

На правах рукописи



Черакшев Андрей Васильевич

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОСТА СОСЕН
СЕКЦИИ СТРОВІ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ**

03.02.08 – Экология
(биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в Мытищинском филиале ФГБОУ ВО «Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана» на кафедре «Лесоводство, экология и защита леса» (ЛТ2), г. Мытищи, Московская область

Научный руководитель: **Румянцев Денис Евгеньевич**,
доктор биологических наук, доцент, профессор
кафедры «Лесоводство, экология и защита леса»
(ЛТ2) Мытищинского филиала ФГБОУ ВО
«Московский Государственный Технический
Университет им. Н.Э. Баумана»

Официальные оппоненты: **Минин Александр Андреевич**,
доктор биологических наук, ведущий научный
сотрудник отдела оценки загрязнения окружающей
среды ФГБУ «Институт глобального климата и
экологии имени академика Ю.А. Израэля»

Хасанов Булат Фаридович,
Кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник Лаборатории исторической экологии
ФГБУН Института проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова Российской академии наук

Ведущая организация: ФГБУН Институт географии Российской академии наук

Защита диссертации состоится 30 июня 2022 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 002.054.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Институте лесоведения РАН по адресу: 143030 Московская обл., Одинцовский р-н, с.п. Успенское, ул. Советская, д. 21, тел./факс 8 (495) 634-52-57, электронный адрес root@ilan.ras.ru.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Института лесоведения РАН на сайте <http://ilan.ras.ru/novosti/> (дата размещения 22 апреля 2022 г.).

Автореферат разослан «_____»мая 2022 г.

Ученый секретарь
совета Д 002.054.01, к.б.н.



И.А. Уткина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Многочисленные исследования показали перспективность внедрения сосны веймутовой (*Pinus strobus* L.) и сосны румелийской (*Pinus peuce* Griseb.) в лесные культуры, создающиеся на территории Русской равнины (Каппер, 1954; Лапин, Сиднева, 1973; Мерзленко и др., 2011; Дроздов и др., 2012; Арестова, 2018), а также интродукции этих видов в условиях урбанизированной среды (Бирюков, 1989; Смирнова и др., 2001; Остробородова, Уланова, 2013; Приставка, 2013; Карасев и др., 2014; Мерзленко и др., 2017). Однако, исследования изменчивости радиального прироста данных видов в условиях Русской равнины, влияния климатических факторов на формирование годичного кольца у данных видов практически не проводились. В то же время потенциал использования дендрохронологической информации в области лесного хозяйства довольно высок и требует усиленной исследовательской работы в данной сфере (Тольский, 1904; 1936; Ткаченко, 1939; Менделеев, 1954; Комин, 1968; Мелехов, 1969; 1979; Розанов, 1969; 1972; Иерусалимов, 1971; Битвинская, 1974; Молчанов, 1976; Ловелиус, 1979; 2000; Русаленко, 1986; Таранков, 1996; Матвеев, 2003; Румянцев, 2010; Матвеев, Румянцев, 2013).

В связи с изложенным, вопросы, касающийся исследования изменчивости динамики радиального прироста и влияния климатических факторов на формирование годичных колец рассматриваемых видов являются актуальными.

Цель и задачи исследований. Цель настоящей работы – исследование закономерностей временной изменчивости величины радиального прироста у сосен секции *Strobi* в пределах Московского региона и выявления влияния отдельных экологических факторов на рост этих видов в условиях интродукции.

В соответствии с этим были поставлены следующие **задачи**:

1. Рассмотреть опыт интродукции сосен секции *Strobi* на территории Русской равнины;
2. Построить древесно-кольцевые хронологии сосны веймутовой и сосны румелийской из разных посадок в условиях Москвы, Московской области и из ряда сопредельных регионов; а также хронологии сосны обыкновенной необходимые для сравнительного анализа;
3. Исследовать статистические закономерности изменчивости радиального прироста;
4. Исследовать специфику распределения климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях сосен секции *Strobi*;
5. Проанализировать возможности использования полученных данных в рамках практических мероприятий по уходу за насаждениями и практике природоохранной деятельности

Научная новизна исследований. Впервые выполнен комплексный дендроклиматический анализ закономерностей формирования радиального прироста древесины у сосен секции *Strobi* в условиях Главного ботанического сада РАН, Ботанического сада МГУ, дендрария МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (бывш. МГУЛ) и ряда дополнительных объектов. Исследованы отдельные статистические закономерности изменчивости радиального прироста, специфика распределения климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях. Выявлен старовозрастный экземпляр сосны веймутовой с уникальными таксационными параметрами, который по итогам исследований включен в Национальный реестр старовозрастных деревьев Всероссийской программы «Деревья – памятники живой природы». памятники живой природы».

Практическая значимость исследований. Результаты выполненного дендроклиматического анализа могут быть использованы при интродукции видов секции *Strobi* для формирования рекомендаций по уходу за насаждениями, а также включены в учебный процесс при преподавании дисциплины «Дендрохронология» бакалаврам специальности «Лесное дело». Результаты работы могут быть использованы в производственных целях при подготовке независимых биологических экспертных заключений, а также при разработке системы добровольной сертификации легальности заготовки древесины. Предложенная методика расчета возраста может быть использована для наиболее точного определения возраста деревьев и древостоев при проведении лесоустроительных работ, а также интенсивно используется в настоящее время при определении возраста старовозрастных деревьев, представляющих природную, историческую и культурную ценность.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Данные о временной изменчивости радиального прироста сосны веймутовой и сосны румелийской в условиях Московского региона;
2. Результаты анализа влияния климатических факторов на формирование годичных колец рассматриваемых видов;
3. Предложения по использованию дендрохронологической информации в практике ухода за насаждениями и в рамках природоохранной деятельности.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Выводы и положения базируются на основе применения современных методов статистической обработки дендрохронологической информации и использования современного специализированного оборудования для дендрохронологических исследований и специализированного программного обеспечения.

Личный вклад автора. Представленная работа является результатом многолетних исследований автора, начатых в 2010 году. Автором сформулирована научная проблема, разработаны программа и методика исследований; проводились полевые работы на объектах. Все первичные замеры ширины годичных колец, так

же, как и перекрестная датировка, статистическая обработка результатов измерений проводились лично автором. Постановка конкретных задач в ходе исследований, теоретический анализ полученных результатов во всех случаях осуществлялись при непосредственном участии автора.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов МГУЛ (Москва, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022), на конференции «Дендро 2012: перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности» (Москва, 2012), на первом международном симпозиуме «Состояние деревьев в России: проблемы и решения» (Москва, 2013), на XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2014» (Москва, 2014), на Всероссийской (с международным участием) научной конференции «Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений» (Саранск, 2014), на II Международной научно-практической конференции «Зеленые города. Черноземье» (Воронеж, 2014), на международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (Воронеж, 2014), на международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (Воронеж, 2015), на XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2015» (Москва, 2015), Материалы XI Международной научно-практической конференции «Современный научный потенциал» (Шеффилд, 2015).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 25 научных работ, из них 6 статей в журналах, рекомендуемых ВАК, 1 статья в журнале, индексируемом в базах данных Scopus и WoS.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Текст работы изложен на 149 страницах, содержит 13 таблиц, 22 рисунка, 18 рисунков и 21 таблица в приложениях. Список использованной литературы содержит 112 источников, из которых 10 работ на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Наиболее полные современные сведения о систематике рода сосна (*Pinus* L.) содержит работа американского ботаника Джеймса Экенвалдера (Eckenwalder, 2009). Основные ботанические сведения о данных видах и систематике даются нами в его трактовке. Подробный обзор результатов интродукции сосны веймутовой и румелийской в XIX и первой половине XX века

на территории Русской равнины содержит работа О. Г. Каппера (1954). Исследования опыта интродукции данных видов проводились в Брянской области (Бирюков, 1989; Смирнова и др., 2001; Дроздов и др., 2012; Приставко, 2013; Шошин и др., 2014; Смирнова, Приемко, 2016), Московской области (Потапова, 1984, 1988; Мерзленко и др., 2011, 2017), Пензенской области (Остробородова, Уланова, 2013), Среднем Поволжье (Успенская, 2003; Карасев и др., 2014), Приморье (Коляда, 2011), Башкирском Предуралье (Мкртчян, Путенихин, 2011, 2014, 2016), Рязанской области (Лапин, Сиднева, 1973), Саратовской области (Арестова, 2018) и в других регионах России. Исследования изменчивости годовых колец данных видов на территории России практически не проводились, попытка таких исследований была предпринята на примере Брянской области (Приставко, 2013). Ряд зарубежных исследователей вели анализ динамики радиального прироста у сосны веймутовой и сосны румелийской (Panyatovetal., 2010; Chin, Chumack et al., 2013; Chin, Zalesnyetal., 2018).

Данные обзора свидетельствуют, что сосны секции *Strobi* перспективны для использования в лесных культурах и озеленении. Использование древесно-кольцевой информации при изучении особенностей их роста может расширить потенциал их применения.

Глава 2. Характеристика объектов исследования

В основу работы положен материал по таким объектам г. Москва и Московской области как: дендрарий Главного Ботанического сада им Н.В. Цицина РАН, дендрарий Ботанического сада МГУ, дендрологический сад МГУЛ, Поречское участковое лесничество Бородинского лесничества Московской области. С целью более полного анализа результатов были привлечены хронологии сосны веймутовой из дендрологического сада им. С.Ф. Харитоновна в г. Переславль-Залесский из Ярославской области, сосны веймутовой из Ахунского дендрария в г. Пенза, сосны обыкновенной из лесопарка «Котельники» Московской области, сосны обыкновенной из Серебряноборского участкового лесничества Истринского лесничества Московской области и сосны веймутовой из района национального парка «Угра» Калужской области.

В главе рассмотрены следующие основные характеристики объектов исследования такие как: исторические аспекты, физико-географические и природно-климатические условия объектов исследования.

Глава 3. Объем и методика работ

В основу методики работ были положены рекомендации, изложенные в соответствующих руководствах (Шиятов, 1973; Ловелиус, 1979, 2000; Ваганов и др., 1996; Шиятов, Ваганов и др., 2000; Матвеев, 2004; Ваганов и др., 2008;

Пальчиков, Румянцев, 2009; Румянцев, 2010; Липаткин и др., 2010; Воронин и др., 2016).

Отбор образцов древесины (кernов) производился с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м. Отбиралось либо два керна, либо один kern. Количество учетных деревьев варьировала в зависимости от условий каждого конкретного объекта исследования. Для каждого учетного дерева проводилась оценка основных таксационных параметров. После того как, отобранные и этикетированные образцы поступали в лабораторию дендрохронологии Научно-образовательного экспертно-аналитического центра исследования древесных растений МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, они подготавливались специальным образом для измерения годичных приростов древесных колец (годичных колец древесины), на основании методики дендрохронологического анализа. Измерения ширины годичных колец велись с помощью специализированного оборудования LINTAB. Контроль правильности измерений проводился с применением процедуры перекрестной датировки в программе TSAP-Win. Статистический, графический и математический анализ дендрохронологической информации (результатов измерений) проводился с помощью программы TSAP-Win, табличного процессора Microsoft Excel, программы STATISTICA 6.0. Характеристика использованных хронологий приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика использованных хронологий

Объект исследования	Вид	Максимально длинная индивидуальная хронология в выборке	Число учетных деревьев, шт.	Кол-во кернов, шт.	Кол-во измеренных годовых колец, шт.	Код хронологии
Дендрологический сад МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (МГУЛ)	сосна веймутова	1962-2013	5	10	481	СВ-МГУЛ
	сосна румелийская	1978-2013	12	24	701	СР-МГУЛ
ГБС им. Цицина РАН	сосна веймутова	1963-2014	12	24	1115	СВ-ГБС
	сосна румелийская	1965-2014	12	24	1060	СР-ГБС
Дендрарий Ботанический сада МГУ	сосна веймутова	1963-2014	4	4	169	СВ-МГУ
Дендрологический сад им. С.Ф.Харитоновой, Ярославская область	сосна веймутова	1979-2013	7	14	419	СВ-ЯР
Ахунский дендрарий г. Пенза	сосна веймутова	1920-2017	17	17	1216	СВ-ПЗ

Объект исследования	Вид	Максимально длинная индивидуальная хронология в выборке	Число учетных деревьев, шт.	Кол-во ядер, шт.	Кол-во измеренных годовичных колец, шт.	Код хронологии
Порецкое участковое лесничество Можайский район Московская область	сосна веймутова	1918-2018	25	25	2364	СВ-ПОР
Озёренское участковое лесничество Калужская область	сосна веймутова	1915-2018	10	10	788	СВ-УГ
Лесопарк «Кузьминки» г.о. Котельники Московская область	сосна обыкновенная	1900-2014	15	15	1547	СО-КОТ
Серебряноборское участковое лесничество Одинцовский район Московская область	сосна обыкновенная	1911-2016	20	20	1520	СО-СЛ
Итого:			139	187	11380	

Глава 4. Статистические закономерности изменчивости радиального прироста

Хорошо известно, что ширина годовичного кольца варьирует в зависимости от генотипа и таких факторов как вид дерева, возраст дерева, положение в древостое, происхождение дерева (порословое или семенное), интенсивность семеношения, освещенность, географическая широта, почвенные условия, метеорологические условия и др. (например, Матвеев, Румянцев, 2013).

Величина радиального прироста, таким образом, является интегральным показателем, анализируя который можно в той или иной мере провести сепарирование эффектов от воздействия конкретных экологических факторов. Усредненные хронологии по ширине годовичного кольца для объектов исследования представлены на рисунке 1. Полученные данные о временной изменчивости ширины годовичного кольца имеют индивидуальные параметры варьирования. Отдельные статистические характеристики использованных хронологий приведены в таблице 2

По данным таблицы 2 можно заключить, что максимальная средняя ширина годовичного кольца характерна для хронологии СВ-ЯР (сосны веймутовой из дендрологического сада им. С.Ф. Харитоновой Ярославской области), а

минимальное значение средней ширины годичного кольца для хронологии СВ-ПОР (сосны веймутовой из Порецкого участкового лесничества Московской области).

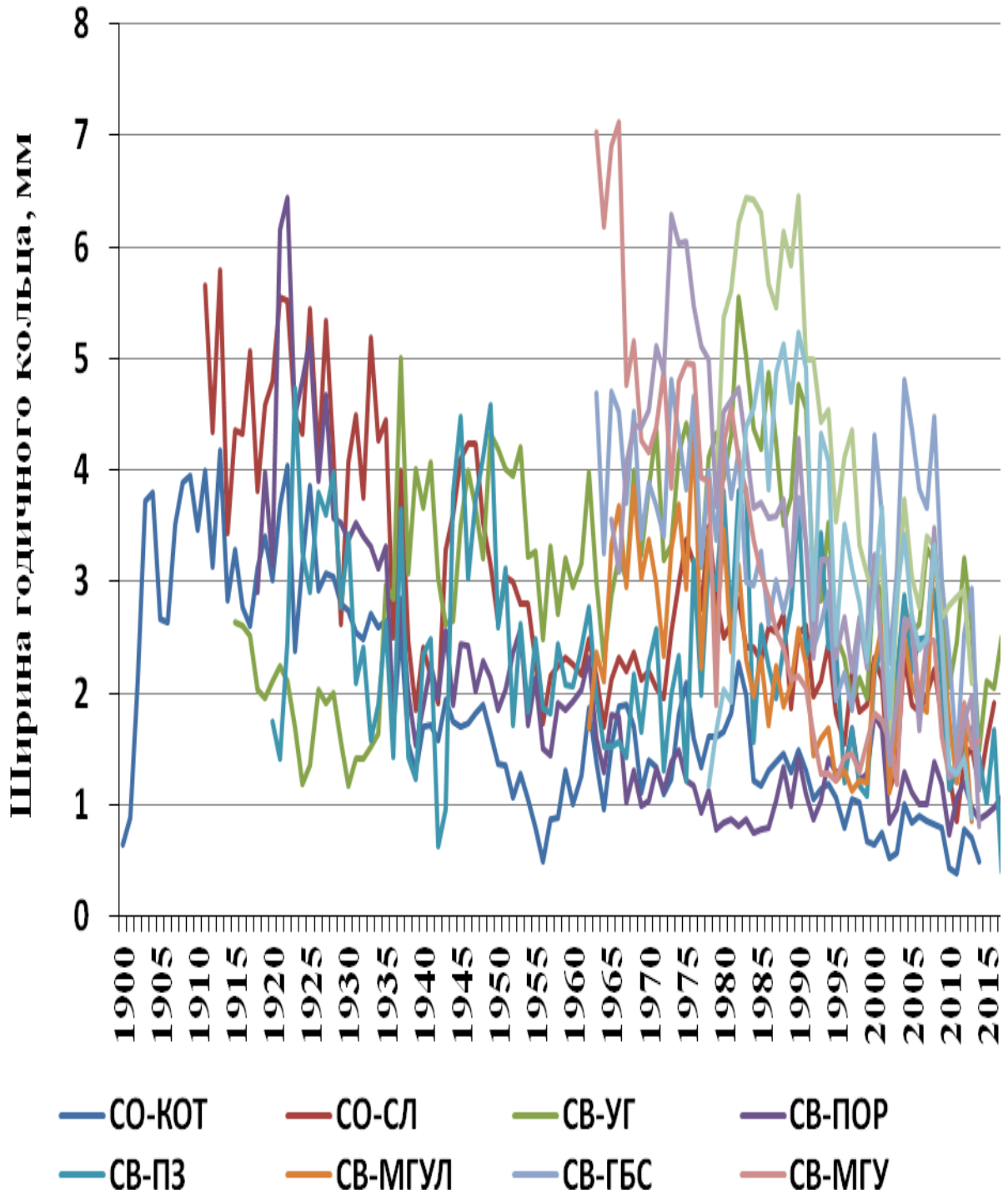


Рисунок 1 – Усредненные хронологии по ширине годичного кольца, использованные в работе в абсолютных значениях

. Таблица 2 – Статистические закономерности изменчивости прироста

Код хронологии	Средняя ширина годовичного кольца, мм ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$)	Коэффициент вариации, %	Средний прирост за последние 5 лет, мм ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$)	Средняя синхронность с обобщенной хронологией по ПП, %	Средний коэффициент корреляции с обобщенной хронологией по ПП
СВ-МГУЛ	2,3±0,12	36	1,6±0,12	78,9	0,75
СР-МГУЛ	3,1±0,21	41	1,5±0,31	83,1	0,88
СВ-ГБС	3,4±0,13	27	2,1±0,38	79,2	0,66
СР-ГБС	3,4±0,19	39	1,4±0,23	77,8	0,88
СВ-МГУ	3,1±0,23	54	1,5±0,12	73,3	0,85
СВ-ЯР	4,2±0,24	34	2,7±0,16	73,1	0,85
СВ-ПЗ	2,4±0,09	39	1,2±0,27	82,2	0,70
СВ-ПОР	1,9±0,12	62	0,9±0,05	75,2	0,85
СВ-УГ	3,0±0,1	32	2,2±0,22	74,5	0,62
СО-КОТ	1,8±0,09	54	0,6±0,09	73,6	0,87
СО-СЛ	2,9±0,11	40	1,5±0,14	76,7	0,75
Среднее:	2,9	41,6	1,6	77,1	0,79

Если обратиться к такому показателю как «средний прирост за последние 5 лет», то максимальное его значение демонстрирует хронология сосны веймутовой из Ярославской области, а минимальное – сосна веймутова из Порецкого участкового лесничества Московской области. Величина прироста дает представление о градиенте благоприятности условий среды на объектах.

Наибольшим уровнем взаимной синхронности характеризуются индивидуальные хронологии, на основе которых построена средняя хронология сосны румелийской из дендрологического сада МГУЛ (83,1%), а наименьшим те, на основе которых построена хронология сосны веймутовой из Ярославской области (73,1%). Для сосны обыкновенной из естественных лесов установлено, что аналогичный показатель составляет 70–71% (Румянцев и др., 2015).

Таким образом, исследуемые хронологии характеризуются показателями взаимной синхронности выше среднего уровня. Это можно объяснить как более однородной средой в искусственно созданных посадках, так и меньшим уровнем варьирования наследственных свойств учетных деревьев.

Если рассматривать средний коэффициент корреляции, то максимальные его значения характерны для сосны румелийской из МГУЛ и сосны румелийской из Главного ботанического сада, а наименьшие для сосны веймутовой из Калужской области и сосны веймутовой из Главного ботанического сада. Просматривается видовая специфика в изменчивости данного показателя.

Широкий спектр изменчивости исследованных хронологий по ширине годовичного кольца затрудняет исследование межгодовых колебаний прироста и

роль колебаний метеопараметров в их формировании. Для разрешения этого затруднения в анализе дендрохронологической информации традиционно используются индексированные значения прироста. Существует множество вариантов индексации, одним из общепринятых является отнесение ширины годичного кольца к средней ширине годичного кольца за последние пять лет (Битвинкас, 1974; Ловелиус, 1979, 2000; Матвеев, 2003; Румянцев, 2010; и др.).

Обобщенные индексированные ряды радиального прироста использованных в исследовании хронологий приведены на рисунке 2. В дальнейшем они были использованы для расчета коэффициентов корреляции с метеопараметрами. Во всех исследованных хронологиях наблюдается выраженное синхронное падение прироста в 2002 и 2010 году. Экстремально высокие показатели радиального прироста наблюдались в 2004 и 2008 года практически во всех хронологиях. Отличия этих групп лет были проанализированы методом клиаграмм. Результаты анализа методом клиаграмм представлены на рисунках 3 и 4.

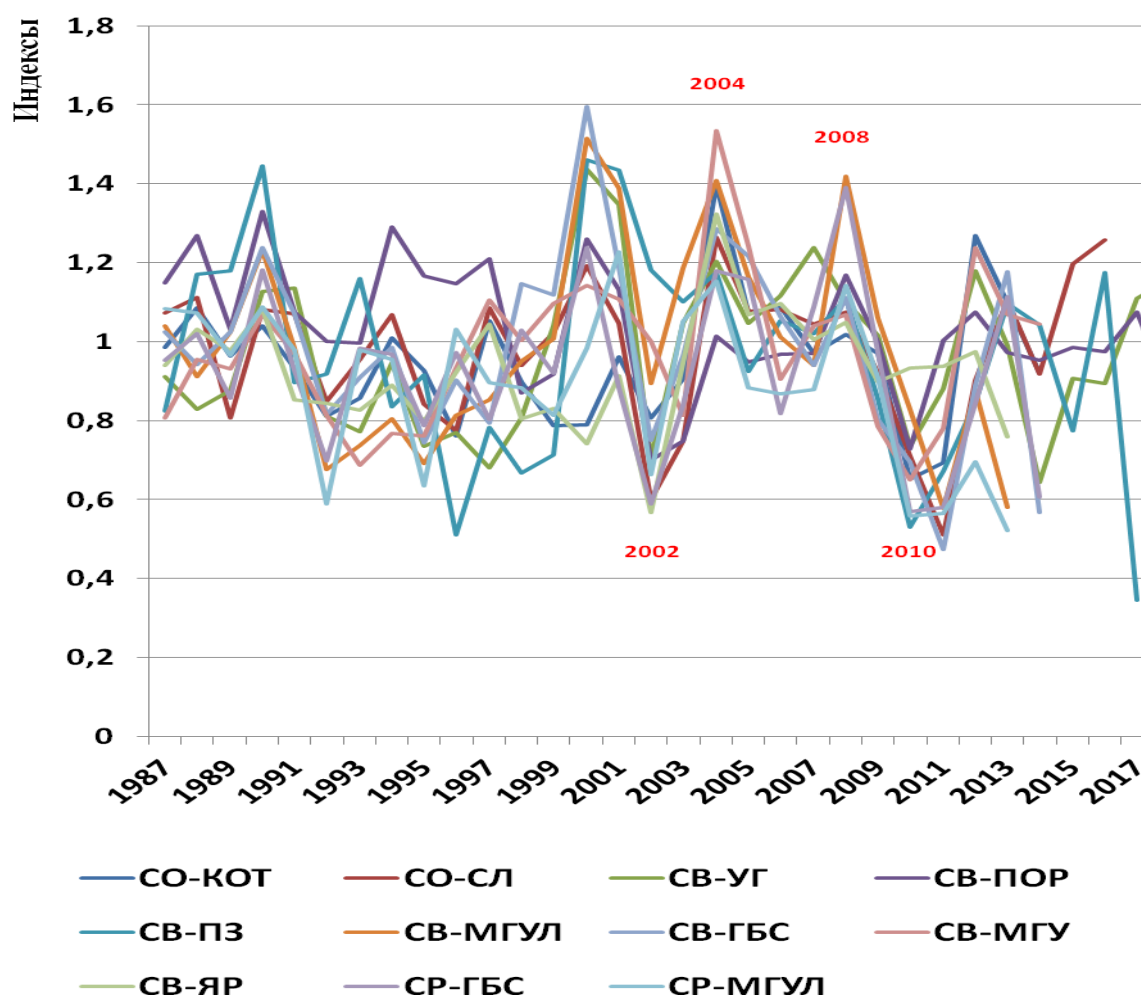


Рисунок 2 – Усредненные хронологии по ширине годичного кольца, использованные в работе в относительных значениях

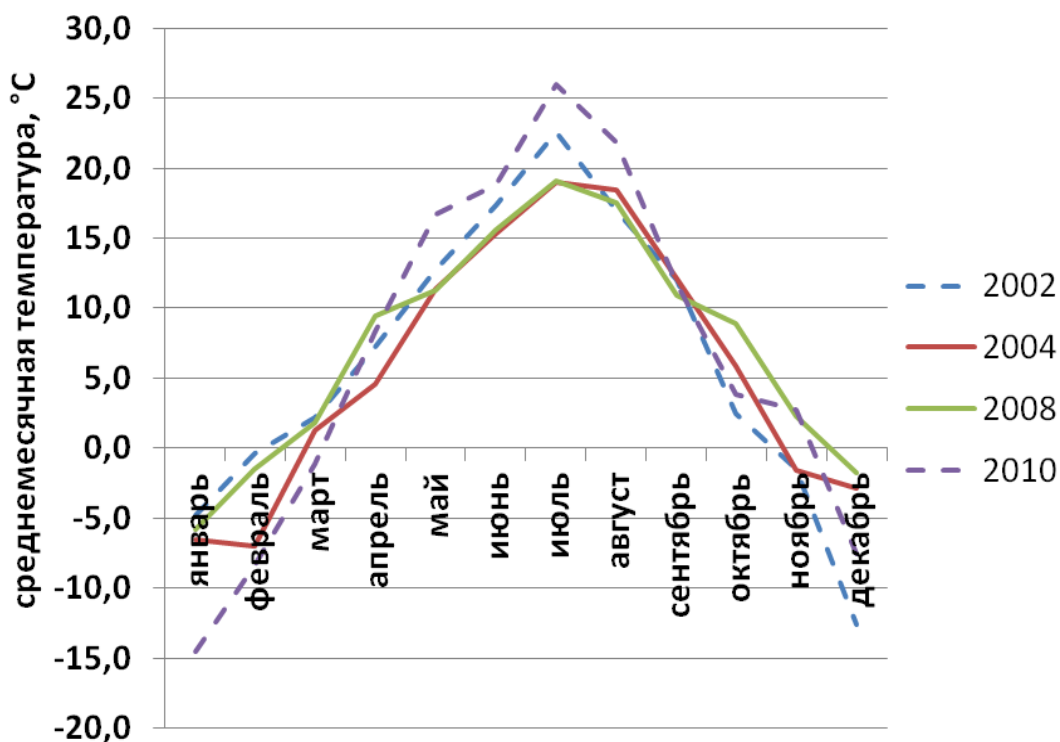


Рисунок 3 – Средние месячные температуры в годы экстремальных значений прироста (ось ординат отражает среднемесячную температуру в градусах Цельсия конкретного года, ось абсцисс отражает месяц)

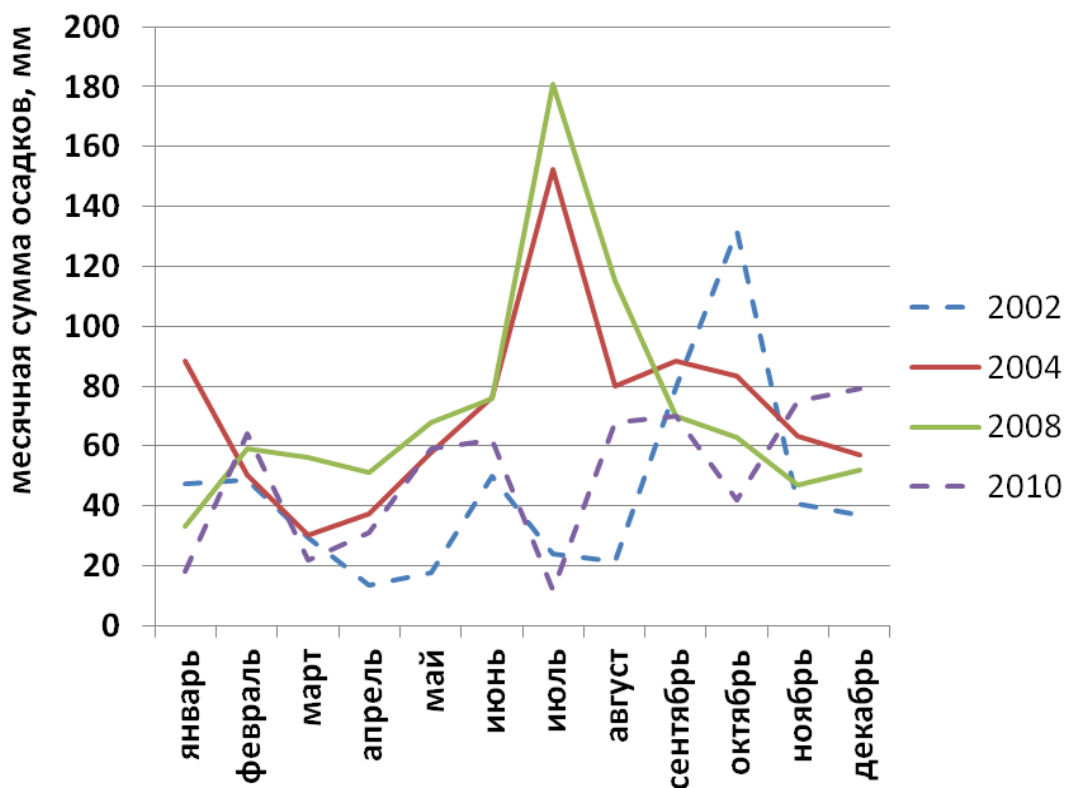


Рисунок 4 – Среднемесячные суммы осадков в годы экстремальных значений прироста (ось ординат отражает месячную сумму осадков в мм (килограммов воды на 1 м²) конкретного года, ось абсцисс отражает месяц)

Рисунок 3 четко демонстрирует отрицательное влияние высоких температур воздуха в мае, июне, июле и августе на формирование прироста древесины в исследуемых хронологиях.

Аналогично рисунок 4 демонстрирует четкую связь между формированием экстремально узких годовичных колец и сниженным количеством атмосферных осадков в мае, июне, июле и августе. Особенно резко рельефно данная связь проявляется на примере осадков июля.

Таким образом, сосны секции *Strobi* демонстрируют значительную засухочувствительность, их старовозрастные экземпляры имеют большой потенциал для реконструкции физиологически значимых для растений засух на территории Русской равнины.

Дендроклиматический анализ роста был выполнен также методом корреляционного анализа. Как уже упоминалось, временная изменчивость годовичного кольца деревьев обычно обладает хорошо выраженным возрастным трендом (Шиятов, 1973; Fritts, 1976; Шиятов, Ваганов и др., 2000) и, в связи с этим для целей дендроклиматического анализа корреляционным методом хронологии по ширине годовичного кольца подвергаются различного рода математическому преобразованию (индексации). Это позволяет удалить долговременную компоненту изменчивости прироста и сосредоточиться на анализе межгодовых колебаний, который наиболее отражает влияние на прирост изменчивости погодных условий от года к году.

Результаты выполненного корреляционного анализа приведены в таблицах 3-6. Достоверные значения коэффициентов корреляции выделены в таблицах жирным шрифтом.

Анализ данных таблиц 3-6 можно отметить, что спектр достоверных значений коэффициентов корреляции отличается для разных видов из разных географических точек. В то же время, имеются общие закономерности в проявлении достоверных значений коэффициентов корреляции. Так, хронологии сосны веймутовой характеризуются высокой метеочувствительностью. Также высокой метеочувствительностью характеризуется хронология сосны веймутовой из Пензенской области – крайней южной точки из числа пробных площадей, расположенной в зоне лесостепи.

Метеопараметры текущего года в целом оказываются более значимы для формирования прироста, чем метеопараметры года, предшествовавшего году формирования годовичного кольца.

Сосна обыкновенная, как автохтонный вид в целом демонстрирует меньшую метеочувствительность в колебаниях прироста по сравнению с видами интродуцентами, что является закономерным.

Таблица 3 – Значения коэффициентов корреляции Пирсона между хронологиями и среднемесячными температурами в год формирования годичного кольца ($\alpha=0,05$) (достоверные значения коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом;

Месяц	Код хронологии / Коэффициент корреляции											ЧД ККд ля СВ, шт.
	СВ- МГУ Л	СР- МГУЛ	СВ- ГБС	СР- ГБС	СВ- МГУ	СВ- ЯР	СВ- ПЗ	СВ- ПОР	СВ- УГ	СО- КОТ	СО- СЛ	
I	0,04	0,24	0,04	0,21	0,32	-0,15	0,39	0,31	0,09	0,17	0,14	2
II	0,23	0,11	0,23	0,23	0,18	-0,27	0,53	0,36	-0,24	0,27	0,24	2
III	0,05	-0,02	-0,11	0,01	0,07	-0,05	0,47	0,10	-0,05	0,15	0,14	1
IV	0,21	0,05	0,15	0,10	0,26	-0,28	0,35	0,02	0,14	0,03	0,09	1
V	-0,46	-0,32	-0,43	-0,25	-0,26	0,02	-0,44	-0,41	-0,31	0,06	-0,11	5
VI	-0,33	-0,45	-0,12	-0,24	0,01	-0,21	-0,47	-0,02	-0,24	-0,17	-0,15	2
VII	-0,10	-0,33	-0,23	-0,34	0,18	-0,19	-0,18	-0,04	-0,21	-0,06	-0,22	0
VII I	-0,17	-0,41	-0,19	-0,21	0,11	0,26	-0,05	0,02	-0,11	-0,14	-0,16	0
IX	-0,01	-0,32	-0,20	-0,13	0,13	0,05	-0,30	0,08	0,14	0,02	-0,07	0
X	0,13	0,28	0,19	0,42	0,29	0,21	-0,02	0,23	0,26	0,05	0,01	0
XI	0,19	0,01	0,00	0,06	0,11	0,25	0,00	0,12	0,18	0,08	0,08	0
XII	0,19	0,13	0,25	0,38	0,25	0,39	0,08	0,15	0,28	0,02	0,14	2
ЧД КК, шт. :	2	2	1	3	0	1	6	3	2	1	1	

ЧДКК – число достоверных коэффициентов корреляции)

Таблица 4 – Значения коэффициентов корреляции Пирсона между хронологиями и среднемесячными температурами в год, предшествовавший году формирования годичного кольца ($\alpha=0,05$) (достоверные значения коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом; ЧДКК – число достоверных коэффициентов корреляции)

Месяц	Код хронологии / Коэффициент корреляции											ЧД ККд ля СВ, шт.
	СВ- МГУЛ	СР- МГУЛ	СВ- ГБС	СР- ГБС	СВ- МГУ	СВ- ЯР	СВ- ПЗ	СВ- ПОР	СВ- УГ	СО- КОТ	СО- СЛ	
I	0,25	0,30	0,20	0,16	0,05	-0,18	0,26	0,12	-0,06	0,09	0,04	0
II	0,29	0,44	0,10	0,00	0,02	-0,08	-0,02	0,17	-0,01	0,17	0,16	0
III	0,38	0,42	0,20	0,29	-0,13	-0,05	-0,09	0,05	0,13	-0,03	0,18	1
IV	0,18	0,02	0,01	-0,17	0,00	-0,47	-0,11	0,04	0,03	-0,18	0,00	1
V	-0,03	-0,11	-0,19	-0,12	0,08	0,49	-0,35	0,04	-0,16	0,02	0,00	2
VI	0,21	-0,11	0,21	0,06	0,19	-0,22	-0,02	0,27	-0,01	-0,02	0,01	0
VII	0,14	-0,26	0,05	-0,14	0,35	-0,08	0,00	0,12	0,04	0,08	-0,15	1
VII I	-0,01	-0,10	-0,09	0,02	0,21	0,15	-0,15	0,12	-0,04	-0,14	-0,11	0
IX	-0,02	-0,31	-0,08	0,00	0,07	-0,03	-0,02	-0,11	0,02	-0,29	-0,25	0
X	0,25	0,05	0,14	0,23	0,40	0,06	-0,03	0,23	0,35	0,12	0,09	1
XI	-0,20	-0,30	-0,39	-0,34	-0,01	0,22	-0,10	-0,13	-0,09	0,09	-0,04	1
XII	0,29	0,26	0,19	0,39	0,50	0,36	0,19	0,26	0,32	0,21	0,40	2
ЧД КК, шт. :	1	2	1	2	3	2	1	0	2	1	2	

Таблица 5 – Значения коэффициентов корреляции Пирсона между хронологиями и месячными суммами осадков в год формирования годичного кольца ($\alpha=0,05$) (достоверные значения коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом; ЧДКК – число достоверных коэффициентов корреляции)

Месяц	Код хронологии / Коэффициент корреляции											ЧД ККд ля СВ, шт.
	СВ- МГУЛ	СР- МГУЛ	СВ- ГБС	СР- ГБС	СВ- МГУ	СВ- ЯР	СВ- ПЗ	СВ- ПОР	СВ- УГ	СО- КОТ	СО- СЛ	
I	0,01	0,00	0,07	0,17	0,26	-0,03	0,13	-0,05	0,19	0,19	0,17	0
II	0,24	0,21	0,16	0,13	0,26	-0,07	0,10	0,11	-0,04	0,10	0,22	0
III	0,23	0,29	0,36	0,27	0,28	-0,11	0,26	0,17	0,11	0,18	0,15	1
IV	-0,01	-0,08	0,06	0,13	0,17	0,27	0,24	-0,15	0,12	-0,04	0,04	0
V	0,50	0,44	0,43	0,32	0,22	0,22	0,20	0,05	0,01	0,10	0,22	2
VI	0,13	0,40	0,13	0,15	-0,05	0,14	0,55	0,14	-0,13	0,00	0,12	1
VII	0,51	0,57	0,51	0,63	0,17	0,31	0,31	-0,01	0,02	0,14	0,37	2
VII												
I	0,14	0,30	0,26	0,19	0,02	0,19	-0,01	-0,13	0,15	0,19	0,07	0
IX	-0,26	0,18	-0,04	0,00	-0,14	-0,02	0,17	0,17	-0,20	-0,14	-0,10	0
X	-0,02	-0,14	-0,15	-0,15	0,28	-0,08	-0,06	0,02	0,02	0,04	0,03	0
XI	-0,08	-0,10	-0,12	-0,07	-0,02	0,19	0,07	0,06	-0,07	-0,08	0,02	0
XII	0,13	0,04	0,11	0,06	-0,02	-0,15	-0,04	0,02	0,03	0,16	0,12	0
ЧД КК , шт :	2	3	3	2	0	0	1	0	0	0	1	

Таблица 6 – Значения коэффициентов корреляции Пирсона между хронологиями и месячными суммами осадков в год, предшествовавший году формирования годичного кольца ($\alpha=0,05$) (достоверные значения коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом; ЧДКК – число достоверных коэффициентов корреляции)

Месяц	Код хронологии / Коэффициент корреляции											ЧД ККд ля СВ, шт.
	СВ- МГУЛ	СР- МГУЛ	СВ- ГБС	СР- ГБС	СВ- МГУ	СВ- ЯР	СВ- ПЗ	СВ- ПОР	СВ- УГ	СО- КОТ	СО- СЛ	
I	0,06	0,14	0,20	0,32	0,08	-0,23	-0,25	0,12	0,05	0,02	0,07	0
II	0,12	-0,07	-0,10	-0,25	-0,07	-0,55	-0,14	0,08	0,11	0,08	-0,11	1
III	0,04	-0,09	0,07	-0,04	0,05	-0,48	-0,07	-0,05	-0,04	-0,08	-0,15	1
IV	-0,09	-0,15	-0,06	-0,01	0,07	0,30	0,08	0,04	0,38	-0,06	0,08	1
V	-0,20	-0,50	-0,30	-0,31	-0,05	-0,08	-0,30	-0,30	-0,33	-0,02	0,10	2
VI	-0,36	-0,14	-0,17	-0,18	-0,17	0,22	0,36	-0,08	-0,03	0,02	-0,02	2
VII	0,26	0,18	0,02	0,02	0,02	0,19	0,04	-0,09	0,10	-0,01	0,12	0
VII												
I	0,24	0,09	0,25	0,31	0,30	0,04	0,24	0,13	0,28	0,21	0,23	1
IX	-0,04	0,13	-0,17	-0,13	0,13	0,05	-0,07	0,19	-0,23	0,01	0,01	0
X	-0,15	-0,22	0,04	0,08	-0,12	-0,28	0,00	-0,25	0,05	-0,09	-0,11	0
XI	-0,16	-0,30	-0,10	-0,03	-0,06	-0,16	0,06	-0,11	-0,24	-0,09	-0,03	0
XII	0,02	-0,13	-0,05	-0,13	0,09	0,02	0,23	-0,02	0,21	0,30	0,07	0
ЧД КК , шт :	1	1	0	2	0	2	1	1	3	1	0	

Анализируя данные таблиц 3-5, следует отметить, что отдельные месяцы характеризуются неравным вкладом погодного режима в формирование прироста древесины. Так наибольшее число достоверных коэффициентов корреляции между годичной изменчивостью прироста в хронологиях и метеопараметрами приходится на май. Также выделяется по своей значимости июнь. Можно предположить, что особенности фенологии сосны веймутовой таковы, что на май приходится пик камбиальной активности при формировании годичного кольца. Полученные результаты делают данную гипотезу обоснованной и обуславливают актуальность прямых исследований в этом направлении.

Сопоставляя характер влияния метеопараметров на прирост сосны румелийской и сосны веймутовой, можно отметить наличие достоверных корреляций, общих для двух систематических близких видов, что обусловлено общностью их наследственных экологических свойств. При этом имеются и межвидовые отличия по чувствительности к погодному режиму на разных этапах роста. По реакции на режим увлажнения мая оба вида сходны. В июне сосна веймутова уже не проявляет чувствительности к режиму увлажнения, тогда как сосна румелийская продолжает страдать от недостатка влаги. По реакции на температурный режим июня оба вида достаточно сходны. Реакция сосен на метеоусловия июля также очень похожа. В то же время в августе сосна веймутова уже не реагирует на повышенные температуры, тогда как сосна румелийская продолжает оставаться чувствительной к таким изменениям. С этой тенденцией согласуется и отсутствие отрицательной реакции у сосны веймутовой на повышенные температуры сентября прошлого года. Такого рода отличия можно интерпретировать на фенологической основе: основные фенофазы у двух видов, по-видимому, сдвинуты друг относительно друга. Справедливость этого предположения подтвердилась при обращении к данным многолетних фенологических наблюдений в дендрарии Главного Ботанического сада им Н.В. Цицина РАН (Лапин и др., 1975)

Глава 5 Диагностика потребностей в уходе на примере сосен в условиях дендрологического сада МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (бывш. МГУЛ)

Городские условия для древесных растений могут быть экстремальны по многим параметрам. Факторы, создающие экстремальные экологические условия для древесной растительности в городской среде достаточно подробно рассмотрены в ряде обзорных работ (Чернышенко, 1999; Кочьярян, 2000). Одним из них является неблагоприятный водный режим почвы. Дендроклиматическая диагностика потребности городских зеленых насаждений в регуляции водного режима почвы позволяет надежно выявлять как сам факт наличия неблагоприятного водного режима почвы в насаждении, так и календарный период года, в течение которого необходима его регуляция.

В данном разделе работы дендроклиматическая информация была использована для диагностики состояния сосен, произрастающих на территории дендрария МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана (бывш. МГУЛ). В работе были использованы данные измерений ширины годичных колец по трем видам сосен: обыкновенной, румелийской, веймутовой. Для исследования влияния климатических факторов на радиальный прирост были использованы временные ряды метеопараметров метеостанции МГУ (г. Москва), размещенные в открытом доступе на сайте <http://www.pogodaiklimat.ru>. Индивидуальные для каждого образца ряды радиального прироста были проиндексированы отнесением ширины годичного кольца каждого года к средней ширине годичного кольца за последние пять лет. На основе индивидуальных индексированных хронологий были рассчитаны средние индексированные хронологии.

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров календарного года формирования годичного кольца на прирост сосны обыкновенной приведены ниже. Расчет производился для периода 1980–2011 гг. При числе степеней свободы 32 и уровне значимости 0,05 достоверны значения коэффициентов корреляции (r) от 0,35 и больше (Лакин, 1973).

Среди метеопараметров текущего года формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков февраля ($r=0,44$) и суммы осадков марта ($r=0,48$). Среди метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для среднемесячной температуры июля ($r= -0,38$) и среднемесячной температуры декабря ($r=0,41$).

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров календарного года формирования годичного кольца на прирост сосны румелийской за период 1986-2012 гг. приведены ниже. Достоверные коэффициенты корреляции от 0,38 и выше (Лакин, 1973).

Среди метеопараметров текущего года формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($r=0,43$), суммы осадков июня ($r=0,43$), суммы осадков июля ($r=0,52$), среднемесячной температуры июня ($r=-0,42$) и среднемесячной температуры августа ($r= 0,45$). Среди метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($r= -0,43$) и среднемесячной температуры сентября ($r= -0,39$).

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров календарного года формирования годичного кольца на прирост сосны веймутовой за период 1966-2012 гг. приведены ниже. Достоверные коэффициенты корреляции от 0,29 и выше (Лакин, 1973).

Среди метеопараметров текущего года формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($r=0,46$), суммы

осадков июля ($r=0,51$), среднемесячной температуры мая ($r= -0,41$) и среднемесячной температуры июня ($r= -0,30$). Среди метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков июня ($r= -0,35$) и среднемесячной температуры марта ($r=0,36$).

Сопоставляя характер влияния метеопараметров на прирост сосны румелийской и сосны веймутовой можно отметить наличие достоверных корреляций, общих для двух систематических близких видов, что обусловлено общностью их наследственных экологических свойств. При этом имеются и межвидовые отличия по чувствительности к погодному режиму на разных этапах роста.

По данным корреляционного анализа для каждого вида сосны с использованием стандартных функций табличного процессора Microsoft Excel было составлено уравнение множественной линейной регрессии.

Для сосны обыкновенной связь колебаний индексов прироста с метеоусловиями была смоделирована с помощью уравнения множественной линейной регрессии вида:

$$Y = 1,1461 - 0,014 * T + 0,0113 * T_{12} + 0,0019 * O_2 + 0,0026 * O_3$$

где,

Y – индекс прироста;

T_7 – среднемесячная температура июля прошлого года, °С

T_{12} – среднемесячная температура декабря прошлого года, °С

O_2 – сумма осадков февраля текущего года, мм

O_3 – сумма осадков марта текущего года, мм

Значения коэффициентов сходства между реальными и модельными значениями высоки (коэффициент синхронности 67 %; коэффициент корреляции 0,67). Регрессионная модель описывает 44 % изменчивости прироста.

Для сосны румелийской связь колебаний индексов прироста с метеоусловиями была смоделирована с помощью уравнения множественной линейной регрессии вида:

$$Y = 1,514 + 0,002 * O + 0,001 * O_6 + 0,0013 * O_7 - 0,023 * T_6 - 0,03 * T_8$$

где,

Y – индекс прироста;

T_6 – среднемесячная температура июня текущего года, °С

T_8 – среднемесячная температура августа текущего года, °С

O_5 – сумма осадков мая текущего года, мм

O_6 – сумма осадков июня текущего года, мм

O_7 – сумма осадков июля текущего года, мм

Значения коэффициентов сходства между реальными и модельными значениями высоки (коэффициент синхронности 77 %; коэффициент корреляции 0,77). Регрессионная модель описывает 60 % изменчивости прироста.

Для сосны веймутовой связь прироста с метеоусловиями была смоделирована с помощью уравнения множественной линейной регрессии вида:

$$Y = 1,3272 + 0,002 * O_5 + 0,002 * O_7 - 0,0251 * T_5 - 0,0168 * T_6$$

где,

Y – индекс прироста;

T_5 – среднемесячная температура мая текущего года, °С

T_6 – среднемесячная температура июня текущего года, °С

O_5 – сумма осадков мая текущего года, мм

O_7 – сумма осадков июля текущего года, мм

Для сосны веймутовой, также, как и для сосны румелийской и сосны обыкновенной регрессионная модель описывает колебания прироста с высоким уровнем точности. Коэффициент синхронности составляет 85 %, коэффициент корреляции 0,69, уравнение описывает 47 % изменчивости индексов радиального прироста. Пример сопоставления реальных и модельных значений прироста приведен на рисунке 5.

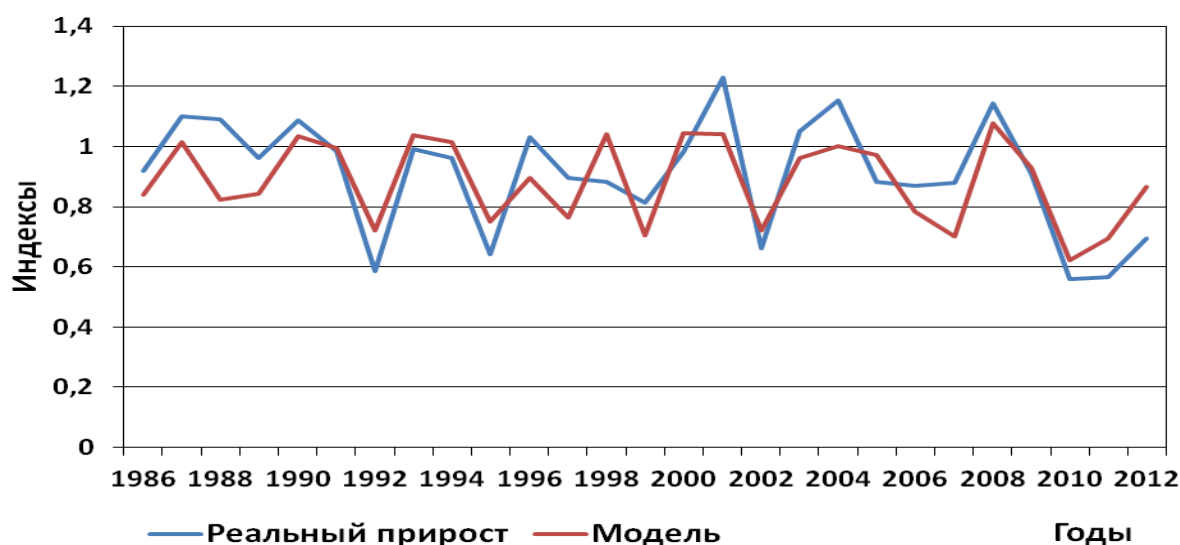


Рисунок 5 – Сопоставление реальных и модельных значений индексов прироста сосны румелийской по годам

Подводя итог результатам корреляционного и регрессионного анализа следует сделать вывод, что сосна веймутова и сосна румелийская в условиях дендрария в основном испытывают угнетение в период наступления засушливого погодного режима в течении вегетационного сезона. Повышение среднемесячной температуры и снижение месячной суммы осадков отрицательно сказываются на величине годичного радиального прироста. Отрицательное влияние засух прослеживается как для погодного режима в год формирования годичного кольца, так и для погодного режима прошлого года, однако в первом случае оно проявляется более отчетливо. Для роста сосны обыкновенной благоприятно повышенное количество осадков в феврале и марте. Имеется внутривидовая специфика в реакции разных видов сосны на климатические факторы. Практическое значение полученных результатов сводится к тому, что для стимулирования радиального прироста у сосен румелийской и веймутовой в дендрарии МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (МГУЛ) необходимо вести полив деревьев, а для сосны обыкновенной необходимо вести снегонакопление. Для каждого вида установлен режим такого полива и снегонакопления (сосна веймутова – май и июль; сосна румелийская – май, июнь, июль; сосна обыкновенная – февраль, март). Стимулирование радиального прироста необходимо для скорейшего выздоровления деревьев подвергавшихся хирургическим методам лечения: обрезка сухих ветвей, лечение ран, сухобочин, дупел. Увеличение радиального прироста будет способствовать скорейшему зарастанию древесной зоны механического повреждения (Румянцев, Черакшев, 2013; Черакшев, 2014).

Глава 6. Результаты апробации дендрохронологического метода в природоохранной практике

6.1 Результаты идентификации места происхождения древесины

Имеется значительный объем публикаций, посвященный вопросу определения места происхождения срубленной древесины на основе дендрохронологической информации (Розанов, 1969; Пальчиков, Румянцев, 2009; Липаткин и др., 2010, 2013; Матвеев, Румянцев, 2013; Синькевич, 2014; Гончарук, Майорова, 2015; Воронин и др., 2016; Румянцев, Черакшев, 2017; Rummyantsevetal., 2016). Основной объем исследований по этому вопросу выполнен на материале сосны обыкновенной и ели европейской. Нами этот вопрос был дополнительно исследован на материале сосны веймутовой. Материал для исследований нами был использован собранный в Московской области (дендрарий МГУ, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, дендрарий МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (МГУЛ)) и сопредельных регионах.

Обобщенные индексированные хронологии были подвергнуты кластерному анализу в программе STATISTICA 6.0. Оценка сходства индексированных

временных рядов сосны веймутовой из разных географических точек производилась по правилу «одиночной связи» (singlelinkage) (Халафян, 2008). Результаты анализа отражены на рисунке 6.

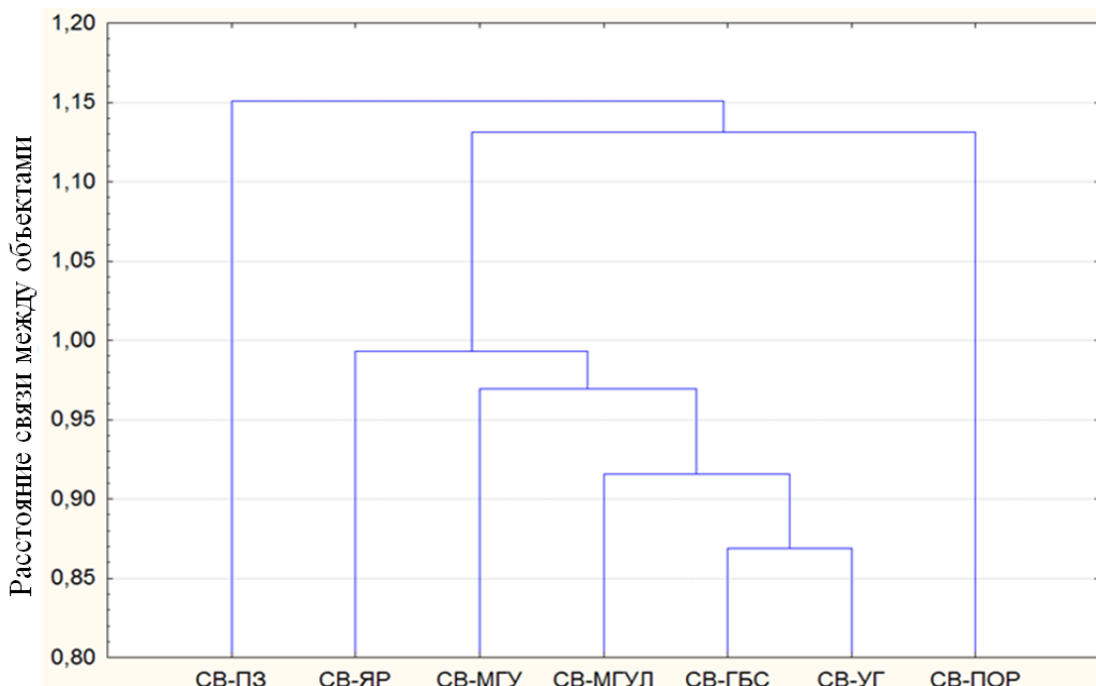


Рисунок 6– Дендрограмма сходства временных рядов индексов прироста сосны веймутовой объединенных по правилу «одиночной связи» из разных географических точек

Как видно из данных рисунка 6, действительно, степень подобия хронологий внутри вида пропорциональна расстоянию между объектами, на которых они произрастают. Хронологии из Мытищ (МГУЛ) и с северо-востока Москвы (ГБС) более похожи между собой, чем с хронологией с юго-запада Москвы (МГУ). Все вместе они формируют единый кластер по отношению к хронологии из Ярославской области (Дендрологический сад им. С.Ф. Харитоновна). Далеко от них отстает хронология из Порецкого лесничества, и еще дальше хронология из Пензенской области. Однако примененная методика дает не абсолютное соответствие – хронология из Озёрского участкового лесничества калужской области в районе НП «Угра» оказалась в примененной процедуре классификации ближе к хронологии из ГБС РАН. Возможно это эффект от высокого сходства наследственных свойств посадочного материала, что в настоящее время уже трудно подтвердить или опровергнуть. Таким образом, принципиальная возможность идентификации места происхождения древесины подтверждается и на примере сосны веймутовой. В основе ее лежат фундаментальные биологические закономерности формирования годичных колец древесины, которые имеет смысл широко использовать в рамках биологической экспертизы, а также разрабатывать на их основе систему добровольной сертификации легальности заготовки древесины.

6.2 Выявление дерева памятника-природы

Выполненные нами исследования на одном из наших объектов исследования, расположенном в Озёренском участковом лесничестве Дзержинского лесничества Калужской области позволили выявить экземпляр сосны веймутовой, выделяющийся в насаждении такого же вида среди остальных своими размерами и отличным состоянием, поэтому было решено подать заявку во Всероссийскую программу «Деревья – памятники живой природы». Дерево было включено в Национальный реестр старовозрастных деревьев России и присвоен номер №795. В результате голосования на ежегодном заседании сертификационной комиссии программы 18 апреля 2019 года данному дереву был присвоен статус «Дерево – памятник живой природы». В подразделе подробно описывается методика определения возраста, разработанная автором (Черакшев и др., 2015, Румянцев, Черакшев, 2020). По данной методике определялся возраст выявленной сосны. Данная методика позволяет наиболее точно определить возраст деревьев в тех случаях, когда бурав при сверлении проходит не через центр ствола дерева, а по хорде относительно сердцевины. Так как практически невозможно попасть точно в центр ствола особенно если работать с деревьями большого диаметра, то некоторое число годичных колец выпадает из расчета, в результате чего возраст получается заниженным.

Заключение

1. В ходе исследований создана база дендроиндикационных данных, включающая хронологии сосны веймутовой, сосны румелийской и сосны обыкновенной. Полученные данные о временной изменчивости ширины годичного кольца отличаются разнообразием. Есть достаточно длинные хронологии, есть более короткие (максимальная длина временного ряда 114 лет, минимальная длина временного ряда 34 года). Ширина годичного кольца варьирует не только по годам, но и в зависимости от локальных условий произрастания древостоя. Установлены отдельные статистические характеристики полученных хронологий. База данных может быть использована для дальнейших исследований, а также задействована в учебном процессе при преподавании дисциплины «Дендрохронология» бакалаврам специальности «Лесное дело».
2. Сопоставляя распределение климатического сигнала в хронологиях сосен, было установлено, что спектр достоверных значений коэффициентов корреляции отличается для разных видов из разных географических точек. В то же время, имеются общие закономерности в проявлении достоверных значений коэффициентов корреляции. Хронологии сосны румелийской на общем фоне характеризуются высокой метеочувствительностью. Также высокой метеочувствительностью характеризуется хронология сосны веймутовой из

Пензенской области – крайней южной точки из числа пробных площадей, заложенной нами в зоне лесостепи. Метеопараметры текущего года в целом оказываются более значимы для формирования прироста, чем метеопараметры года, предшествовавшего году формирования годичного кольца. Отдельные месяцы характеризуются неравным вкладом погодного режима в формирование прироста древесины. Так наибольшее число достоверных коэффициентов корреляции между годичной изменчивостью прироста в хронологиях и метеопараметрами приходится на май.

3. Дендроклиматический анализ методом климаграмм четко демонстрирует отрицательное влияние высоких температур воздуха в мае, июне, июле и августе на формирование прироста древесины в исследуемых хронологиях. Аналогично есть четкая связь между формированием экстремально узких годичных колец и сниженным количеством атмосферных осадков в мае, июне, июле и августе.

4. Методом кластерного анализа была подтверждена принципиальная возможность дендрохронологической идентификации места происхождения древесины в том числе и на примере сосны веймутовой. В основе ее лежат фундаментальные биологические закономерности формирования годичных колец древесины, которые имеет смысл широко использовать в рамках биологической экспертизы, а также разрабатывать на их основе систему добровольной сертификации легальности заготовки древесины.

5. На основе использования дендрохронологической информации удалось выявить факторы, лимитирующие прирост деревьев разных видов сосны в условиях дендрария МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (бывш. МГУЛ). Выполненное исследование демонстрирует принципиальную возможность использования дендрохронологической информации при диагностике потребности городских зеленых насаждений в агротехнических уходах определенного рода.

6. Согласно поданной нами заявке, выявленное дерево сосны веймутовой из Озёрского участкового лесничества Дзержинского лесничества Калужской области было включено в Национальный реестр старовозрастных деревьев России и ему присвоен номер №795. Информация о дереве размещена на сайте программы. В результате голосования на ежегодном заседании сертификационной комиссии программы 18 апреля 2019 года данному дереву был присвоен статус «Дерево – памятник живой природы».

7. Предложенная оригинальная методика расчета возраста может быть использована для наиболее точного его определения в насаждениях при проведении лесоустроительных работ, а также в настоящее время интенсивно используется при паспортизации старовозрастных деревьев, представляющих природную, историческую и культурную ценность.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Ловелиус, Н.В. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России и глобальные факторы среды / Н.В. Ловелиус, К.Н. Дьяконов, С.Б. Пальчиков, А.Ю. Ретеюм, Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, **А.В. Черакшев** // Общество. Среда. Развитие. 2013. – № 4(29) – С. 251–259.
2. Румянцев, Д.Е. Дендроклиматическая диагностика состояния сосен секции STROB1 в условиях дендрологического сада МГУЛ / Д.Е. Румянцев, **А.В. Черакшев** // Вестник Московского Государственного Университета Леса – Лесной вестник. 2013. – № 7 (99) – С. 121–127.
3. Ловелиус, Н.В. Создание эталонных серий прироста годичных колец хвойных деревьев в Вологодской области / Н.В. Ловелиус, С.В. Лежнева, С.Б. Пальчиков, **А.В.Черакшев** // Вестник Московского Государственного Университета Леса. – Лесной вестник. 2014. – № 5 – С. 98–109.
4. Липаткин, В.А. Факторы среды в годы аномальных приростов сосны в лесной зоне РФ // В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Н.В. Ловелиус, А.Ю. Ретеюм, **А.В. Черакшев** // Общество. Среда. Развитие. 2017. – № 3 (44) – С. 99–109.
5. Румянцев, Д.Е. Анализ динамики радиального прироста в 445-летней древесно-кольцевой хронологии сосны из Прибайкальского национального парка / Д.Е. Румянцев, **А.В.Черакшев** // Лесохозяйственная информация. – 2018. № 1. – С. 41–49.
6. Румянцев, Д.Е. Методические подходы для определения возраста деревьев / Д.Е. Румянцев, **А.В. Черакшев** // Принципы экологии. – 2020. – №4(38). – С. 104–117.

Статьи в изданиях, индексируемых в Scopus и WoS

7. **Cherakshev, A.V.** Dendrochronological research on old-aged Eastern white pine from the Kaluga region – a natural heritage monument / **A.V. Cherakshev, D.E. Rumyantsev** // Acta Facultatis Xylogologiae Zvolenthis, 2021, 63(2), p. 153–161.

Статьи в иных журналах и сборниках научных трудов

8. Липаткин, В.А. Итоги и перспективы разработки технологии идентификации места происхождения древесины на основе дендрохронологической информации / В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев, **А.В. Черакшев** и др. // Материалы международной конференции «Дендро 2012: перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. – С. 47–49.
9. **Черакшев, А.В.** Влияние климатических факторов на рост разных видов сосны в дендрарии МГУ леса / **А.В. Черакшев** // Ломоносов – 2014: XXI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых; секция «Биология»; 7–11 апреля 2014 г.; Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова, биологический факультет: Тезисы докладов. / Сост. Е. В. Ворцепнева. – М.: Издательство Московского университета, 2014. – С. 79–79.
10. Румянцев, Д.Е. Географические закономерности изменчивости радиального прироста в сфагновых сосняках лесной зоны России / Д.Е. Румянцев,

А.В.Черакшев, Е.В. Сарапкина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 6 (11). С. 108–113.

11. Румянцев, Д.Е. Частота встречаемости коэффициента синхронности в ценопопуляциях сосны обыкновенной из Вологодской, Владимирской и Нижегородской областей / Д.Е. Румянцев, А.А. Епишков, **А.В. Черакшев** // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. конф., Саранск, 20 – 22 нояб. 2014 г. / ред.-кол.: П.В. Сенин [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 175–177.

12. **Черакшев, А.В.** Дендрохронологическая диагностика состояния сосны обыкновенной в дендрарии МГУ Леса / **А.В. Черакшев** // Состояние деревьев в России: проблемы и решения: материалы первого международного симпозиума, 5–8 ноября 2013 г. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. – С. 103–104.

13. Румянцев, Д.Е. Анализ распределения климатического сигнала в хронологиях сосен секции STROB1 из разных географических точек / Д.Е. Румянцев, А.В. Черакшев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. № 6 (17). – С. 148–153.

14. Румянцев, Д.Е. Дендрохронологические методы экспертизы в урбанизированной среде / Д.Е. Румянцев, **А.В. Черакшев**, Д.В. Пучинская // Состояние деревьев в России: проблемы и решения: материалы первого международного симпозиума, 5–8 ноября 2013 г. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. – С. 58–60.

15. Румянцев, Д.Е. Значение дендрохронологических экспертиз / Д.Е. Румянцев, А.А.Епишков, **А.В. Черакшев** // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 – С. 128–128.

16. Rumyantsev, D.E The description of the method to identify a place of timber origin on the basis of the dendrochronological information / D.E. Rumyantsev, V.A. Lipatkin, A.A.Epishkov, **A.V. Cherakshev** // "European Journal of Natural History". – 2015. – № 1 – P. 33a.

17. Черакшев, А.В. Географические закономерности изменчивости радиального прироста древесины сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России / **А.В.Черакшев**, Е.В. Сарапкина // Ломоносов – 2015:XXII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых; Секция «Биология»; 13–17апреля 2015 г.; Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова, биологический факультет: Тезисы докладов. / Сост. И. А. Екимова. – М.: МАКС Пресс, 2015. – С. 83–84.

18. Черакшев, А.В. Определение возраста деревьев с помощью научного комплекса LINTAB™/ **А.В. Черакшев**, С.Б. Пальчиков, А.В. Анциферов // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Modern scientific potential», February 28 – March 7, 2015 on Biological sciences. P. 42–51.

19. Черакшев, А.В. Возможности применения дендрохронологической информации в уходе за деревьями в урбанизированной среде / **А.В. Черакшев** // Международная научно-практическая конференция «Организация и обслуживание парков и других зеленых общественных территорий» 3–5 апреля 2015 г., Москва. – С. 33–33.

20. Румянцев, Д.Е. Кластерный анализ места происхождения древесины сосны веймутовой по данным изменчивости годичных колец / Д.Е. Румянцев,

Черакшев А.В. // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. № 3-2. – С. 176–177.

21. Румянцев, Д.Е. Дендроклиматический анализ роста сосны обыкновенной в условиях сосняка лещинового (Одинцовский район Московской области) / Д.Е. Румянцев, **А.В. Черакшев** // Уральский научный вестник. – 2017. – Т. 10. № 2. – С. 28–39.

22. Румянцев, Д.Е. Космические факторы и уход за деревьями в урбанизированной среде / Д. Е. Румянцев, **А. В. Черакшев**, К. Н. Ряхина // Материалы общероссийской научно-практической конференции «Взгляд молодых исследователей: лесной комплекс, экономика и управление». М.: МФМГТУим. Н.Э. Баумана - 2018. - С. 130-131.

23. Rummyantsev, D.E. Features of radial growth of aspen forms with different sustainability for stem rot / D.E. Rummyantsev, **A.V. Cherakshev** // Sylwan. English Edition. 2019, Vol.163, №11, p. 1–11.

24. Жаворонков, Ю.М. Создание длительных хронологий прироста деревьев на примере хронологии VOLOGDA-CHRONO-2019 (1374-2018 гг.) для исторических, климатологических и криминалистических исследований / Ю.М. Жаворонков, **А.В. Черакшев**, С.Б. Пальчиков, Д.Ю. Жаворонкова, С.В. Ереги́на // Армянский журнал судебной экспертизы и криминалистики. – 2020. – №4. – С. 89–98.

Электронные ресурсы сети Internet

25. Черакшев, А.В. Определение возраста деревьев-памятников природы / **А.В. Черакшев** // Научный электронный архив РАЕ. URL: <http://econf.rae.ru/article/9013>