

ДЕНДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ЕЛИ ШРЕНКА В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ

А.А. Епишков¹, Д. Е. Румянцев^{1✉}, Г.А. Бойко²

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Ботанический сад Биологического факультета, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

dendro15@list.ru

Впервые на материале ели Шренка (*Picea schrenkiana* F. et M.) из Ботанического сада МГУ были получены временные ряды радиального прироста и на их основе получены датированные хронологии данного вида ели. Апробирована ранее разработанная специфическая методика перекрестной датировки древесно-кольцевых хронологий, пригодная для получения дендрохронологической информации для видов, произрастающих на крайних пределах интродукции. Выявлены выпавшие годичные кольца у ряда деревьев в 2007–2010 гг. Основное неблагоприятное воздействие на рост ели Шренка имело место в 2007 г., после чего у каждого дерева выпало разное число годичных колец (в зависимости от силы повреждения). Методом климаграмм установлено, что основное неблагоприятное воздействие в 2007 г. оказали повышенные температуры воздуха в январе, морозы февраля и последовавшая за этим засуха в начале вегетационного периода.

Ключевые слова: перекрестная датировка, интродуценты, выпавшие годичные кольца, древесно-кольцевая хронология

Ссылка для цитирования: Епишков А.А., Румянцев Д.Е., Бойко Г.А. Дендроэкологическое исследование роста ели Шренка в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова по данным анализа годичных колец // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 31–39. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-31-39

Дендрохронология — наука, изучающая изменчивость годичных колец вторичной ксилемы древесных растений во временном аспекте. Исследования изменчивости годичных колец имеют многовековую историю. В начале XX в. преимущественно в работах американского ученого Эндрю Дугласа были сформулированы методологические основы данного научного направления [1]. Одним из главных открытий Дугласа был метод перекрестной датировки. В неблагоприятных условиях произрастания перекрестная датировка временных рядов радиального прироста затруднена по причине высокой частоты встречаемости выпадающих годичных колец [2, 3]. Если датировка на основе расчета коэффициентов синхронности затруднена, то может использоваться визуальный осмотр изменчивости годичных колец, при котором фиксируется не только изменчивость их ширины, но и ряд вспомогательных признаков: общий характер роста, наличие морозобойных и ложных колец, процент поздней древесины и др. [3, 4].

В настоящее время методы дендрохронологии достаточно хорошо разработаны и продолжают совершенствоваться [5–11]. Результаты дендроэкологических исследований, проведенных на основе изменчивости годичных колец, признаются мировым сообществом высоко достоверными.

Значительный объем исследовательских работ посвящен вопросам влияния климата на изменчивость годичных колец ели Шренка в условиях естественного ареала произрастания [12–16]. Любопытно отметить, что первой российской работой, в которой уделяется внимание закономерностям изменчивости годичных колец, по-видимому, был вышедший на немецком языке труд сотрудника Петербургского ботанического сада Александра Ивановича Шренка «Путешествие к северо-востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам, предпринятое в 1837 г. Александром Шренком» [17]. Второй том этого труда вышел в 1854 г., и, в частности, содержит сведения о том, что с южной стороны ствола дерева формируются более широкие годичные кольца, благодаря чему ствол дерева приобретает эксцентricность.

Цель работы

Цель работы — апробация ранее разработанной методики перекрестной датировки для деревьев, произрастающих на северном пределе возможной интродукции.

Первичная разработка методики выполнена на материале ели Шренка (*Picea schrenkiana* F. et M.) и ели восточной (*Picea orientalis* (L.) Link.) из Москвы. В рамках достижения этой цели ранее были обследованы посадки данных видов ели в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина

Российской академии наук [4]. В данной работе изложены результаты исследований роста ели Шренка в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова. Природный ареал ели Шренка расположен в горах Тянь-Шаня [6, 18–21]. Этот вид, естественный ареал которого расположен значительно южнее Москвы и территория Москвы и Московской области, по существу, пред-

ставляет уже северную границу его возможной относительно успешной интродукции [18–20, 22].

Дендрохронологические исследования роста видов интродуцентов, произрастающих у крайней экологической границы своей возможной интродукции, сталкиваются с проблемой «выпадающих» годовичных колец. Высокая частота встречаемости «выпадающих» годовичных колец, разное число выпавших колец на образцах древесины, ограниченное число пригодных для исследования учетных деревьев затрудняют процедуру перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий. Тем самым затрудняется построение правильной обобщенной групповой хронологии, характеризующей рост вида в данных природно-климатических условиях, затрудняют выполнение дендрохронологического анализа [3, 4].

Выявление погодных условий, вызывающих формирование выпавших годовичных колец, позволяет выявить климатические факторы критически значимые для состояния этих видов деревьев, и затем с помощью учета орографии и разработки технологий ухода может позволить улучшить рост посадок этих видов в урбанизированной среде. Тема исследования соответствует актуальной научной задаче разработки методической базы для расширенного использования дендрохронологической информации в сфере лесного хозяйства и ухода за деревьями в урбанизированной среде [17, 23].

Материалы и методы

В сентябре 2014 г. в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова (далее — Ботсад МГУ) с учетных деревьев ели Шренка с помощью бурава Пресслера выполнен отбор образцов древесины для дендрохронологических исследований. Кernels отбирались по произвольно взятому радиусу, по одному kernelу с каждого учетного дерева (табл. 1, рис. 1).

Как видно по данным, приведенным в табл. 1, исследуемые учетные деревья характеризуются относительно небольшими для своего возраста размерами. Сопоставление таксационных параметров ели Шренка из Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) и из Ботсада МГУ приведено в табл. 2.

Таким образом, деревья ели Шренка на обоих объектах имеют сопоставимые размеры. Все они уступают по таксационным показателям автохтонной для Московской области ели европейской аналогичного возраста.

На примере ели Шренка и ели восточной из ГБС РАН ранее нами были разработаны методические приемы, которые могут быть использованы

Т а б л и ц а 1

Характеристика учетных деревьев ели Шренка (сентябрь 2014 г.)

Characteristics of Schrenk's spruce accounting trees (September 2014)

| Номер учетного дерева | Диаметр на высоте 1,3 м (см) | Высота, м | Категория состояния | Высота отбора керна, м |
|-----------------------|------------------------------|-----------|---------------------|------------------------|
| 1 | 20 | 15 | 2 | 1,5 |
| 2 | 18 | 14 | 2 | 1,5 |
| 3 | 18 | 14 | 2 | 1,5 |
| 4 | 14 | 13 | 2 | 1,5 |
| 5 | 16 | 14 | 3 | 1,5 |
| 6 | 14 | 14 | 2 | 1,5 |
| 7 | 11 | 10 | 2 | 1,5 |
| 8 | 16 | 12 | 2 | 1,5 |

Примечание. У ели № 1 на высоте 50 см ствол раздвоен.



Рис. 1. Ель Шренка в дендрарии Ботанического сада МГУ имени М.В. Ломоносова

Fig. 1. Schrenk's spruce tree in the arboretum of Moscow State University

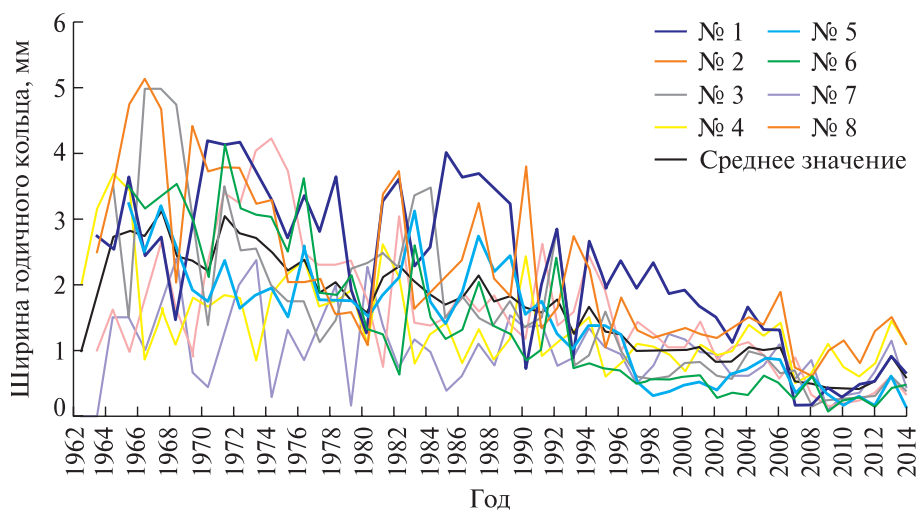


Рис. 2. Первичные результаты измерения ширины годичных колец у учетных деревьев (№ 1–8) ели Шренка

Fig. 2. Primary results of measuring the width of the annual ring in Schrenk's spruce accounting trees

Т а б л и ц а 2

Обобщенные характеристики учетных деревьев ели Шренка на двух объектах
Generalized characteristics of Schrenk's spruce accounting trees at two sites

| Вид | Средний диаметр на высоте 1,3 м (см) | Средняя высота, м | Средняя категория состояния, балл | Число учетных деревьев |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Ель Шренка в ГБС РАН | 15,6 | 12 | 2,5 | 6 |
| Ель Шренка в Ботсаду МГУ | 15,8 | 13,2 | 2,1 | 8 |

для перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий хвойных видов интродуцентов [4]:

А) использование в качестве эталонной хронологии индивидуальной хронологии дерева с наилучшим состоянием; построение «промежуточной средней» по материалам двух и более датированных между собой хронологий;

Б) итерационный метод формирования эталонной хронологии — последовательный расчет ее на основе средней по всем правильно датированным на данном этапе работы хронологиям;

В) выявление годичных колец со специфической анатомической структурой и проверка гипотезы о том, что характерные кольца сформировались в один и тот же год, отличающийся своеобразными характеристиками погодного режима;

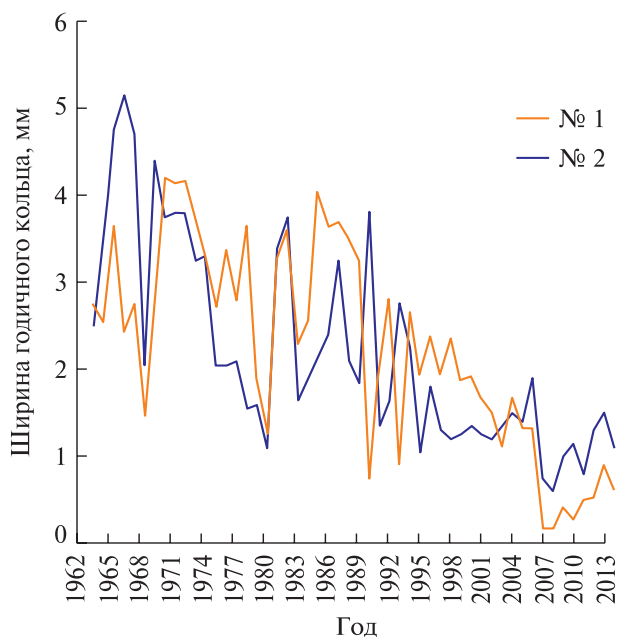


Рис. 3. Сравнение хронологий учетных деревьев ели Шренка № 1 и № 2

Fig. 3. Graph comparing the chronologies of Schrenk's spruce accounting trees No. 1 and No. 2

Г) привлечение к процедуре датировки хронологий по иным видам данного рода из числа успешно произрастающих в данном регионе условиях интродукции, а также, если это возможно, то и автохтонных для региона.

Результаты и обсуждение

Сопоставление полученных в результате измерений временных рядов радиального прироста учетных деревьев ели Шренка между собой, а

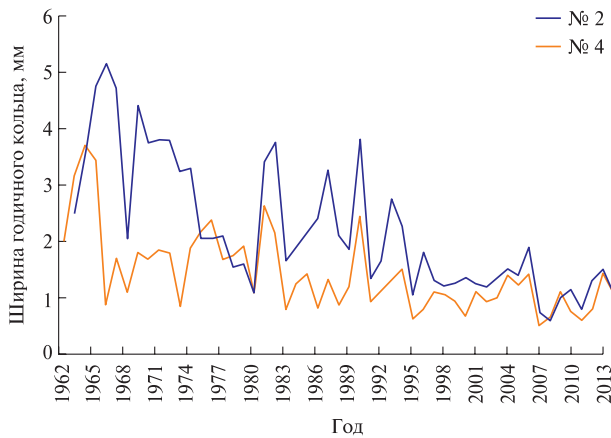


Рис. 4. Сравнение хронологий учетных деревьев ели Шренка № 2 и № 4
Fig. 4. Graphs of Schrenk's spruce accounting trees No. 2 and No. 4 chronologies

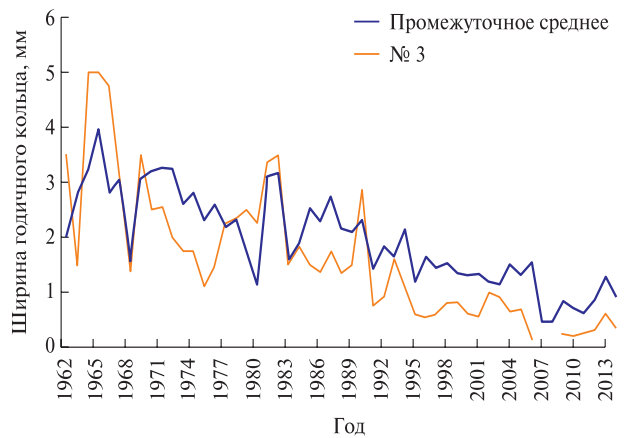


Рис. 5. Сравнение хронологий промежуточного значения учетных деревьев ели Шренка № 1, 2, 4 и № 3
Fig. 5. Graphs of the intermediate value of Schrenk's spruce accounting trees numbers 1, 2, 4 and No. 3 chronologies

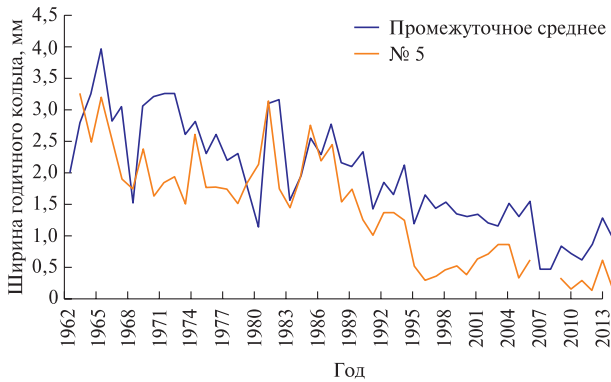


Рис. 6. Сравнение хронологий промежуточного значения учетных деревьев ели Шренка № 1, 2, 4 и № 5
Fig. 6. Graphs of comparison of the intermediate value of Schrenk's spruce accounting trees numbers 1, 2, 4 and No. 5 chronologies

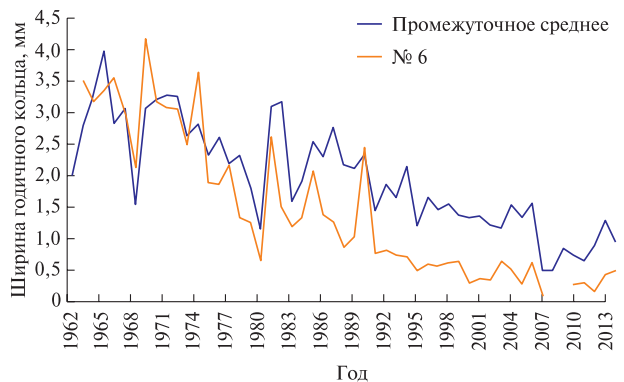


Рис. 7. Сравнение хронологий промежуточного значения учетных деревьев ели Шренка № 1, 2, 4 и № 6
Fig. 7. Charts for comparing the chronologies of the intermediate value of Schrenk's spruce accounting trees numbers 1, 2, 4 and No. 6

также с групповой средней хронологией, показало наличие значительной асинхронности в колебаниях прироста (рис. 2).

Так же, как и в ГБС РАН, в качестве эталонной хронологии нами была принята хронология с максимально широкими годовыми кольцами, т. е. хронология дерева, для роста которого данная среда наиболее благоприятна (учетное дерево № 2).

Проводилась последовательная визуальная перекрестная датировка хронологий в программе Microsoft Excel, отдельные примеры которой на примере учетного дерева отражает серия графиков (рис. 3–9).

После применения процедуры перекрестной датировки удалось датировать все остальные хронологии между собой (рис. 10). Важную роль в процессе перекрестной датировки играл характерный минимум 1968 г., характерный максимум 1981 г. и характерный максимум 1990 г., повторяющиеся у каждой индивидуальной хронологии. Важно отметить, что характерный максимум

1990 г., который ранее наблюдался нами при исследовании деревьев ели Шренка из ГБС РАН, также наблюдается и при исследовании деревьев ели Шренка из Ботсада МГУ, что говорит об идентичности, реакции прироста деревьев ели Шренка в г. Москва на условия этого года.

На рис. 10 отражены итоги выполненной визуальной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий и средняя ценопопуляционная хронология, построенная после выполнения процедуры перекрестной датировки.

Строение нормально сформированных годовых колец у ученого дерева ели Шренка № 1 отражает микрофото (рис. 11).

Рис. 11 показывает, что также как и в ценопопуляции ели Шренка из ГБС РАН в ценопопуляции ели Шренка из Ботанического сада МГУ в 2007 г. произошло резкое снижение ширины годового кольца продолжившееся и в 2008 г. У части деревьев в это время произошло формирование выпавших годовых колец (рис. 12).

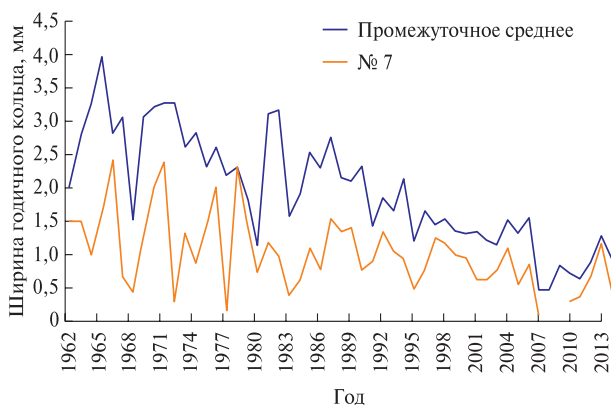


Рис. 8. Сравнение хронологий промежуточного значения учетных деревьев ели Шренка № 1, 2, 4 и № 7
Fig. 8. Charts for comparing the chronologies of the intermediate value of Schrenk's spruce accounting trees numbers 1, 2, 4 and No. 7



Рис. 9. Сравнения хронологий промежуточного значения учетных деревьев ели Шренка № 1, 2, 4 и № 8
Fig. 9. Charts for comparing the chronologies of the intermediate value of Schrenk's spruce accounting trees numbers 1, 2, 4 and No. 8

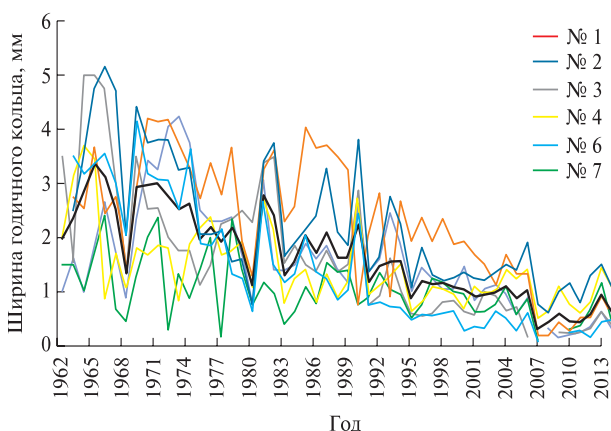


Рис. 10. Динамика радиального прироста у учетных деревьев ели Шренка из Ботсада МГУ по итогам перекрестной датировки
Fig. 10. Dynamics of radial growth in Schrenk's spruce accounting trees from the Botanical Garden of Moscow State University based on the results of cross-dating



Рис. 11. Строение годичных колец у учетного дерева № 1 ели Шренка (слева направо 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008, 2007, 2006 и т. д.)
Fig. 11. The structure of growth rings at the Schrenk's spruce accounting tree No. 1 (left to right 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008, 2007, 2006 etc.)

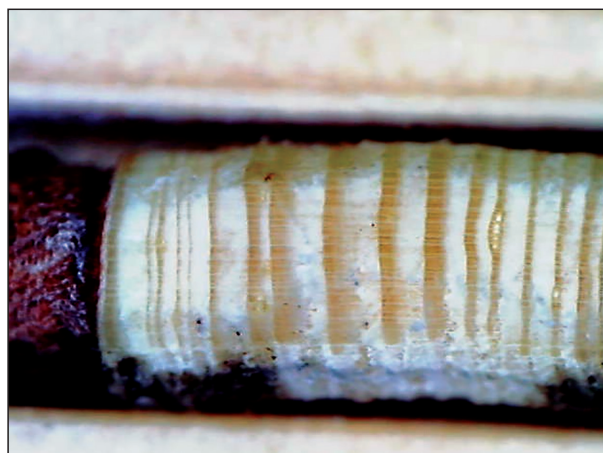


Рис. 12. Выпавшие годичные кольца учетного дерева № 3 ели Шренка
Fig. 12. Fallen annual rings of the Schrenk's spruce accounting tree no. 3



Рис. 13. Ложное годичное кольцо в ювенильной древесине учетного дерева № 1 ели Шренка
Fig. 13. False annual ring in the juvenile wood of Schrenk's spruce accounting tree No. 1

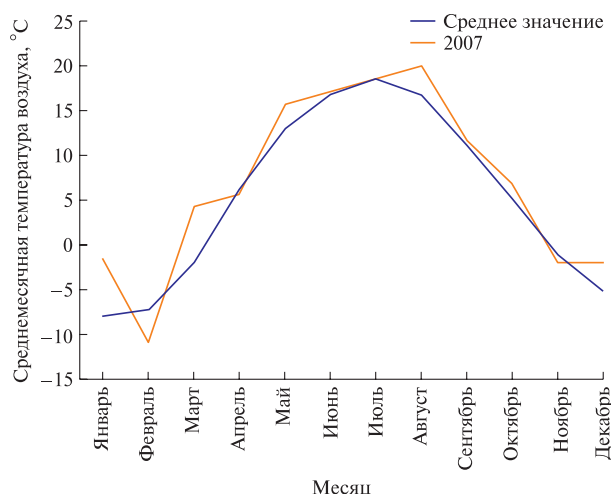


Рис. 14. Сопоставление средних месячных температур воздуха в 2007 г. со среднемноголетними показателями
Fig. 14. Comparison of average monthly air temperatures in 2007 with long-term averages

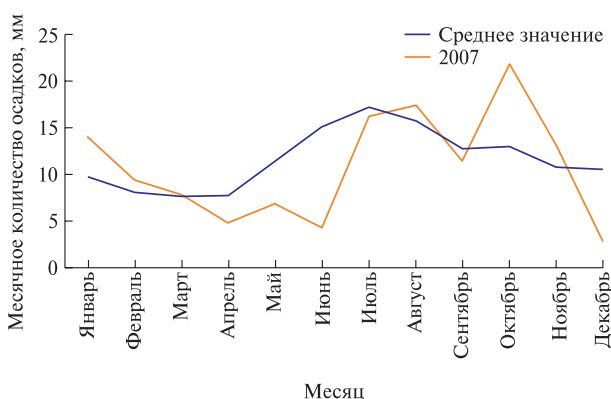


Рис. 15. Сопоставление месячных сумм осадков в 2007 г. со среднемноголетними показателями
Fig. 15. Comparison of monthly precipitation amounts in 2007 with long-term averages

При анализе кернов были выявлены ложные годовичные кольца (рис. 13). Однако их формирование оказалось приурочено не к отдельному году, а к центральным годовичным кольцам керна, т. е. к ювенильной древесине. Годичное кольцо 1979 г. в ценопопуляции из Ботсада МГУ имело нормальную анатомическую структуру.

Причины формирования экстремально узкого годовичного кольца или же формирования выпавших годовичных колец у ряда деревьев в 2007 г. и в последующие 2008–2010 годы носят климатический характер. Для их выявления был использован метод климаграмм [18, 23].

Данные о динамике средних месячных температур в 2007 г. по сравнению со средними среднемноголетними показателями за период 1949–2019 гг. отражены на рис. 14. Данные о динамике месячной суммы осадков в 2007 г. по сравнению со средним многолетними показателями за период 1949–2019 гг. отражены на рис. 15.

Анализ рис. 14 и рис. 15 позволяет выделить экстремально теплый январь 2007 г., сменившийся экстремально холодным февралем. По-видимому, деревья ели Шренка вышли из состояния зимнего покоя под воздействием январских оттепелей и затем были повреждены наступившими морозами. Состояние перезимовавших деревьев усугубила засуха в начале вегетационного периода: осадки апреля, мая и в особенности июня оказались значительно ниже нормы. Сочетание подобного рода погодных условий резко отрицательно повлияло на состояние ели Шренка. Выпавшие кольца, начиная с 2007 г. и далее формировались также и у учетных деревьев ели Шренка из Главного ботанического сада РАН [19, 24, 25].

Таким образом, предложенный нами методический подход — выбирать в качестве эталонной хронологии индивидуальную древесно-кольцевую хронологию, характеризующуюся максимальными для ценопопуляции значениями ширины годовичного кольца, оказался эффективным как для деревьев ели Шренка из ГБС РАН, так и для деревьев ели Шренка из Ботсада МГУ. Он был дополнен процедурой последовательных итераций, состоящей из расчета промежуточного среднего между первоначально выбранной хронологией и успешно с датированной второй хронологией, среднего из промежуточной средней и успешно датированной третьей хронологией и так далее. Данные подходы применимы, когда число учетных деревьев ограничено, а длина временного ряда изменчивости годовичных колец невелика.

Выводы

В хронологиях, имеющих многочисленные выпавшие годовичные кольца, использование перекрестной датировки на основе расчетов коэффициентов сходства между дендрохронологическими рядами затруднено. Для таких объектов (например, видов хвойных, находящихся на границе возможной интродукции) эффективны следующие приемы: использование в качестве эталонной хронологии индивидуальной хронологии учетного дерева с самыми широкими годовичными кольцами, а не средней групповой хронологии; анализ распределения годовичных колец аномальной анатомической структуры; привлечение хронологий по родственным видам и перекрестная датировка по методу Дугласа с учетом анализа распределения характерных для рода экстремумов прироста.

Список литературы

- [1] Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth. A study the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie institution, 1919, 127 p.
- [2] Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.

- [3] Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2003. 272 с.
- [4] Румянцев Д.Е., Епишков А.А. Особенности перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий у видов интродуцентов (на примере ели восточной и ели Шренка в условиях г. Москва) // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2014. № 5. С. 138–145.
- [5] Соломина О.Н. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным. СПб: Нестор-История, 2017, 360 с.
- [6] Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955. 599 с.
- [7] Cook E.R. A time series analysis approach to tree ring standartization. A dissertation submitted to the Faculty of the School of renewable natural resources. University of Arizona, 1985, 171 p.
- [8] Fritts H.C. Tree rings and climate. London. New York – San Francisco: Academic press, 1976, 576 p.
- [9] Lipatkin V.A., Rummyantsev D.E. Dendrochronological technology for identifying a place of timber origin // Research J. of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, t. 8, no. 2, pp. 2089–2092.
- [10] Methods of dendrochronology: application in the environmental sciences / eds. E. Cook, L. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, 1992, 408 p.
- [11] Schweingruber F.H. Tree-rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Researches. Bern, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996, 609 p.
- [12] Huo Yu., Grou X., Liu W., Li J., Zhang F., Fang K. Climate-growth relationships of Sereck spruce (*Picea schrenkiana*) along the altitudinal gradient in the western Tianshan mountains, northewest China // Trees, 2017, v. 31, pp. 429–439.
- [13] Jiao L., Cheng K., Wang Sh., Liu X. Stability evaluation of radial growth of *Picea schrenkiana* in different age groups in response to climate change in the Earstern Tianshan Mountains // J. of Mountain Science, 2020, v.17, pp. 1735–1748.
- [14] Solomina O., Maximova O., Cook E. *Picea Schrenkiana* ring width and density at the upper and lower tree limits in the Tien Shan MTS (Kyrgyz republic) as a source of paleoclimatic information // Geography environment sustainability, 2014, v. 7 (1), pp. 66–79.
- [15] Zhang R., Ermenbaev B., Zhang T., Ali M., Qin L., Satylkanov R. The radial growth of Schrenk spruce (*Picea schrencia* Fisch. et Mey.) records he hydroclimatic changes in the Chu River Basin over past 175 years // Forests, 2019, v. 10, pp. 1–11.
- [16] Magnustewski M. Dendroecologiczna charakterystyka swierka Schrenka (*Picea schrenkiana*) w gorach Tien-Shan w Kyrgyzstane. Praca doktorska. Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 2013, 116 p. [in Polish]
- [17] Румянцев Д.Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: дис. ... д-ра биол. наук. М.: МГУЛ, 2011. 355 с.
- [18] Каппер О.Г. Хвойные породы. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1954. 303 с.
- [19] Колесников А.И. Декоративная дендрология. М.: Лесная промышленность, 1974. 703 с.
- [20] Полезные растения СССР. Т. I. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 198 с.
- [21] Eckenwalder J.E. Conifers of the world. Portland and London, Timber press, 2009. 720 p.
- [22] Древесные растения Главного ботанического сада им. Цицина РАН: 60 лет интродукции / ред. А.С. Демидов. М.: Наука, 2005. 586 с.
- [23] Румянцев Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии. М.: МГУЛ, 2010. 109 с.
- [24] Максимова О.Е. Древесно-кольцевая хронология ели Шренка за последние семь столетий для района ледника Эньльчек на Тянь-Шане // Лёд и снег, 2011. № 1 (113). С. 124–130.
- [25] Lovelius N.V. Dendroindication of natural processes and anthropogenic influences. St-Peterburg: World and Family-95, 1997, 320 p.

Сведения об авторах

Епишков Антон Алексеевич — аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), kam_ant1983@mail.ru

Румянцев Денис Евгеньевич✉ — д-р биол. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), dendro15@list.ru

Бойко Григорий Александрович — ст. науч. сотр. Биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, зав. сектором дендрологии Ботанического сада, ga-boyko@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.03.2022.

Одобрено после рецензирования 09.06.2022.

Принята к публикации 15.08.2022.

DENDROECOLOGICAL GROWTH RESEARCH FOR *PICEA SCHRENKIANA* IN BOTANICAL GARDEN OF M.V. LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY BY TREE-RING DATA ANALYSIS

A.A. Epishkov¹, D.E. Rumyantsev^{1✉}, G.A. Boyko²

¹BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

²Botanical Garden Lomonosov of the M.V. Lomonosov Moscow State University, 1/12, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

dendro15@list.ru

Based on the material of the Schrenk's spruce (*Picea schrenkiana* F. et. M.) from the MSU Botanical Garden, time series of radial growth and dated chronologies of this spruce species were obtained for the first time. A previously developed specific method of cross-dating of tree-ring chronologies has been tested, which is suitable for obtaining dendrochronological information in species growing at the extreme limits of introduction. Fallen annual rings were found in a number of trees in 2007, 2008, 2009, 2010. The main adverse effect on the growth of the Schrenk's spruce took place in 2007, after which each tree had a different number of annual rings (depending on the strength of the damage). By the method of climagrams, it was found that the main adverse effect in 2007 was caused by increased temperatures in January, frosts in February and the subsequent drought at the beginning of the growing season.

Keywords: Cross-dating, introduced species, fallen tree rings, tree-ring chronology

Suggested citation: Epishkov A.A., Rumyantsev D.E., Boyko G.A. *Dendroekologicheskoe issledovanie rosta eli Shrenka v Botanicheskom sadu MGU imeni M.V. Lomonosova po dannym analiza godichnykh kolets* [Dendroecological growth research for *Picea Schrenkiana* in Botanical garden of M.V. Lomonosov Moscow State University by tree-ring data analysis]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 31–39. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-31-39

References

- [1] Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth. A study the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie institution, 1919, 127 p.
- [2] Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale* [Dendrochronology of the upper forest boundary in the Urals]. Moscow: Nauka, 1986, 136 p.
- [3] Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh nasazhdeniy Tsentral'noy lesostepi* [Dendroindication of the dynamics of the state of pine plantations in the Central forest-steppe]. Voronezh: Voronezh State University, 2003, 272 p.
- [4] Rumyantsev D.E., Epishkov A.A. *Osobennosti perekrestnoy datirovki individual'nykh drevesno-kol'tsevnykh khronologiy u vidov introdutsentov (na primere eli vostochnoy i eli Shrenka v usloviyakh g. Moskva)* [Peculiarities of cross-dating of individual tree-ring chronologies in introduced species (on the example of Eastern spruce and Schrenk spruce in the conditions of Moscow)]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2014, no. 5, pp. 138–145.
- [5] Solomina O.N. *Zasukhi Vostochno-Evropeyskoy ravniny po gidrometeorologicheskim i dendrokronologicheskim dannym* [Droughts of the East European Plain according to hydrometeorological and dendrochronological data]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2017, 360 p.
- [6] Tkachenko M.E. *Obshchee lesovodstvo* [General forestry]. Moscow–Leningrad: Goslesbumizdat, 1955, 599 p.
- [7] Cook E.R. A time series analysis approach to tree ring standartization. A dissertation submitted to the Faculty of the School of renewable natural resources. University of Arizona, 1985, 171 p.
- [8] Fritts H.C. Tree rings and climate. London. New York – San Francisco: Academic press, 1976, 576 p.
- [9] Lipatkin V.A., Rumyantsev D.E. Dendrochronological technology for identifying a place of timber origin // *Research J. of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2017, t. 8, no. 2, pp. 2089–2092.
- [10] *Methods of dendrochronology: application in the environmental sciences* / Eds. E. Cook, L. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, 1992, 408 p.
- [11] Schweingruber F.H. Tree-rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Researches. Bern, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996, 609 p.
- [12] Huo Yu., Grou X., Liu W., Li J., Zhang F., Fang K. Climate-growth relationships of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) along the altitudinal gradient in the western Tianshan mountains, northwest China // *Trees*, 2017, v. 31, pp. 429–439.
- [13] Jiao L., Cheng K., Wang Sh., Liu X. Stability evaluation of radial growth of *Picea schrenkiana* in different age groups in response to climate change in the Eastern Tianshan Mountains // *J. of Mountain Science*, 2020, v. 17, pp. 1735–1748.
- [14] Solomina O., Maximova O., Cook E. *Picea Schrenkiana* ring width and density at the upper and lower tree limits in the Tien Shan MTS (Kyrgyz republic) as a source of paleoclimatic information // *Geography environment sustainability*, 2014, v. 7 (1), pp. 66–79.
- [15] Zhang R., Ermenbaev B., Zhang T., Ali M., Qin L., Satylkanov R. The radial growth of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.) records the hydroclimatic changes in the Chu River Basin over past 175 years // *Forests*, 2019, v.10, pp. 1–11.
- [16] Magnustewski M. Dendroecologiczna charakterystyka swierka Schrenka (*Picea schrenkiana*) w gorach Tien-Shan w Kirgystanie. Praca doktorska. Warszawa, 2013, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 116 p. [in Polish]
- [17] Rumyantsev D.E. *Potentsial ispol'zovaniya dendrokronologicheskoy informatsii v lesnoy nauke i praktike* [The potential of using dendrochronological information in forest science and practice]. Diss. Sci. Dr. Moscow: MGUL, 2011, 355 p.

- [18] Kapper O.G. *Khvoynye porody* [Coniferous breeds]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1954, 303 p.
- [19] Kolesnikov A.I. *Dekorativnaya dendrologiya* [Decorative dendrology]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1974, 703 p.
- [20] *Poleznye rasteniya SSSR* [Useful plants of the USSR]. T. I. Moscow-Leningrad: AN SSSR, 1951, 198 p.
- [21] Eckenwalder J.E. *Conifers of the world*. Portland and London, Timber press, 2009, 720 p.
- [22] *Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im Tsitsina RAN: 60 let introduktsii* [Woody plants of the Main Botanical Garden named after Tsitsin RAS: 60 years of introduction]. Ed. A.S. Demidov. Moscow: Nauka, 2005, 586 p.
- [23] Rumyantsev D.E. *Istoriya i metodologiya lesovodstvennoy dendrokronologii* [History and methodology of silvicultural dendrochronology]. Moscow: MGUL, 2010, 109 p.
- [24] Maksimova O.E. *Drevesno-kol'tsevaya khronologiya eli Shrenka za poslednie sem' stoletiy dlya rayona lednika Enyl'chek na Tyan'-Shane* [Tree-ring chronology of the Schrenk spruce over the past seven centuries for the region of the Enylchek glacier in the Tien Shan]. *Led i sneg* [Ice and snow], 2011, no. 1 (113), pp. 124–130.

Authors' information

Epishkov Anton Alekseevich — Pg. student of the BMSTU (Mytishchi branch), kam_ant1983@mail.ru

Rumyantsev Denis Evgen'evich ✉ — Dr. Sci. (Biology), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), dendro15@list.ru

Boyko Grigoriy Aleksandrovich — Senior Researcher at the Faculty of Biology of Lomonosov Moscow State University, Head the Dendrology sector of the Botanical garden, ga-boyko@yandex.ru

Received 02.03.2022.

Approved after review 09.06.2022.

Accepted for publication 15.08.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest