

УДК 630\*561.24

# АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*PICEA OBOVATA*) И ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA*) НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «ВИШЕРСКИЙ»

© 2016 Д.Н. Андреев, Ю.В. Хотяновская

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Статья поступила в редакцию 09.05.2016

В статье представлены результаты первого дендрохронологического анализа на территории государственного природного заповедника Вишерский. Построены обобщенные древесно-кольцевые хронологии для трех пробных площадок по каждому классу возраста. Определены годы с максимальными и минимальными годовыми приростами.

Ключевые слова: *древесный керн, годовичные кольца, радиальный прирост, ель сибирская, пихта сибирская, Вишерский заповедник*

Способность древесных растений являться естественными мониторами и банками хранения информации о состоянии внешней среды и динамике биогеоценотических процессов давно и широко используется исследователями для решения различных научных и прикладных задач. Примененный в данном исследовании дендрохронологический метод основан на анализе неповторимого во времени рисунка ширины годовичных колец у деревьев, произрастающих в пределах одной территории со сходными условиями [6, 10]. У хвойных и кольцесосудистых пород, произрастающих в умеренной зоне, годовичные кольца хорошо различимы вследствие различий анатомического строения трахеид и сосудов, произведенных камбием в начале и в конце вегетационного периода [5]. Радиальный прирост стволовой древесины лесообразующих древесных растений – сложный интегральный показатель, в формировании которого участвуют генотип каждого конкретного растения и комплекс факторов внешней среды. При этом ни индивидуальные генетические особенности, ни отдельные экологические факторы, исключая катастрофические события, не определяют полностью реально наблюдаемую изменчивость радиального прироста [12].

В июне 2014 г. сотрудниками кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ и государственного природного заповедника «Вишерский» была организована комплексная экспедиция, направленная на изучение природных особенностей заповедника [4, 11, 14]. Одной из задач экспедиции стал отбор древесных кернов для последующего построения древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) и их анализа.

Вишерский заповедник расположен на западном макросклоне Северного Урала, на крайнем северо-востоке Пермского края, в верховьях р. Вишера (между 60°54' - 61°40' с.ш. и 58°40' - 59°27' в.д.). Протяженность территории с севера на юг составляет 87,5 км, с запада на восток в самой широкой части 37,5 км [2]. По основам ландшафтно-географического районирования климатов описываемая территория относится к холодной, достаточно влажной зоне. Вегетационный период

сокращён до 140-150 дней, продолжительность безморозного периода составляет 30-80 дней, но заморозки возможны в любые месяцы лета [1]. Уральские горы, как естественное препятствие, создают благоприятные условия для выпадения осадков в предгорных и горных районах. В среднем за год в горных долинах (на высотах 260-460 м) выпадает 830-940 мм осадков. Сложный горный рельеф создает различные условия накопления снега: на подветренных склонах, во впадинах и в криволинейной снежной массе достигает исключительной мощности, 4-5 м [2]. Характерной особенностью климата являются температурные инверсии, возникающие вследствие ослабленного обмена воздуха, сильно расчленённого рельефа [1].

По ботанико-географическому районированию Пермского края С.А. Овеснова [8] заповедник преимущественно располагается в северо- и среднетаежных кедрово-еловых горных лесах и частично в средне- и южнотаежных предгорных пихтово-еловых и елово-пихтовых лесах. Территория заповедника относится к экорегиону WWF «Уральские горные тундры и тайга» [9]. Согласно данным лесоустройства (2007), покрытая лесом площадь составляет 76%, из них – темнохвойными породами – 68% [2]. Хвойные виды деревьев наиболее пригодны для проведения дендрохронологического анализа, поскольку они наиболее долговечны, имеют хорошо различимые годовичные кольца, а их прирост очень чувствителен к изменению внешних условий [12].

**Цель исследования:** получение данных о возрасте и динамике радиального прироста ели сибирской (*Picea obovata*) и пихты сибирской (*Abies sibirica*) под влиянием совокупности сопряженно действующих факторов в условиях Вишерского заповедника. Подобное исследование для заповедника «Вишерский» проведено впервые.

**Материал и методы.** Для исследования были заложены три пробные площадки (ПП), каждая из которых находилась на разных высотах (рис. 1), в разных биотопах и микроклиматических условиях. Географические координаты определялись с помощью GPS-навигатора (Garmin eTrex H). Высота каждого дерева измерялась при помощи лазерного дальномера (Nikon Forestry Pro), так же измерялся диаметр ствола на уровне груди. Для каждого типа условий местообитания делалось обобщенное геоботаническое описание (табл. 1). Отбор образцов древесины производился с

Андреев Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией экологии и охраны природы. E-mail: andreev@psu.ru

Хотяновская Юлия Владимировна, инженер. E-mail: 79082412863@yandex.ru

помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м по одному радиусу, преимущественно с северной стороны ствола. На каждой ПП объем выборки составлял 24 дерева. При их отборе предпочтение отдавалось наиболее старым и прямостоящим [13].

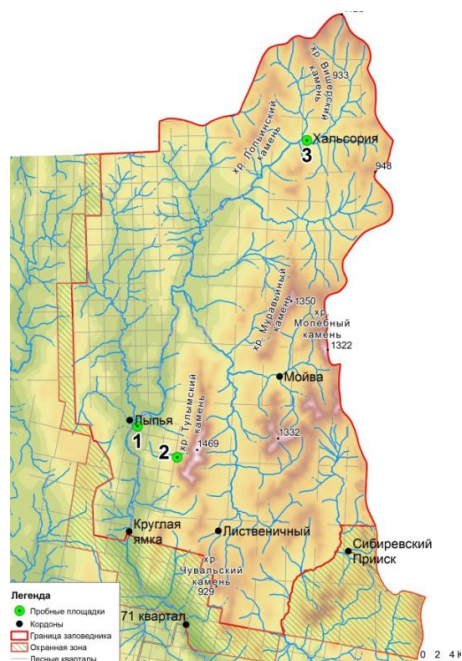


Рис. 1. Расположение ПП

Исходными данными для дендрохронологического анализа радиального прироста послужили средние значения прироста, рассчитанные по измерениям ширины годовичных колец (ШГК). Эти измерения

проводились на установке LINTAB 6, которая представляет собой комплекс, предназначенный для измерения величин прироста годовичных колец полуавтоматическим способом и её последующего статистического и графического анализа. Прибор состоит из бинокулярного микроскопа,двигающегося столика, обеспечивающего линейное перемещение образца с точностью 0,01 мм, приспособления, преобразующего электронный сигнал в цифровой, а также компьютера со специальным программным обеспечением [7]. К прибору прилагается компьютерная программа TSAP-Win, которая позволяет вводить данные измерений в компьютер, исправлять и анализировать полученные данные, представлять их в табличной и графической форме. Для контроля за правильностью выполненных измерений, серия измерений каждого керна перекрестно датировалась в программе TSAP-Win со средней групповой хронологией. В случае низкого уровня синхронности керна поступал на повторное измерение [7].

Перед измерением все керны проходили предварительную подготовку. Каждый керн вставлялся в деревянный держатель, его поверхность зачищалась с помощью канцелярского ножа. Для увеличения контрастности между ранним и поздним приростом годовичного кольца использовался порошок мела. Качество поверхности образца должно быть таким, чтобы под микроскопом при большом увеличении была чётко видна его структура. Качество зачистки гарантирует обнаружение самых узких колец. Зная точное календарное время взятия образца и формирования в нём подкорового кольца, обратным отсчётом определяются календарные даты образования всех колец измеряемого керна.

Таблица 1. Характеристика ПП

| Тип леса / исследуемая порода                                   | Координаты                       | Высота над уровнем моря, м | Средний диаметр деревьев, см | Средняя высота деревьев, м |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ПП 1 (тайга, Лыпя)                                              |                                  |                            |                              |                            |
| елово-пихтовый лес кислично-мелкопапоротниковый / ель сибирская | 61°09'19" с.ш.<br>58°46'16" в.д. | 284                        | 22,3                         | 19,0                       |
| ПП 2 (криволесье)                                               |                                  |                            |                              |                            |
| березово-пихтовое горное криволесье/ пихта сибирская            | 61°07'99" с.ш.<br>58°52'36" в.д. | 618                        | 12,6                         | 7,8                        |
| ПП 3 (тайга, Хальсория)                                         |                                  |                            |                              |                            |
| разреженный ельник кислично-папоротниковый / ель сибирская      | 61°30'87" с.ш.<br>59°13'48" в.д. | 412                        | 32,0                         | 18,8                       |

Для получения средних величин годовичных колец данные о ширине  $i$  всех учетных деревьев суммируются по каждому календарному году в отдельности и суммы делятся на число образцов  $n$ :

$$i_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n i_j}{n}$$

Если в исследуемом насаждении находятся несколько возрастных групп деревьев, для них средние многолетние кривые радиального прироста следует рассчитывать в отдельности [3].

**Результаты и их обсуждение.** По измерениям ШГК получено 48 индивидуальных серий приростов ели (24 – ПП 1, 24 – ПП 3) и 24 – пихты (ПП 2). Длительность индивидуальных древесно-кольцевых хронологий на ПП 1 варьирует от 72 до 100 лет при среднем значении 85 лет. Поскольку деревья на данной ПП

относятся к двум возрастным группам, средние многолетние кривые радиального прироста рассчитывались дифференцированно (рис. 2).

Деревья на ПП 1 обоих классов возраста синхронно реагируют на влияние сходных внешних факторов. Можно выделить реперные годы с низкими значениями прироста (1948, 1959, 1964, 1978, 1999) и с высокими (1943, 1958, 1966, 1985, 2001, 2011) для каждого модельного дерева. Деревья IV класса имеют большие значения прироста, что связано с их меньшим возрастом, а соответственно, и более активным ростом. На ПП 2 возраст деревьев изменяется от 78 до 135 лет при среднем значении 99 лет. Здесь все обследованные деревья были разделены на четыре класса возраста (рис. 3).

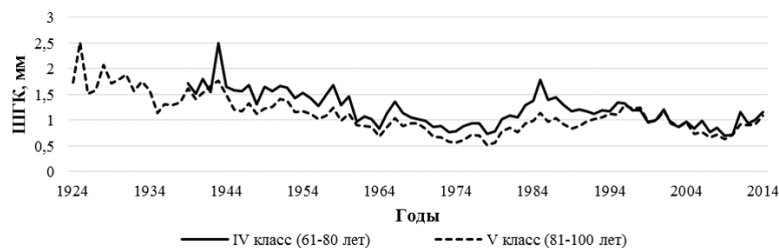


Рис. 2. Динамика радиального прироста ели сибирской IV-V классов возраста на ПП 1

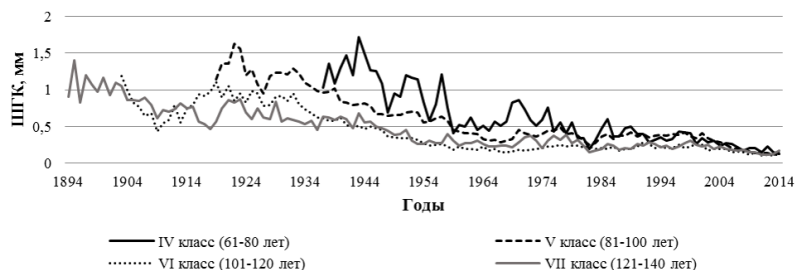


Рис. 3. Динамика радиального прироста пихты сибирской IV-VII классов возраста на ПП 2

В криволинейной наблюдается аналогичная картина, ширина годичного кольца уменьшается с возрастом дерева. Выявлено, что синхронность графиков на всем их протяжении не так велика, но в отдельные годы (1909, 1926) наблюдаются синхронные снижения размеров прироста, в отдельные – синхронный прирост (1929, 1943). На ПП 3 возраст модельных деревьев варьирует от 84 до 274 лет при среднем значении 137 лет. Здесь так же деревья разделены на четыре возрастных класса – это V, VI, VIII, XII (рис. 4). На обследованной территории не обнаружены VII, IX-XI классы. Синхронность графиков достаточно заметна,

большинство совпадений между VIII и XII классами возраста и V и VI, что связано с большой возрастной разницей. Для первой пары (VIII и XII классы) годы снижения роста приходятся на 1888, 1904, 1989, 2007, годами большого прироста являются 1892, 1929, 1943, 1984. Для V и VI классов возраста в 1930, 1933, 1953 годах отмечено значительное снижение роста, в 1965, 1994, 2010 – значительный прирост.

По результатам измерений построена столбчатая диаграмма, отражающая количественное соотношение модельных образцов каждого класса возраста для всех ПП (рис. 5).

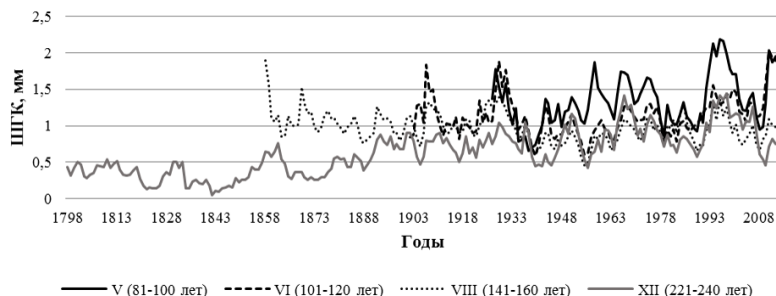


Рис. 4. Динамика радиального прироста ели сибирской V, VI, VIII, XII классов возраста на ПП 3

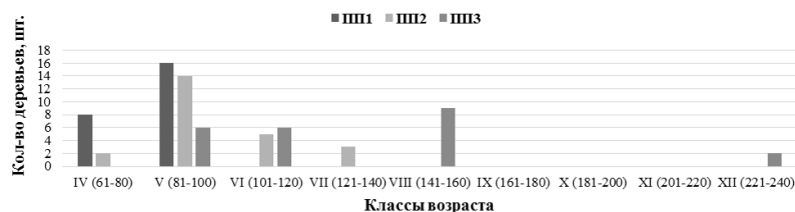


Рис. 5. Распределение деревьев по классам возраста

Имеет смысл отдельно сравнить радиальный прирост деревьев IV, V, VI классов по площадкам. На рис. 6-8 изображены сравнительные графики по значениям радиального прироста деревьев на ПП 1 и ПП 2 для IV класса возраста, на ПП 1, ПП 2, ПП 3 для V класса возраста, на ПП 2, ПП 3 для VI класса возраста соответственно.

Созданием серий годичных колец ели и пихты положено начало формирования дендрохронологической базы данных Вишерского заповедника, которая может быть использована для ретроспективного экологического мониторинга, а именно определения влияния локальных, региональных и глобальных факторов среды, влияющих на межгодовую и внутривековую изменчивость роста деревьев.

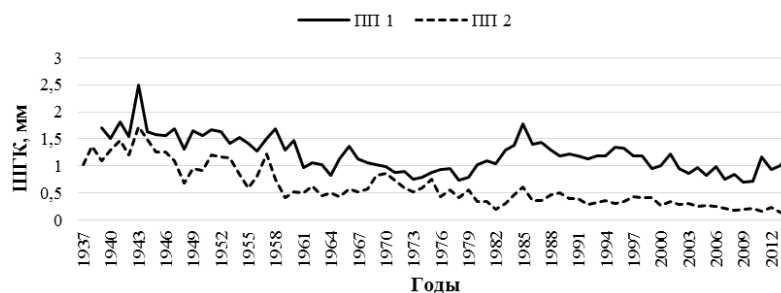


Рис. 6. Сравнение радиального прироста деревьев IV класса возраста для ПП 1 и ПП 2

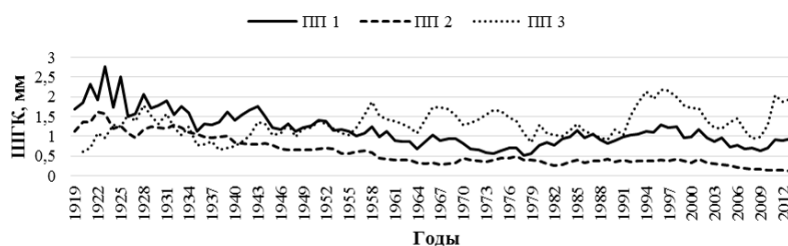


Рис. 7. Сравнение радиального прироста деревьев V класса возраста для ПП 1, ПП 2, ПП 3

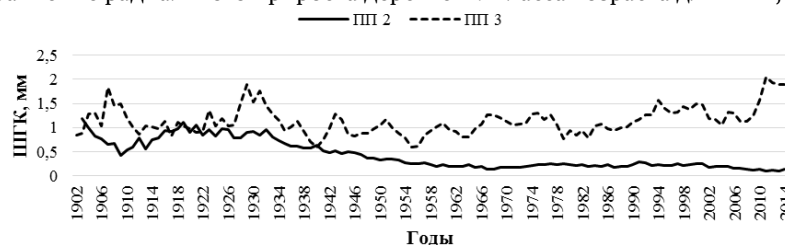


Рис. 8. Сравнение радиального прироста деревьев VI класса возраста для ПП 2 и ПП 3

#### Выводы:

1. На территории заповедника «Вишерский» (близ кордона Хальсория – ПП 3) эпизодически можно найти долгоживущие деревья для построения относительно длительных хронологий.
2. Анализ изменения радиального прироста ели сибирской и пихты сибирской под влиянием совокупности сопряженно действующих факторов показал, что ШГК у обеих пород на всех трех площадках характеризуется сходной динамикой с хорошо выраженными годами максимального и минимального прироста.
3. Ответная реакция пихты сибирской при произрастании в экстремальных лесорастительных условиях (ПП 2 – криволесье) проявляется в низких значениях размеров прироста вне зависимости от класса возраста, что является адекватной реакцией на стрессовые факторы и может быть отнесена к категории адаптивных ответных реакций.
4. Полученные древесно-кольцевые хронологии могут быть использованы для анализа климатического отклика и выделения «следа», оставленного каким-либо фактором.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас Пермского края / Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: 2012. 124 с.
2. Белковская, Т.П. Растительность и флора, грибы, лишайники заповедника «Вишерский» / Т.П. Белковская, Л.Г. Переведенцева, О.И. Мухомудин и др. – Соликамск, 2014. 400 с.
3. Битвинская, Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с.
4. Бузмаков, С.А. Выявление территорий, перспективных для создания природного парка в Пермском крае / С.А. Бузмаков, А.А. Зайцев, П.Ю. Санников // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. №1. С. 1492–1495.
5. Ваганов, Е.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец / Е.А. Ваганов, И.А. Терсков. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1977. 93 с.
6. Гурская, М.А. Древесно-кольцевые хронологии хвойных деревьев для абсолютного календарного датирования городища Усть-Войкарского // Краткие сообщения Института археологии. 2006. Вып. 220. С. 142–151.
7. Ловелуус, Н.В. К созданию эталонных серий прироста годичных колец деревьев в Вологодской области / Н.В. Ловелуус, С.В. Лежнева, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев // Псковский регионологический журнал. 2013. № 16. С. 90–97.
8. Овеснов, С.А. Ботанико-географическое районирование Пермской области // Вестн. Перм. ун-та. 2000. Вып.2: Биология. С. 13–21.
9. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития, авторы-составители В.Г. Кревер, М.С. Стишов, И.А. Онуфреня. – WWF России, 2009. 48 с.
10. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 109 с.
11. Санников, П.Ю. Развитие сети особо охраняемых природных территорий для сохранения географического разнообразия Пермского края / П.Ю. Санников, С.А. Бузмаков // Вестник Удм. гос. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 4. С. 22–34.
12. Шиятов, С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. – М.: Наука, 1986. 136 с.
13. Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Ч 1: Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. Пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др. – Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
14. Buzmakov, S.A. Landscape and biological diversity of protected areas network in Perm Krai / S.A. Buzmakov, P.Yu. Sannikov // Advances in Environmental Biology. 8 (13) August 2014. P. 473–479.

**ANALYSIS OF CHANGES IN RADIAL INCREMENT OF SIBERIAN SPRUCE  
(*PICEA OBOVATA*) AND SIBERIAN FIR (*ABIES SIBIRICA*) IN THE  
NATURE RESERVE «VISHERSKIY»**

© 2016 D.N. Andreev, Y.V. Khotyanovskaya

Perm State National Research University

In the paper we present the results of first dendrochronological analysis at the territory of nature reserve «Visherskiy». The generalized tree-ring chronology were done for all sample area in each classes of age. It was determined the years with maximum and minimum annual increases.

Key words: *increment core, tree-rings, radial increment, Picea obovata, Abies sibirica, natural reserve «Visherskiy»*

---

*Dmitriy Andreev, Candidate of Geography, Head of the Ecology and Nature Protection Laboratory. E-mail: andreev@psu.ru;*  
*Yuliya Khotyanovskaya, Engineer. E-mail: 79082412863@yandex.ru*