

ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1>

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЕЛИ СЕРБСКОЙ В ДЕНДРАРИИ МФ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Научная статья

Воробьева Н.С.^{1,*}, Шаповалов М.В.², Плотников Д.В.³, Крапивин Е.Н.⁴^{1, 2, 3, 4} Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vorobyeva[at]bmstu.ru)

Аннотация

Ель сербская является интродуцентом в Московском регионе. С учетом прогнозируемого изменения климата в сторону его потепления и увеличения его засушливости ель сербская может оказаться видом, перспективным для расширенного использования в городском озеленении и плантационном разведении. Исследование закономерностей изменчивости годовых колец дает возможность получить информацию о биоэкологических особенностях данного вида и прогнозировать успешность его роста в условиях изменения климата. В результате выполненных исследований установлено, что тесные корреляционные связи между динамикой радиального прироста и динамикой метеопараметров отсутствуют, что нормально для вида, находящегося в близких к оптимальным условиям произрастания. С учетом результатов дендроклиматического анализа корреляционным методом и методом климаграмм установлено, что на рост ели сербской положительным образом влияют повышенные зимние температуры и повышенное количество атмосферных осадков в начале вегетационного сезона. Если существующие долговременные тенденции к росту зимних температур в Московском регионе сохранятся, то его климат станет более благоприятным для произрастания ели сербской. Уже сейчас в ее хронологиях наблюдается положительный тренд на увеличение прироста, сопряженный с трендом увеличения средней зимней температуры.

Ключевые слова: ель сербская, годовые кольца, дендрохронология, дендроклиматология, дендрология, озеленение городов.

BIOECOLOGICAL FEATURES OF THE GROWTH OF SERBIAN SPRUCE IN THE ARBORETUM OF THE MB MSTU NAMED AFTER N.E. BAUMAN

Research article

Vorobeve N.S.^{1,*}, Shapovalov M.V.², Plotnikov D.V.³, Krapivin E.N.⁴^{1, 2, 3, 4} Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (vorobyeva[at]bmstu.ru)

Abstract

Serbian spruce is an introduced species in the Moscow region. Given the predicted climate change towards warming and increased aridity, Serbian spruce may prove to be a promising species for expanded use in urban landscaping and plantation cultivation. Studying the patterns of variability in annual rings provides information on the bioecological characteristics of this species and allows to predict its growth success under changing climate conditions. The research has established that there are no close correlations between the dynamics of radial growth and the dynamics of meteorological parameters, which is normal for a species growing in conditions close to optimal. Taking into account the results of dendroclimatic analysis using correlation and climogram methods, it has been determined that the growth of Serbian spruce is positively influenced by higher winter temperatures and increased precipitation at the beginning of the growing season. If the existing long-term trends towards higher winter temperatures in the Moscow region continue, its climate will become more favourable for the growth of Serbian spruce. Already, its chronologies show a positive trend towards increased growth, coupled with a trend towards higher average winter temperatures.

Keywords: Serbian spruce, annual rings, dendrochronology, dendroclimatology, dendrology, urban greening.

Введение

Ель сербская (*Picea omorika* (Pančić) Purk.) имеет природный ареал произрастания на Балканах: в горах Сербии, Боснии и в Западной Болгарии в Родопских горах — в бассейне реки Дрина [4], [14], [15]. Эта ель считается реликтом третичного периода кайнозойской эры, начавшегося около 66 млн. лет назад и закончившегося около 1,8 млн лет назад. Считается, что в эту эпоху данный вид (или близкий к нему) был широко распространен на всей территории Евразии и Северной Америки. Известно, что в конце третичного периода появилась, в частности, такая группа приматов, как австралопитеки. Поэтому, если в научно-популярной литературе для более точного понимания древности таксона голосеменных класса саговники принято называть их «современниками динозавров», то ель сербскую в этом ключе корректно характеризовать как «современника австралопитеков».

Основная дендрологическая особенность ели сербской — это наличие плоской хвои, с двумя рядами устьичных полосок на нижней стороне хвои, что сближает ее строение с хвоей основных представителей рода пихта (*Abies* Mill.). На основании этого признака ель сербская иногда объединяется с елью аянской во внутривидовую секцию *Omorica* (пихтообразные).

Дендрохронологические исследования, выполнявшиеся на базе коллекции хвойных Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН показали, что есть основания считать ель сербскую видом, экологическая ниша которого близка к экологической нише первопредка всех представителей семейства сосновые (*Pinaceae*) [2].

Ель сербская имеет ограниченное распространение в Московском регионе. Так, подробная добротная монография «Древесные растения парков Подмосковья» [1] изданная в 1979 году в издательстве «Наука», написанная коллективом сотрудников Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН отмечает такие виды и внутривидовые формы рода *Picea* Dietr. как ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), ель колючая голубая (*Picea pungens* «*Caesia*»), ель колючая зеленая (*Picea pungens* «*Viridis*»), ель колючая сизая (*Picea pungens* «*Glauca*»), ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Karst.), ель обыкновенная плакучая (*Picea abies* «*Pendula*»), ель обыкновенная прутовидная (*Picea abies* «*Virgata*»), ель сибирская (*Picea obovata* Ldb.), ель сизая (*Picea glauca* (Moench.) Voss.), ель Энгельмана (*Picea engelmannii* Engelm.) (русские и латинские названия растений приведены в трактовке авторов монографии). Ель сербская в ней не отмечена ни для одного локального объекта. Безусловно, представленность данного вида в интродукции в пределах Московского региона существенным образом возросла за последние 30 лет благодаря активному созданию новых объектов ландшафтной архитектуры и завозу посадочного материала из Западной Европы. Тем не менее, на наш взгляд, имеется потенциал для более широкого использования данного вида в городском озеленении, а также в качестве основного вида при создании лесных плантаций и их эксплуатации.

Ель сербская отличается высокой засухоустойчивостью, что предопределяет и ее высокую газоустойчивость. Опыт интродукции показывает ее общую высокую устойчивость в урбанизированной среде [4], [15]. Видоспецифичный признак — узкая крона обеспечивает низкую парусность и низкую вероятность повреждения дерева ветром и навалами снега, что обеспечивает низкую аварийность вида в городской среде. Нет данных о высокой пораженности данного вида стволовыми гнилями в условиях интродукции, что говорит о нем как о перспективном с точки зрения «не аварийности» виде. Немаловажно также, что вид обладает высокими декоративными свойствами.

Анализ дендрохронологической информации позволяет исследовать наследственные экологические свойства видов интродуцентов, выявлять климатические факторы, критически значимые для их роста за пределами естественного ареала, а также вести диагностику потребности растений в определенном роде ухода в рамках их выращивания в конкретных условиях произрастания. Детальное познание биоэкологических свойств видов елей, оценка перспектив их роста в конкретном регионе с учетом прогнозируемых изменений климата возможна на основе использования дендроклиматической информации [2], [6], [12], [17].

В данной статье изложены результаты дендроклиматической диагностики биоэкологических особенностей роста ели сербской на конкретном локальном объекте озеленения — в дендрарии Мытищинского филиала МГТУ им. Н. Э. Баумана (бывший МГУлеса). Целью исследования было установление закономерностей климатически обусловленной изменчивости годичных колец у данного вида и диагностика на их основе биоэкологических особенностей роста вида. Для этого решались такие задачи как отбор образцов древесины, получение временных рядов радиального прироста (временных рядов ширины годичного кольца), выявление связей между изменчивостью величины прироста и изменениями метеопараметров. Результаты исследований были апробированы при выступлении в рамках международного молодежного форума «Ломоносов-2025» на кафедре высших растений МГУ им. М.В. Ломоносова и частично опубликованы в виде тезисов доклада [5].

Методы и принципы исследования

Для целей исследования были отобраны два дерева ели сербской, произрастающие в дендрарии МФ МГТУ им.Н.Э. Баумана. Они были высажены в 1975 году. Их внешний вид в апреле 2025 отражает фото на рисунке 1, их состояние характеризуют данные таблицы 1.



Рисунок 1 - Общий вид учетных деревьев в дендрарии
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.1>

Таблица 1 - Таксационные параметры учетных деревьев

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.2>

Номер учетного дерева	Диаметр на высоте 1,3м, см	Высота, м	Диаметр проекции кроны «север- юг», м	Диаметр проекции кроны «запад-восток», м	Высота до первого живого сука, м
1	26	18,4	4	3,4	2,55
2	26	18,7	3,5	4,0	3,00

С каждого дерева было отобрано по два керна - один на высоте 1,3 м с целью анализа динамики радиального прироста и один на высоте 0,1 м — в первую очередь с целью определения биологического возраста древесного организма. Поверхность кернов была специальным образом подготовлена и с помощью микроскопа бинокулярного стереоскопического МБС-10 были выполнены измерения общей ширины годичного кольца. Измерения выполнялись с точностью до 0,05 мм. Для контроля за правильностью измерений выполнялась визуальная перекрестная датировка в программе Microsoft Excel.

Основные результаты

Хорошо известно, что число годичных колец меняется по высоте ствола. Для определения возраста деревьев отбор кернов необходимо вести на высоте 0,1 м. В том случае если на образце древесины (керне) будет зафиксирована сердцевина и ювенильная древесина, то подсчет числа годичных колец на образце даст точный биологический возраст дерева. Это происходит не всегда, так как буров при сверлении не всегда попадает в биологический центр ствола дерева.

В нашем случае возраст деревьев определен как 53 года. Первое годичное кольцо сформировалось в 1972 году. Посадка деревьев, видимо, велась трехлетними саженцами в 1975 году, такой вариант датировки совпадает с данными о создании посадки. До высоты 1,3 метра деревья росли около 10 лет, давая линейный прирост в высоту 13 см.

Для анализа влияния климатических факторов на прирост отбор кернов желательно вести на высоте 1,3 м. Здесь менее выражены эффекты эксцентриситета ствола, которые могут вызывать формирование аномально широких и аномально узких годичных колец на отдельных радиусах вне связи с изменением общей продуктивности дерева. На высоте 1, 3 м наблюдается синхронное изменение значений прироста по разным радиусам, то есть периоды увеличения и уменьшения прироста совпадают в хронологиях по разным радиусам.

Первичные временные ряды полученные в результате измерения ширины годичных колец на кернах древесины и последующей перекрестной датировки приведены на рисунке 2.

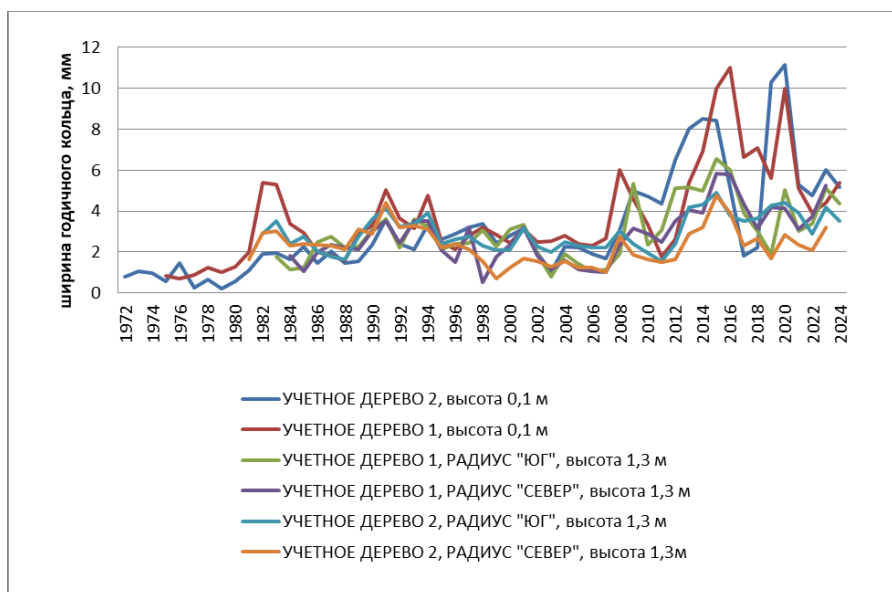


Рисунок 2 - Динамика ширины годичного кольца у учетных деревьев на разных высотах ствола и по разным радиусам ствола

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.3>

Обобщенная хронология по ширине годичного кольца на высоте 1,3 м по четырем радиусам (два северных, два южных) обладает выраженным возрастным трендом. Таким же трендом обладает хронология по двум учетным деревьям для высоты 0,1 м (рисунок 3).

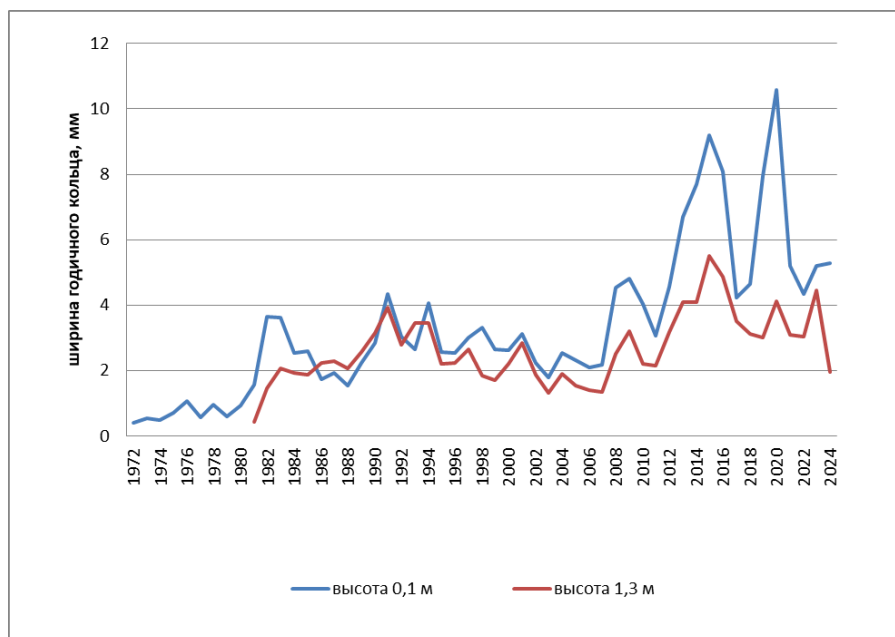


Рисунок 3 - Динамика средней ширины годичного кольца (радиального прироста) на двух высотах ствола
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.4>

Для древесных растений характерен эндогенно обусловленный отрицательный тренд во временных рядах радиального прироста, а наличие положительного тренда говорит об улучшении условий роста деревьев в последние годы, что, видимо, как и в случае ели восточной [3], [17], связано с благоприятными для данного вида климатическими изменениями в среде обитания.

Индивидуальные временные ряды ширины годичного кольца были индексированы: ширина годичного кольца в каждом году делилась на среднюю ширину годичного кольца за последние пять лет. Индексированные временные ряды отражены на рисунке 4.

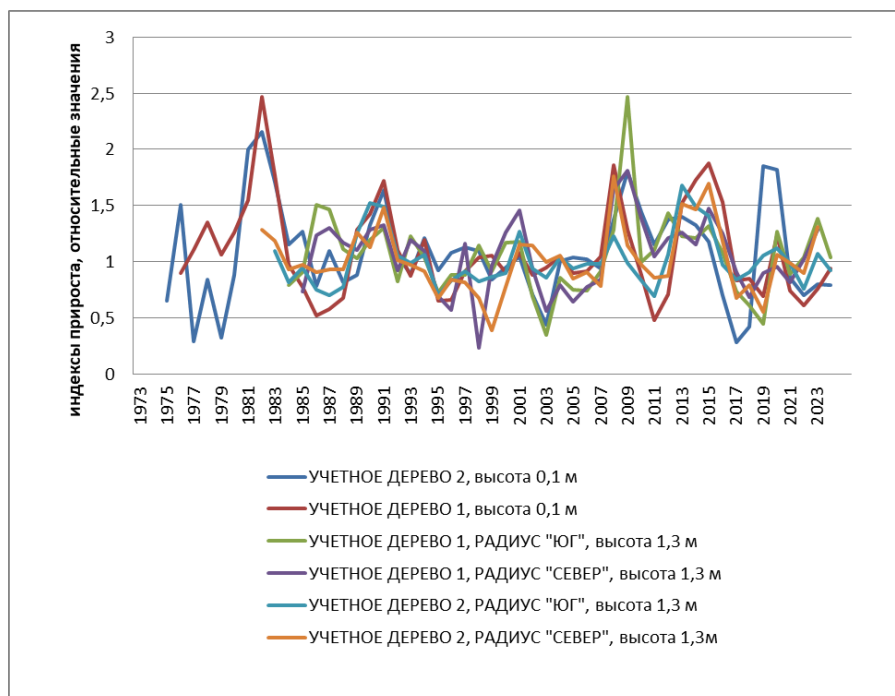


Рисунок 4 - Динамика индексов радиального прироста у учетных деревьев на разных высотах ствола и по разным радиусам ствола

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.5>

На основании индивидуальных индексированных хронологий были рассчитаны средние индексированные хронологии (рисунок 5), на основании анализа которых могут быть выделены годы экстремальных значений прироста: локальные минимумы и локальные максимумы прироста. При их визуальном выделении важно учитывать эффекты последствия благоприятных и неблагоприятных условий роста и не включать в анализ годы высокого и низкого

прироста хронологически следующие за годами высокого и низкого прироста соответственно. При визуальном выделении реперных лет учитывалась также синхронность изменения индексов прироста в двух хронологиях, информационно значимыми признавались годы с выражено синхронными колебаниями значений прироста.

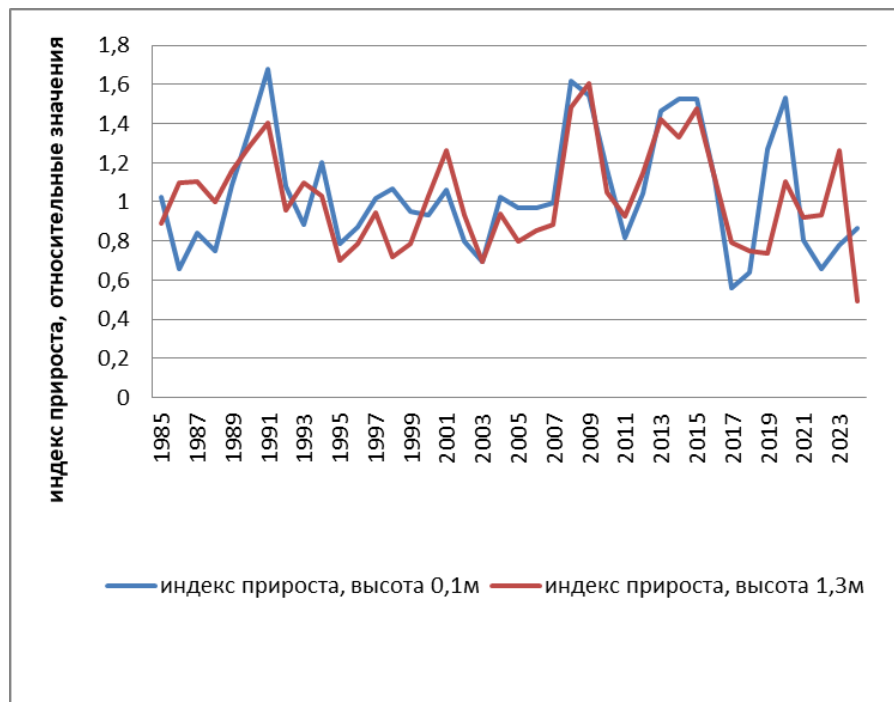


Рисунок 5 - Динамика индексов радиального прироста в обобщенных индексированных хронологиях на разных высотах ствола

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.6>

Хронологии, приведенные на графиках, имеют черты сходства и черты отличия, коэффициент корреляции между ними на отрезке временных рядов 1985–2023 гг. равен 0,70, что говорит о нетождественности данных хронологий и их индикаторного значения. В целях дендроклиматического анализа был произведен расчет коэффициентов корреляции между временными рядами индексов прироста на разных высотах ствола, приведенными на рисунке 5, и временными рядами метеопараметров: как для текущего, так и для прошлого года (года, предшествовавшего календарному году формирования годичного кольца). Для индексированного ряда индексов прироста на высоте 1,3 м не было выявлено коэффициентов корреляции достоверных при уровне доверительной вероятности 0,05 и более высоких уровнях доверительной вероятности. Для индексированной хронологии на высоте 0,1 м были выявлены достоверные коэффициенты корреляции с температурами декабря прошлого года (+0,35), осадками мая текущего года (+0,42), температурами февраля текущего года (+0,34). Все они лежат близко к пороговому значению достоверности коэффициентов корреляции при уровне доверительной вероятности 0,05. Такого рода результаты (отсутствие тесных корреляционных связей) говорят о высокой адаптированности исследуемых экземпляров к условиям экотопа дендрария. В оптимальных условиях произрастания лимитирующие прирост климатические факторы меняются от года к году и процедура корреляционного анализа попросту не может их выявить, но это не значит, что влияние климата на прирост при этом отсутствует.

Вторым вариантом дендроклиматического анализа, дополняющим дендроклиматический анализ методом расчета коэффициентов корреляции является метод клиаграмм. Проанализировав графики на рисунке 5 к числу локальных максимумов прироста были отнесены 1991, 2001, 2008, 2013, 2020; а к числу локальных минимумов прироста 1988, 1995, 2003, 2011, 2017. Максимумы прироста индицируют годы с благоприятным сочетанием метеопараметров роста (при допущении о равенстве параметров всех прочих значимых экологических факторов), минимумы прироста индицируют неблагоприятные условия роста. Рассчитав средние значения для группы лет локальных максимумов и локальных минимумов прироста можно получить объективные количественные данные о метеорологическом фоне, благоприятном для интенсивного роста ели сербской, так же как и об экологическом фоне неблагоприятном для ее роста. Средние значения метеопараметров для этих групп лет были сопоставлены между собой и со средними многолетними для периода 1985–2022 гг. (рисунок 6, рисунок 7).

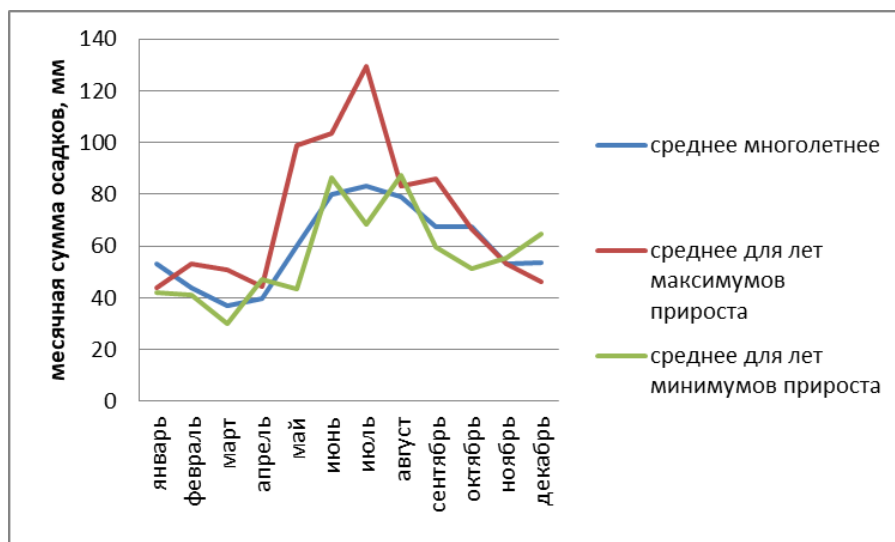


Рисунок 6 - Значения средней месячной суммы осадков для разных групп лет
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.7>

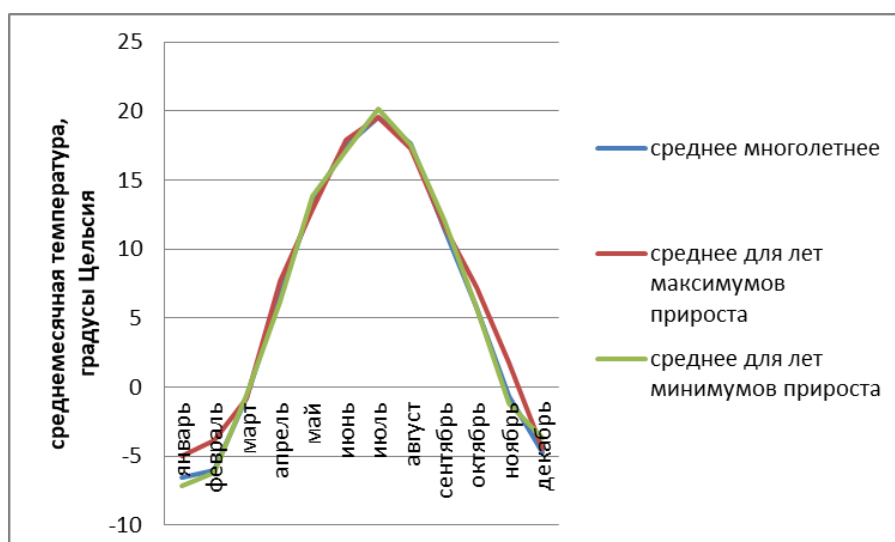


Рисунок 7 - Значения средней среднемесячной температуры для разных групп лет
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.8>

Установлено, что благоприятные условия для роста деревьев складываются в первую очередь при повышенных значениях суммы атмосферных осадков в мае, июне, июле текущего года. Для улучшения роста деревьев целесообразен полив посадки в течении указанной части вегетационного сезона. Если обсуждать перспективы разведения ели сербской на плантациях, либо в рамках городского озеленения, то организация полива посадок не составляет существенной проблемы, тем более, что вести его придется не в течении всего вегетационного сезона, а лишь в отдельный его период при условии недостатка влажности почвы, что может быть своевременно зафиксировано при установке соответствующих датчиков. Существенно, что в годы минимумов значения суммы осадков близки к среднемноголетним. Также важно, что положительное влияние осадков мая частично выявлено нами и при корреляционном анализе, но так как оно сказывается «односторонним» образом (повышенные осадки ведут к увеличению прироста, а пониженные в силу высокой засухоустойчивости ели сербской не ведут к снижению прироста), то линейный корреляционный анализ эту зависимость фиксирует «плохо».

Формирование максимумов прироста также происходит при повышенных значениях среднемесячных температур января и февраля. Это в целом совпадает с результатами корреляционного дендроклиматического анализа, также выявившего положительное влияние повышенных зимних температур на рост ели сербской. Таким образом, наблюдаемый положительный тренд в изменчивости прироста следует связывать с положительным трендом в динамике средних зимних температур и улучшением климатических условий для роста ели сербской (рисунок 8).

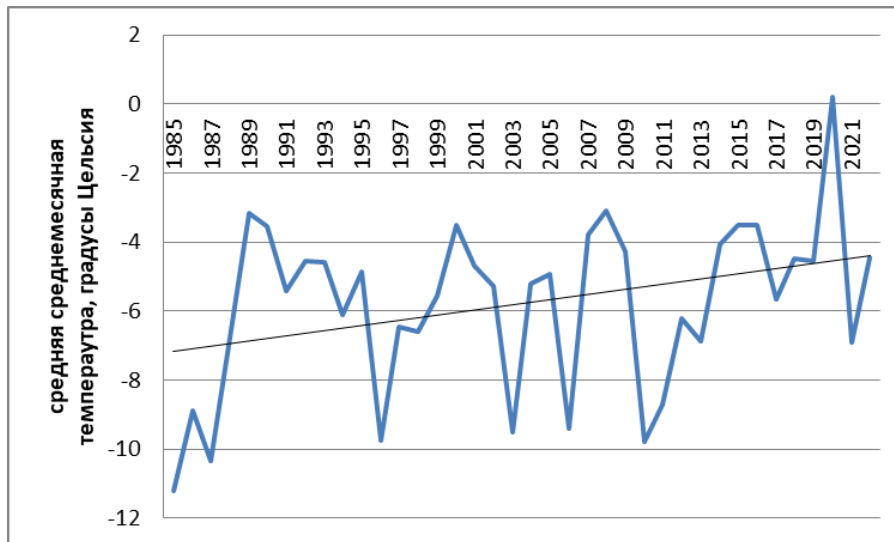


Рисунок 8 - Средняя среднемесячная температура для трех зимних месяцев
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.8.1.9>

Примечание: для декабря в расчет включалась температура календарного года минус один год

За рассматриваемый период средняя зимняя температура по значениям линейного тренда сместилась от $-7,5^{\circ}\text{C}$ до $-4,4^{\circ}\text{C}$, что существенно для такого короткого временного интервала. Если долговременные тенденции роста зимних температур в Московском регионе сохранятся, то его климат станет более благоприятным для роста ели сербской.

Обсуждение

Дендроклиматические исследования роста ели сербской в естественном ареале на границе между Сербией и Боснией и Герцеговиной дали авторам основания охарактеризовать ее как реликтовый вид, находящийся под угрозой исчезновения [14]. Авторы отмечают, что ожидаемое увеличение продолжительности и интенсивности засух в Юго-Восточной Европе приведёт к серьёзным изменениям в оставшихся естественных лесах. Поэтому, чтобы принимать обоснованные управленческие решения, способствующие их сохранению, важно лучше понимать, как они реагируют на изменения климата и окружающей среды. Эти же основания справедливы и для исследования закономерностей влияния климатических факторов на рост ели сербской в Московском регионе — может оказаться, что этот эндемичный реликтовый вид, которому может угрожать вымирание в естественном ареале, ограниченном в настоящее время каньоном реки Дрина, может оказаться перспективным для расширенного культивирования в Московском регионе.

Выполненный авторами статьи анализ годовичных колец, охватывающий общий период с 1974 по 2016 год, показал значительное замедление роста и выявил усиливающуюся негативную реакцию на летнюю засуху за последние 30–40 лет. Сила реакции различалась в зависимости от дерева и места произрастания: молодые деревья и те, что растут на меньшей высоте, сильнее страдали от засухи.

В контексте обсуждаемой темы важно также учитывать особенности влияния климатических факторов на рост ели европейской в той части ее естественного ареала, в которой она граничит с елью сербской [16]. Как отмечают авторы статьи в Боснии и Герцеговине леса занимают 2 904 600 га, или 56,7 % от общей площади страны. Анализ метеорологических данных за 1961–2014 гг. показывает, что среднегодовая температура воздуха в этом регионе продолжает постоянно повышаться и поэтому лесным экосистемам следует уделять пристальное внимание. Одним из важнейших видов для лесного хозяйства Боснии и Герцеговины является ель европейская. По мнению авторов в данном регионе ель европейская находится под угрозой исчезновения из-за низкой засухоустойчивости и подверженности различным заболеваниям. Согласно прогнозам на середину (2041–2070 гг.) и конец века (2071–2100 гг.) в соответствии со сценарием RCP 4.5 значительного влияния климата на распространение ели не будет. Прогнозируемые темпы уменьшения площади и высотные сдвиги благоприятных местообитаний незначительны. Прогнозы в соответствии со сценарием RCP 8.5 предсказывают весомое сокращение благоприятных местообитаний для ели обыкновенной как на территории существующего ареала вида, так во всей Боснии и Герцеговине. В частности, прогноз на конец века (RCP 8.5) показывает почти полное исчезновение благоприятных для произрастания ели мест, в то время как небольшие участки, подходящие для этого дерева, расположенные выше, чем остальные, над уровнем моря, останутся нетронутыми. Таким образом, в зависимости от сценария наблюдаемых климатических изменений состояние еловых лесов из ели европейской будет изменяться по-разному.

Ухудшение условий роста для ели сербской в естественном ареале в связи с изменениями климата может быть сопряжено с улучшением условий для ее роста в условиях интродукции в определенных регионах. Анализируя результаты дендроклиматического анализа роста ели сербской, имеет смысл учитывать результаты предыдущих исследований, содержащие результаты дендроклиматического анализа роста ели европейской в Московском регионе [8], [10], [11], [13], а также результаты анализа влияния климатических факторов на рост других видов ели в условиях

интродукции в Московском регионе [2], [6], [12], [17]. Результаты дендроклиматического анализа могут отличаться в деталях в зависимости от принятой методики исследования. На результаты могут влиять как особенности отбора образцов древесины, так, и особенности математической обработки исходных временных рядов ширины годичного кольца. В связи с этим в рамках данной статьи мы учитывали только результаты исследований выполненных по единой методике, используемой в лаборатории дендрохронологии МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Это делает их полностью сопоставимы между собой и с результатами исследований изложенными в данной статье.

Положительное влияние на рост повышенных зимних температур в Московском регионе зафиксировано для ели восточной (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) [3], [17], но не наблюдается для ели Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey) [7]. Последнее авторы связывают с нарушением состояния зимнего покоя у данного вида в результате оттепелей и последующим повреждением его даже относительно слабыми морозами. Ель Глена (*Picea glehnii* (F.Schmidt) Mast.) при интродукции в Московском регионе ведет себя сходным образом с елью сербской [12]: ее прирост не демонстрирует выраженных корреляционных связей с метеопараметрами, что говорит о благоприятности климатических условий данного региона для роста вида. Однако ель Глена проявляет специфику своих экологических свойств, в тех случаях, когда климатические факторы оказывают выраженное влияние на прирост — это отрицательная реакция на повышенные температуры в начале вегетационного сезона.

При обсуждении результатов дендроклиматического анализа видов интродуцентов рода *Picea* важно учитывать специфику роста в данном регионе автохтонного вида — ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.). Ель европейская также в норме демонстрирует отсутствие выраженных корреляционных связей с метеопараметрами [10], но при этом анализ методом климаграмм говорит по положительному влиянии на рост осадков в начале вегетационного сезона [9]. Следовательно, климатические экологические ниши ели сербской и ели европейской близки, что и следовало ожидать из факта пересечения природных ареалов этих видов. Ель сербская потенциально способна заменить ель европейскую при плантационном выращивании в Московском регионе, она имеет перспективы для расширенного использования в городском озеленении.

Таким образом, рост ели сербской в дендрарии МФ МГТУ, его климатическая обусловленность имеет выраженные черты сходства с ростом других интродуцированных видов ели, а также с ростом местного автохтонного вида ели.

Заключение

Подводя итог исследованию следует отметить следующие основные выводы:

1. Первые результаты исследований не противоречат гипотезе о перспективности ели сербской для расширенного разведения на территории Московского региона.
2. Целесообразен дальнейший поиск и выявление старовозрастных посадок ели сербской на территории Московского региона и смежных с ним регионов, оценка их состояния и выполнение дендроклиматических исследований особенностей их роста.
3. Целесообразно создание опытных плантационных культур ели сербской, например, на территории Щелковского учебно-опытного лесхоза.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Александрова М.С. Древесные растений парков Подмосквы / М.С. Александрова, П.И. Лапин, И.П. Петрова и др. — Москва: Наука, 1979. — 236 с.
2. Александрова М.С. Экогенетический портрет первопредка сосновых. / М.С. Александрова, Д.Е. Румянцев // Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. — 2011. — № 1. — С. 87–72.
3. Епишков А.А. Ель восточная как перспективная порода для плантационного выращивания в Московском регионе. / А.А. Епишков, Д.Е. Румянцев // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — № 7-2 (121). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.059
4. Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. — Москва: Лесная промышленность, 1974. — 703 с.
5. Плотников Д.В. Дендрохронологическая диагностика особенностей роста ели сербской в дендрарии МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. / Д.В. Плотников, М.В. Шаповалов, Е.Н. Крапивин. // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2025»; под ред. И.А. Алешковского, А.В. Андриянова, Е.А. Антипова, Е.И. Зимаковой — Москва: МАКС Пресс, 2025.
6. Румянцев Д.Е. Дендрохронологическая диагностика отдельных экологических свойств у видов *Picea*. / Д.Е. Румянцев, М.С. Александрова // Бюллетень Главного ботанического сада. — 2006. — № 190. — С. 87–93.
7. Румянцев Д.Е. Дендрэкологическое исследование роста ели Шренка в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова по данным анализа годичных колец. / Д.Е. Румянцев, А.А. Епишков, Г.А. Бойко // Лесной вестник. — 2022. — № 5. — С. 31–39. — DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-31-39

8. Румянцев Д.Е. Дендроклиматический анализ роста ели в культурах с интенсивными рубками ухода. / Д.Е. Румянцев, В.М. Сидоренков, О.В. Фатеева и др. // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. — 2022. — № 8. — С. 35–44. — DOI: 10.25686/10.25686.2022.93.65.004
9. Румянцев Д.Е. Сопряженность в динамике прироста ели европейской и динамике урожайности картофеля и озимой ржи. / Д.Е. Румянцев, М.В. Ляпичева, Д.В. Илларионов и др. // Сельское хозяйство. — 2023. — № 2. — С. 49–61. — DOI: 10.7256/2453-8809.2023.2.69664
10. Румянцев Д.Е. Дендрохронологическое исследование роста культур ели с интенсивными рубками ухода в условиях Сергиево-Посадского района Московской области. / Д.Е. Румянцев, В.М. Сидоренков, А.А. Ткачева и др. // Лесохозяйственная информация. — 2023. — № 4. — С. 5–20. — DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.01
11. Румянцев Д.Е. Дендрэкологическое исследование роста осины в условиях Московской области. / Д.Е. Румянцев, Н.С. Воробьева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2024. — № 3. — С. 46–64. — DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-46-64
12. Румянцев Д.Е. Диагностика особенностей роста ели Глена в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН на основе дендрохронологической информации. / Д.Е. Румянцев, С.Л. Рысин, А.А. Коженкова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 1 (139). — DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.33
13. Стоноженко Л.В. Оценка реакции ели европейской на воздействие климатических факторов в древостоях разного породного состава. / Л.В. Стоноженко, Д.Е. Румянцев, Е.В. Найденова // Лесохозяйственная информация. — 2018. — № 4. — С. 21–30. — DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.03
14. Dell'Oro M Climate change threatens on endangered relict Serbian spruce. / M Dell'Oro, M Mataruga, U Sass-Klaassen et al. // Dendrochronologia. — 2020. — № 59. — DOI: 10.1016/j.dendro.2019.125651
15. Eckenwalder J.E. Conifers of the world / J.E. Eckenwalder. — Portland-London: Timber press, 2009. — 720 p.
16. Miletić B. The potential impact of climate change of distribution of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) in Bosnia and Herzegovina. / B. Miletić, B. Drašković, T. Đorem et al. // Russian Forestry Journal. — 2022. — № 2. — P. 73–83. — DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-73-83
17. Rummyantsev D.E. Dendroclimatic investigation of Caucasian spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) in Moscow Botanical gardens. / D.E. Rummyantsev, A.A. Epishkov, A.A. Tkacheva // Forestry Ideas. — 2022. — № 2 (64). — P. 323–333.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aleksandrova M.S. Drevesny'e rastenij parkov Podmoskov'ya [Woody plants of parks in the Moscow region] / M.S. Aleksandrova, P.I. Lapin, I.P. Petrova et al. — Moscow: Nauka, 1979. — 236 p. [in Russian]
2. Aleksandrova M.S. E'kogeneticheskij potret pervopredka sosnovy'x [Ecogenetic portrait of the first ancestor of the pine family]. / M.S. Aleksandrova, D.E. Rummyantsev // Woody plants: fundamental and applied research. — 2011. — № 1. — P. 87–72. [in Russian]
3. Epishkov A.A. El' vostochnaya kak perspektivnaya poroda dlya plantacionnogo vy'rashhivaniya v Moskovskom regione [Caucasian spruce as a promising species for plantation cultivation in the Moscow region]. / A.A. Epishkov, D.E. Rummyantsev // International Research Journal. — 2022. — № 7-2 (121). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.059 [in Russian]
4. Kolesnikov A.I. Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology] / A.I. Kolesnikov. — Moscow: Lesnaya promy'shlennost', 1974. — 703 p. [in Russian]
5. Plotnikov D.V. Dendroxronologicheskaya diagnostika osobennostej rosta eli serbskoj v dendrarii MF MGTU im. N.E'. Bauman [Dendrochronological diagnostics of the growth features of the Serbian spruce in the arboretum of the Moscow State Technical University named after N.E. Bauman]. / D.V. Plotnikov, M.V. Shapovalov, E.N. Krapivin. // Materials of the International Youth Scientific Forum "LOMONOSOV-2025"; edited by I.A. Aleshkovskogo, A.V. Andriyanova, E.A. Antipova, E.I. Zimakovoj — Moscow: MAKSS Press, 2025. [in Russian]
6. Rummyantsev D.E. Dendroxronologicheskaya diagnostika otdel'ny'x e'kologicheskix svoystv u vidov Picea [Dendrochronological diagnostics of individual ecological features of *Picea* species]. / D.E. Rummyantsev, M.S. Aleksandrova // Bulletin of the Main Botanical Garden. — 2006. — № 190. — P. 87–93. [in Russian]
7. Rummyantsev D.E. Dendroe'kologicheskoe issledovanie rosta eli Shrenka v Botanicheskom sadu MGU imeni M.V. Lomonosova po dannym analiza godichny'x kolecz [Dendroecological study of the growth of the Schrenk's spruce in the Botanical Garden of Lomonosov Moscow State University based on the analysis of annual rings]. / D.E. Rummyantsev, A.A. Epishkov, G.A. Bojko // Forestry Bulletin. — 2022. — № 5. — P. 31–39. — DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-31-39 [in Russian]
8. Rummyantsev D.E. Dendroklimaticheskij analiz rosta eli v kul'turax s intensivny'mi rubkami uxoda [Dendroclimatic analysis of spruce growth in plantations with intensive logging]. / D.E. Rummyantsev, V.M. Sidorenkov, O.V. Fateeva et al. // Forest ecosystems in the context of climate change: biological productivity and remote monitoring. — 2022. — № 8. — P. 35–44. — DOI: 10.25686/10.25686.2022.93.65.004 [in Russian]
9. Rummyantsev D.E. Sopryazhennost' v dinamike prirosta eli evropejskoj i dinamike urozhajnosti kartofelya i ozimoy rzhi [Correlation in the dynamics of growth of Norway spruce and the dynamics of potato and winter rye yields]. / D.E. Rummyantsev, M.V. Lyapicheva, D.V. Illarionov et al. // Agricultural industry. — 2023. — № 2. — P. 49–61. — DOI: 10.7256/2453-8809.2023.2.69664 [in Russian]
10. Rummyantsev D.E. Dendroxronologicheskoe issledovanie rosta kul'tur eli s intensivny'mi rubkami uxoda v usloviyax Sergievo-Posadskogo rajona Moskovskoj oblasti [Dendrochronological study of the growth of spruce plantations with intensive logging in the Sergiev Posad district of the Moscow region]. / D.E. Rummyantsev, V.M. Sidorenkov, A.A. Tkacheva et al. // Forestry information. — 2023. — № 4. — P. 5–20. — DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.01 [in Russian]

11. Rumyanцев D.E. Dendroekologicheskoe issledovanie rosta osiny' v usloviyax Moskovskoy oblasti [Dendroecological study of aspen growth in the Moscow region]. / D.E. Rumyanцев, N.S. Vorob'eva // Proceedings of Universities. Russian Forestry Journal. — 2024. — № 3. — P. 46–64. — DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-46-64 [in Russian]
12. Rumyanцев D.E. Diagnostika osobennostej rosta eli Glena v Glavnom botanicheskom sadu im. N.V. Tsitsina RAN na osnove dendroxronologicheskoy informacii [Diagnostics of the growth features of the Glen Spruce in the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences based on dendrochronological information]. / D.E. Rumyanцев, S.L. Ry'sin, A.A. Kozhenkova et al. // International Research Journal. — 2024. — № 1 (139). — DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.33 [in Russian]
13. Stonozhenko L.V. Ocenka reakcii eli evropejskoj na vozdejstvie klimaticheskix faktorov v drevostoyax raznogo porodnogo sostava [Assessment of the reaction of the Norway spruce to the impact of climatic factors in stands of different species composition]. / L.V. Stonozhenko, D.E. Rumyanцев, E.V. Najdenova // Forestry information. — 2018. — № 4. — P. 21–30. — DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.03 [in Russian]
14. Dell'Oro M Climate change threatens on endangered relict Serbian spruce. / M Dell'Oro, M Mataruga, U Sass-Klaassen et al. // Dendrochronologia. — 2020. — № 59. — DOI: 10.1016/j.dendro.2019.125651
15. Eckenwalder J.E. Conifers of the world / J.E. Eckenwalder. — Portland-London: Timber press, 2009. — 720 p.
16. Miletić B. The potential impact of climate change of distribution of Norway spruce(*Picea abies* Karst.) in Bosnia and Herzegovina. / B. Miletić, B. Drašković, T. Đorem et al. // Russian Forestry Journal. — 2022. — № 2. — P. 73–83. — DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-73-83
17. Rumyantsev D.E. Dendroclimatic investigation of Caucasian spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) in Moscow Botanical gardens. / D.E. Rumyantsev, A.A. Epishkov, A.A. Tkacheva // Forestry Ideas. — 2022. — № 2 (64). — P. 323–333.