskie svojstva drevesiny v svjazi s tipami lesa [Vikhrov V.E., Lobasenok A.K. Technical properties of wood in connection with forest types]. Minsk, Izd-vo Ministerstva vysshego, srednego special'nogo i professional'nogo obrazovanija [Minsk, Publishing House of the Ministry of Higher, Secondary Special and Vocational Education], 1963, 72 p. (In Russian).
6. GOST 16483.18-72 Metod opredelenija chisla godichnyh sloev v 1 sm i soderzhanija pozdnej drevesiny v godichnom sloe [GOST 16483.18-72 Method for determining the number of annual layers in 1 cm and the content of late wood in the annual layer]. M., Izd-vo standartov [Moscow, Publishing House of Standards], 1984, 4 p. (In Russian).
7. GOSt 16483.1–84. Drevesina. Metod opredelenija plotnosti [GOST 16483.1–84. Wood. Density determination method]. Moscow, Izd-vo standartov [Moscow, Publishing House of Standards], 1985, 6 p. (In Russian).
8. Isaeva L.N. Fiziko-mehanicheskie svojstva drevesiny osnovnyh porod Sibiri [Isaeva L.N. Physical and mechanical properties of the wood of the main breeds of Siberia]. Krasnojarsk, In-t lesa i drevesiny im. V.N. Sukacheva SO AN SSSR [Krasnoyarsk, V.N. Sukachev Institute of Forest and Timber of the SB Academy of Sciences of the USSR], 1975, 310 p. (In Russian).
9. Kirdjanov A.V. Razdelenie klimaticheskogo signala, soderzhashhegosja v izmenchivosti shiriny i plotnosti godichnyh kolec drevesiny [Kirdyanov A.V. Separation of the climatic signal contained in the variability of the width and density of annual rings of wood]. *Lesovedenie* [*Forest science*], 2006, no. 6, pp. 71–75. (In Russian).
10. Magda V.N., Zelenova A.V. Radial'nyj prirost sosny kak indikator atmosfernogo uvlazhnenija v Minusinskoj kotlovine [Magda V.N., Zelenova A.V. Radial growth of pine as an indicator of atmospheric moisture in the Minusinsk basin]. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshhestva* [*News of the Russian Geographical Society*], 2002, Vol. 134, no. 1, pp. 73–79. (In Russian).
11. Polubojarinov O.I. Plotnost' drevesiny [Poluboyarinov O.I. Wood density]. Moskva, Lesn. prom-st' [Moscow: Forest industry], 1976, 160 p. (In Russian).
12. Ob utverzhdenii SP 64.13330.2017 «SNiP II-25-80 Derevjannye konstrukcii» [On approval of SP 64.13330.2017 «SNiP II-25-80 Wooden structures»]. Utverzhden Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva Rossijskoj Federacii № 129/pr [Approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation No. 129/pr], 2017, 105 p. (date of the application: 30.05.2023). (In Russian).

13. Romanovskij M.G. Perspektivy modelirovanija dinamiki godichnogo prirosta drevesnyh rastenij kak funkcii abioticheskih faktorov [Romanovsky M.G. Prospects for modeling the dynamics of annual growth of woody plants as a function of abiotic factors]. *Racional'noe ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnyh resursov, sb. nauch. tr. MLTI* [*Rational use and reproduction of forest resources: collection of scientific tr., MLTI*], 1992, pp. 72–74. (In Russian).
14. Rumjancev D.E. Soprjazhennost' v kratkovremennnoj izmenchivosti shiriny rannej i pozdnej drevesiny v godichnyh kol'cah listvennic v uslovijah Podmoskov'ja [Rumyantsev D.E. Conjugacy in the short-term variability of the width of early and late wood in annual rings of larch trees in the conditions of the Moscow region]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik* [*Bulletin of the Moscow State University of the Forest - Forest Bulletin*], 2009, no. 1, pp. 56–60. (In Russian).
15. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija: uchebnik dlja vuzov [Ugolev B.N. Wood science with the basics of forest commodity science: textbook for universities]. M., Izdatel'skij centr «Akademija» [Moscow, Publishing center «Academy»], 1986, 274 p. (In Russian).
16. Kirdyanov A., Hughes M., Vaganov E., Schweingruber F., Silkin P. The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic. *Trees – Structure and Function*, 2003, vol. 17, no. 1, pp. 61–69. DOI: 10.1007/s00468-002-0209-z.
17. Tardif J.C., Camarero J.J., Ribas M., Gutiérrez E. Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: climatic and site influences. Ecological Monographs, 2003, vol. 73, pp. 241–257.
18. Wilson R., Elling W. Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction. *Trees*, 2004, vol. 18, pp. 19–28. DOI: 10.1007/s00468-003-0273-z.


Статья поступила в редакцию 11.07.2023