



ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,  
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,  
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2>

EDN: TYOOYZ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ДУБА КРАСНОГО В УСЛОВИЯХ МОСКВЫ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА  
ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ

Научная статья

Румянцев Д.Е.<sup>1,\*</sup>, Хилько К.С.<sup>2</sup>, Рысин С.Л.<sup>3</sup>, Яценко И.О.<sup>4</sup>, Воробьева Н.С.<sup>5</sup>, Сиротов Н.С.<sup>6</sup>, Гусев Е.Н.<sup>7</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9871-9504;<sup>2</sup> ORCID : 0009-0005-2044-6602;<sup>3</sup> ORCID : 0009-0000-6635-3114;<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-4378-8507;<sup>1, 2, 5, 6, 7</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Российская Федерация<sup>3, 4</sup> Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (dendro15[at]list.ru)

Предложена: 29.01.2026; Принята: 30.04.2026; Опубликовано: 19.05.2026

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследования потенциала дуба красного (*Quercus rubra* L.) как перспективной породы для плантационного лесоводства и городского озеленения в условиях Московского региона. На основе дендрохронологического анализа старовозрастной посадки дуба красного в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН изучены особенности роста и развития этой породы в условиях интродукции. Установлено влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев, выявлены ключевые параметры, определяющие успешность роста: зимние температуры декабря, количество осадков в марте и мае. Проведенные расчеты показывают, что при 50-летнем обороте рубки замена дуба черешчатого на дуб красный может обеспечить повышение продуктивности лесных плантаций на 30–93%. При оптимальных условиях выращивания возможно сокращение периода выращивания до 35 лет. Особое внимание уделено экосистемным функциям дуба красного в городской среде. Показана его высокая эффективность в выполнении средообразующих функций по сравнению с дубом черешчатым. Важным аспектом исследования является оценка инвазионного потенциала дуба красного. Несмотря на его способность к активному распространению, в условиях России этот потенциал существенно ограничен рядом факторов, что позволяет контролировать его распространение при соблюдении необходимых мер. Результаты исследования создают научную основу для разработки рекомендаций по использованию дуба красного в лесном хозяйстве и городском озеленении, но требуют дальнейшего подтверждения в масштабных экспериментальных исследованиях.

**Ключевые слова:** дуб красный, плантационное лесоводство, городское озеленение, дендрохронология, продуктивность насаждений, экосистемные функции, инвазионный потенциал.

**MODELLING THE GROWTH OF QUERCUS RUBRA IN MOSCOW BASED ON ANNUAL RING ANALYSIS**

Research article

Rumyantsev D.E.<sup>1,\*</sup>, Khilko K.S.<sup>2</sup>, Risin S.L.<sup>3</sup>, Yatsenko I.O.<sup>4</sup>, Vorobeva N.S.<sup>5</sup>, Siroto N.S.<sup>6</sup>, Gusev Y.N.<sup>7</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9871-9504;<sup>2</sup> ORCID : 0009-0005-2044-6602;<sup>3</sup> ORCID : 0009-0000-6635-3114;<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-4378-8507;<sup>1, 2, 5, 6, 7</sup> Bauman Moscow State Technical University, Mytishi, Russian Federation<sup>3, 4</sup> Main Botanical Garden named N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (dendro15[at]list.ru)

Suggested: 29.01.2026; Accepted: 30.04.2026; Published: 19.05.2026

**Abstract**

The article presents the results of a study into the potential of *Quercus rubra* L. as a promising species for plantation forestry and urban landscaping in the Moscow region. Based on dendrochronological analysis of a mature *Quercus rubra* plantation at the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, the characteristics of the growth and development of this species under introduced conditions were studied. The influence of climatic factors on the radial growth of trees was established, and key parameters determining growth success were identified: winter temperatures in December, and precipitation in March and May. Calculations show that with a 50-year rotation period, replacing *Quercus robur* with *Quercus rubra* can increase the productivity of forest plantations by 30–93%. Under optimal growing conditions, the growing period can be reduced to 35 years. Particular attention is paid to the ecosystem functions of the *Quercus rubra* in an urban environment. Its high efficiency in performing environmental functions compared to the *Quercus robur* is demonstrated. An important aspect of the study is the evaluation of the invasive potential of the *Quercus rubra*. Despite its ability to spread actively, in Russian



conditions this potential is significantly limited by a number of factors, which makes it possible to control its spread provided the necessary measures are taken. The findings of the study provide a scientific basis for developing recommendations on the use of *Quercus rubra* in forestry and urban landscaping, but require further validation through large-scale experimental studies.

**Keywords:** *Quercus rubra*, plantation forestry, urban greening, dendrochronology, stand productivity, ecosystem functions, invasive potential.

### Введение

Дуб красный (*Quercus rubra* L.) произрастает в естественных условиях в восточных областях Северной Америки. Это типичное дерево широколиственных и смешанных лесов, которое лучше всего развивается на глубоких, хорошо дренированных почвах. В России его начали вводить в культуру с XIX в. Характерно, что классики отечественного лесоводства, составляя в своих фундаментальных сводках обзор лесоводственных свойств основных лесообразующих пород, не относят дуб красный к числу перспективных видов для лесоразведения и озеленения [15], [17]. Этот факт сам по себе указывает на возможную недооценку его интродукционного потенциала и на недостаточную изученность перспектив интродукции дуба красного в Московском регионе и на территории Русской равнины в целом. Благодаря высоким эксплуатационным качествам древесины дуб красный представляет значительный интерес для промышленного использования. Эта порода также успешно адаптируется к сложным условиям городской среды. В итоге это открывает для неё две перспективы применения: возможность плантационного разведения [9] и эффективное использование в городском озеленении, где дерево способно в полной мере выполнять все присущие городским насаждениям экосистемные функции [12].

Следует добавить, что в вышедшей в 1974 г. капитальной сводке «Декоративная дендрология» её автор А. И. Колесников [3] уже рассматривает дуб красный как вид, перспективный с точки зрения озеленения городов. По его мнению, дуб красный — со стройным колонновидным стволом, покрытым гладкой светло-серой корой, и с роскошной кроной, одетой крупными орнаментальными листьями, осенью принимающими ярко-красную окраску, — является весьма ценным деревом для зелёного строительства. Он особенно эффектен в аллеях, рядовых бульварных и уличных насаждениях, а также хорош в групповых посадках и небольших массивах на территории крупных садов и парков.

При благоприятных условиях дуб красный способен к активному распространению на новых территориях, а потому в ряде европейских стран он отнесён к числу наиболее опасных инвазионных видов, представляющих серьёзную угрозу для местных растительных сообществ. На территории Российской Федерации этот вид не включен в перечень особо опасных инвазионных растений, которые активно вторгаются в естественные и полустественные экосистемы, трансформируют облик природных сообществ, нарушают естественные сукцессионные процессы, выступают в роли доминирующих видов-эдификаторов, формируют обширные монодоминантные насаждения и препятствуют естественному возобновлению аборигенных видов флоры (статус I) [1].

Исследования, проведённые в Санкт-Петербурге, показывают, что в условиях Северо-Запада России инвазионный потенциал этого вида существенно ограничен рядом факторов, к числу которых относятся: позднее вступление растений в репродуктивный период, длительный срок созревания семян, особенности распространения тяжёлых бескрылых плодов, привлекательность плодов для животных, быстрая потеря всхожести семян. В результате самосев дуба красного практически не выходит за пределы кроны материнских деревьев. Это свидетельствует о том, что климатические и экологические условия России создают естественные барьеры для агрессивного распространения данного вида [18].

На территории ГБС РАН дуб красный проявляет выраженную склонность к натурализации, регулярно демонстрируя способность к «бегству» из культурной среды. В настоящее время коллекция насчитывает 133 основных экземпляра, дополненных декоративными группами из нескольких десятков дополнительных растений. Характерной особенностью является активное формирование самосева и подроста непосредственно под материнскими кронами. Примечательно, что особи, обнаруженные на значительном удалении от родительских деревьев, встречаются редко, однако демонстрируют более интенсивный рост по сравнению с растениями, произрастающими в непосредственной близости от материнских экземпляров. Оценка инвазионной активности данного вида определена на уровне 3, что свидетельствует о его умеренной способности к спонтанному распространению [14].

Современная нормативно-правовая база города Москвы закрепляет статус данного вида в качестве инвазивного. В соответствии с постановлением Правительства Москвы от 3 марта 2026 года № 369-ПП «О мерах по регулированию распространения и численности инвазивных растений на территории города Москвы» дуб красный включен в «Перечень инвазивных видов растений, в отношении которых применяются меры по регулированию распространения и численности» и отнесён к группе III инвазионных видов [7]. Законодатель устанавливает режим регулирования распространения дуба красного в зависимости от категории земель. На особо охраняемых природных территориях категорически запрещена высадка инвазивных растений группы III. В то же время на иных территориях зелёного фонда города Москвы допускается как высадка и произрастание этого вида, так и закупка посадочного материала инвазивных растений группы III для целей высадки. Однако данное допущение сопряжено с установлением требования к правообладателям земельных участков (балансодержателям территорий и или зелёных насаждений) реализовать комплекс мер, направленных на предотвращение распространения инвазивного вида за пределы подконтрольной территории — на участки, находящиеся в ведении других правообладателей (балансодержателей). В ботанических садах и дендрологических парках разрешается выращивать дуб красный в научных целях, но только в пределах специально отведенных экспозиционных зон с обязательным предотвращением его распространения за их пределы.

Целью данного исследования стало комплексное изучение старовозрастной посадки дуба красного в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН. Исследование базируется на анализе результатов интродукции этого вида через оценку его роста и развития с использованием дендрохронологических методов. Научная ценность работы определяется возможностью ретроспективного изучения адаптации дуба красного в условиях длительной интродукции. Анализ параметров годовых колец позволяет реконструировать историю развития популяции и оценить влияние различных природных факторов на динамику роста деревьев. Практическая значимость исследования заключается в получении важных данных о скорости накопления древесины и темпах достижения деревьями функциональных размеров. Эти показатели необходимы для оптимизации плантационного разведения дуба красного в лесном хозяйстве, составления точных таблиц хода роста, а также определения возраста, при котором дерево начинает эффективно выполнять экосистемные функции в городской среде.

Дуб красный, будучи видом с инвазионным потенциалом, не подходит для формирования традиционных лесных культур. Тем не менее, в соответствии с положениями статьи 25 действующего Лесного кодекса РФ, данная порода демонстрирует хорошие перспективы для культивирования на высокотехнологичных плантациях [9]. Именно такой формат выращивания позволяет эффективно контролировать распространение растений и минимизирует возможность их расселения на прилегающие территории.

Полученные результаты исследования позволят разработать научно обоснованные рекомендации по использованию дуба красного в условиях городской среды. На их основе будет создана специальная база данных для прогнозирования роста насаждений и совершенствования методов управления интродуцированными популяциями. Особое значение приобретает возможность комплексной оценки потенциала этого вида для городского озеленения с учётом его биологических особенностей и экологических характеристик.

Аналогом проводимого исследования служит работа польских лесоводов, которые сопоставили взаимосвязь между ростом и климатическими условиями у двух видов дуба, произрастающих в лесах северо-запада Польши. В исследовании рассматривался дуб красный — наиболее распространённый интродуцированный лиственный вид по площади ареала, а также дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) — доминирующий представитель дубов в Европе [21].

Следует принимать во внимание также и результаты дендроклиматических исследований роста дуба красного в естественном ареале: в лесах на северо-западе Арканзаса, США [22].

#### Методы и принципы исследования

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) был основан в 1945 г., и его ключевой задачей является исследование адаптации растений из разных уголков мира к специфическим природно-климатическим условиям Москвы, которые типичны для центральной части Русской равнины [2]. Территория сада была специально выбрана с учётом оптимальных условий для проведения интродукционных опытов, что делает результаты исследований древесных растений, проводимых здесь, особенно ценными для научного сообщества. Экспериментальная база ГБС РАН позволяет получать достоверные данные о возможности выращивания различных видов растений в условиях средней полосы России, что имеет большое значение для развития озеленения и лесного хозяйства.

В ГБС РАН с 1951 г успешно культивируется коллекция из 13 образцов дуба красного [2]. Все растения были выращены из семян различного происхождения: полученных как из культурных посадок, так и из естественных местообитаний. Характеристики обследованных деревьев представлены в таблице 1. Точное местоположение первого учётного дерева зафиксировано по координатам: 55.8457° северной широты и 37.6043° восточной долготы.

Таблица 1 - Характеристика учетных деревьев дуба красного

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.1>

Номер учетного дерева	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Класс роста, балл	Категория лесопатологического состояния, балл
1	67	I	1
2	68	I	1
3	34	III	1
4	65	I	2
5	55	I	1
6	46	II	1
7	33	II	1
8	37	II	1
9	47	II	1
10	40	II	1
11	49	I	1
12	49	I	1
13	40	I	1
Среднее	48	1,5	1,1



Посадка представляет собой куртину дуба красного, созданную на месте разреженного низкоплотного старовозрастного древостоя дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Верхний полог учетных деревьев имеет высоту 29 м. В живом напочвенном покрове под пологом древостоя доминируют типичные дубравные виды: яснотка зеленчуковая (*Lamium galeobdolon* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), пролесник европейский (*Mercurialis perennis* L.) присутствует также недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.), что индицирует некоторую нарушенность лесной среды в результате рекреационных нагрузок. В подлеске обилён типичный спутник дуба - лещина обыкновенная (*Corylus avellana* (L.) H.Karst.), единично встречаются жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.) и боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* Pall.)

В исследовании применялась стандартная методика, разработанная в лаборатории дендрохронологии Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана [4], [5], [10]. Процедура отбора проб осуществлялась с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м от поверхности земли. Измерение параметров годовых колец проводилось под микроскопом МБС-10 с точностью до 0,05 мм. Контроль качества полученных данных обеспечивался путем перекрестной датировки индивидуальных хронологий в специализированном программном обеспечении GROWLINE.

В результате проведенных исследований были построены индивидуальные хронологии по общей ширине годовых колец, основные характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики индивидуальных хронологий по ширине годового кольца у учетных деревьев дуба красного

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.2>

Номер учетного дерева	Синхронность индивидуальной индексированной хронологии со средней хронологией по пробной площади, %	Число годовых колец, шт.
1	78	51
2	79	69
3	78	56
4	91	34
5	79	34
6	87	56
7	80	52
8	85	49
9	85	48
10	76	47
11	79	68
12	76	60
13	71	70
Среднее	80	53

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием комплекса программного обеспечения: GROWLINE, Microsoft Excel и STATISTICA 13.0. Для дендроклиматического анализа были привлечены метеорологические данные городской метеостанции Москвы, расположенной по координатам 55.8314° северной широты и 37.6221° восточной долготы на высоте 147 метров над уровнем моря [16].

### Основные результаты

В результате проведённой обработки кернов древесины был сформирован обобщённый показатель среднего радиального прироста дуба красного для исследуемой посадки. Графическое представление полученных данных отражено на рисунке 1.

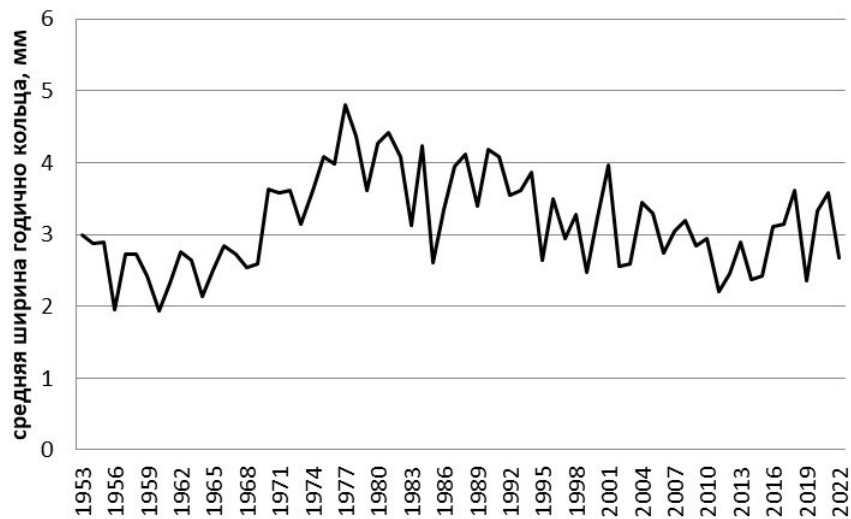


Рисунок 1 - Динамика ширины годичного кольца в посадке дуба красного  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.3>

Визуальный анализ полученной хронологии чётко демонстрирует наличие как долговременной, так и кратковременной компоненты в динамике изменчивости прироста. Существенные колебания ширины годичных колец по годам указывают на то, что полученный ряд содержит обширную информацию о наследственных экологических свойствах дуба красного, а также о благоприятных и неблагоприятных условиях для его роста. Каждый вегетационный сезон характеризуется определённым комплексом метеорологических факторов. Эти факторы, вместе с условиями вне вегетационного периода, формируют конечный показатель — ширину годичного кольца в конкретный календарный год.

Для выделения кратковременной компоненты из временного ряда радиального прироста был применён метод индексирования. Процедура индексации заключалась в делении ширины годичного кольца каждого календарного года на среднюю ширину за предшествующие пять лет для каждого учётного дерева. В результате обработки данных был сформирован временной ряд индексов радиального прироста дуба красного в исследуемой посадке, представленный на рисунке 5.

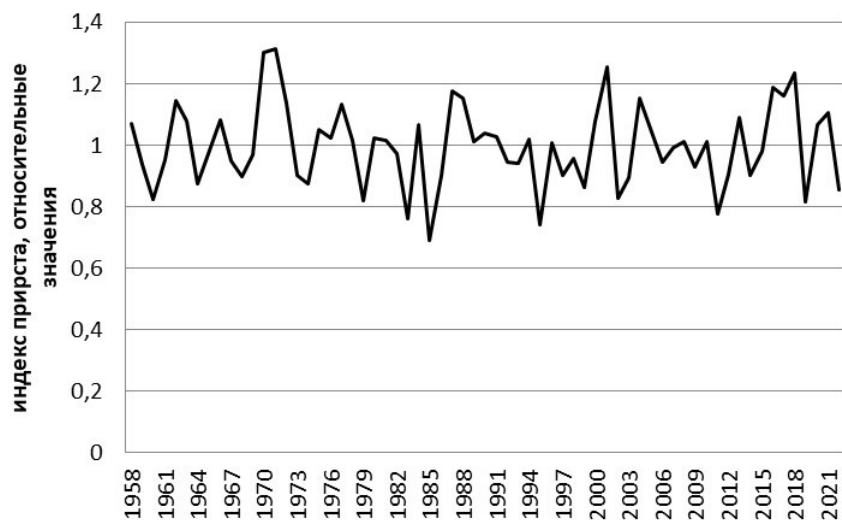


Рисунок 2 - Динамика индексов радиального прироста в посадке дуба красного  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.4>

Временной ряд был сокращён и для анализа использовался его фрагмент 1972–2022 гг., когда в формировании средней хронологии участвовало более 50% исследуемых учётных деревьев. Были выполнены расчёты коэффициентов корреляции между временным рядом индексов радиального прироста и рядами метеорологических параметров, включающих среднемесячную температуру и месячную сумму осадков. Анализ проводился как для периода вегетации деревьев (май–октябрь), так и для периодов за пределами вегетации, включая месяцы зимовки и предшествующего вегетационного периода.

В результате исследования выявлены достоверные корреляции при уровне доверительной вероятности 0,05. Установлены биологически обоснованные связи с температурами декабря предыдущего года (коэффициент корреляции +0,37), с суммой осадков в марте (коэффициент корреляции +0,28) и с суммой осадков в мае (коэффициент корреляции +0,45). Полученные результаты согласуются с данными исследований для северо-западных районов Польши, где для роста дуба красного наиболее значимыми являются суммы осадков в феврале и июне, с учётом региональных климатических особенностей.

Исследования в естественном ареале дуба красного в штате Арканзас (США) [22] имеют ограниченную сопоставимость с нашими данными из-за различий в фенологии растений. Однако они подтверждают установленную зависимость между суммой осадков в период вегетации и шириной годичных колец: в дождливые годы кольца формируются шире более широкие кольца, а в засушливые более узкие, что полностью соответствует нашим выводам.

Выполненные расчеты показали, что динамика индексов радиального прироста в исследуемой посадке дуба красного может быть смоделировано уравнением линейной регрессии вида:

$$Y = 0,8968 + 0,0103 \times T_{12} + 0,0016 \times O_3 + 0,0014 \times O_5 \text{ где}$$

$T_{12}$  — среднемесячная температура декабря в календарный год, предшествовавший календарному году формирования годичного кольца, градусы Цельсия;

$O_3$  — месячная сумма осадков за март, миллиметры;

$O_5$  — месячная сумма осадков за май, миллиметры.

Сопоставление исходного временного ряда с расчетными значениями модели выполнено на графиках на рисунке 3.

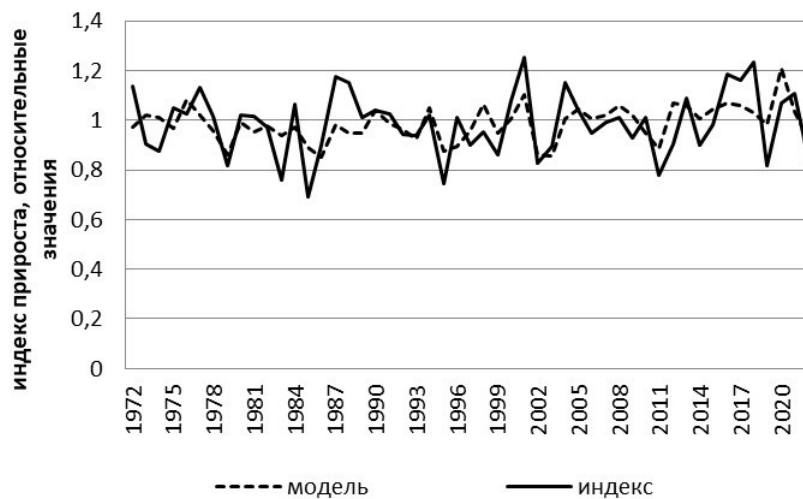


Рисунок 3 - Сопоставление реальных значений индексов радиального прироста и расчетных значений, определенных с помощью уравнения линейной регрессии

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.5>

В результате проведенных исследований была получена работоспособная математическая модель, параметры которой в дальнейшем могут быть подвергнуты дополнительной корректировке. Важно отметить, что хотя локальные условия произрастания оказывают существенное влияние на долговременную динамику прироста [20], но излишняя адаптация модели к конкретным условиям исследуемой посадки путем включения дополнительных переменных в уравнение множественной регрессии может снизить её универсальность и ограничить возможности применения как общей модели.

Формальные показатели качества модели демонстрируют её приемлемое соответствие исходным данным: коэффициент корреляции составляет 0,56, а коэффициент детерминации равен 0,31. Не менее важным критерием качества является визуальная сопоставимость колебаний в сравниваемых временных рядах, которая, как видно из рисунка 3, характеризуется хорошей синхронностью изменений.

На динамику радиального прироста деревьев влияет комплекс различных факторов. Помимо прямого воздействия метеорологических параметров, существуют дополнительные причины колебаний прироста. К ним относятся эндогенные факторы, связанные с внутренними биологическими ритмами растений. Значительное влияние оказывают также астрофизические факторы: геомагнитная и солнечная активность. Их воздействие на рост деревьев проявляется двумя путями: через периодические изменения метеорологических параметров, важных для развития растений [4], или путём непосредственного влияния на активность камбия [8]. Исследования показывают, что в определённые периоды роста связь между колебаниями прироста и солнечной активностью может быть очень тесной [11]. Поэтому крайне важно провести детальный анализ временных рядов прироста для выявления циклических составляющих и оценки их взаимосвязи с солнечной активностью. Такой анализ позволит лучше понять механизмы формирования годичных колец и усовершенствовать модели прогнозирования роста деревьев.

Для выявления циклических колебаний в динамике прироста дуба красного в исследуемой посадке был проведён одномерный спектральный анализ Фурье с использованием программного обеспечения STATISTICA 13.3. Анализ

выполнялся в двух вариантах на одном и том же временном ряду индексов радиального прироста, который ранее использовался для дендроклиматического анализа (1972–2022 гг.). Результаты спектрального анализа представлены в виде периодограммы, графическое отображение которой приведено на рисунке 4.

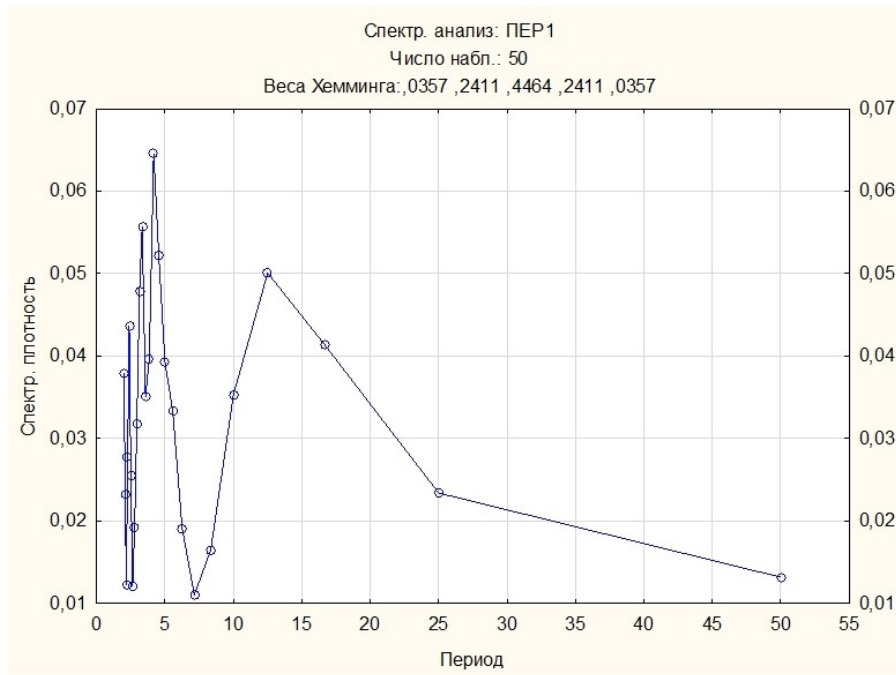


Рисунок 4 - Результаты одномерного спектрального анализа Фурье для временного ряда индексов радиального прироста с 1972 по 2022 год  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.6>

Спектральный анализ Фурье выявил два выраженных пика спектральной плотности во временном ряду индексов радиального прироста дуба красного: с периодом 4,4 года и 12,5 лет. Первый пик уместно связать с эндогенными процессами в организме дерева, включая периодичность плодоношения. Второй пик близок к основному циклу геомагнитной солнечной активности — циклу Швабе, что обосновывает необходимость анализа периодичности временного ряда солнечной геомагнитной активности за тот же период (рисунок 5).

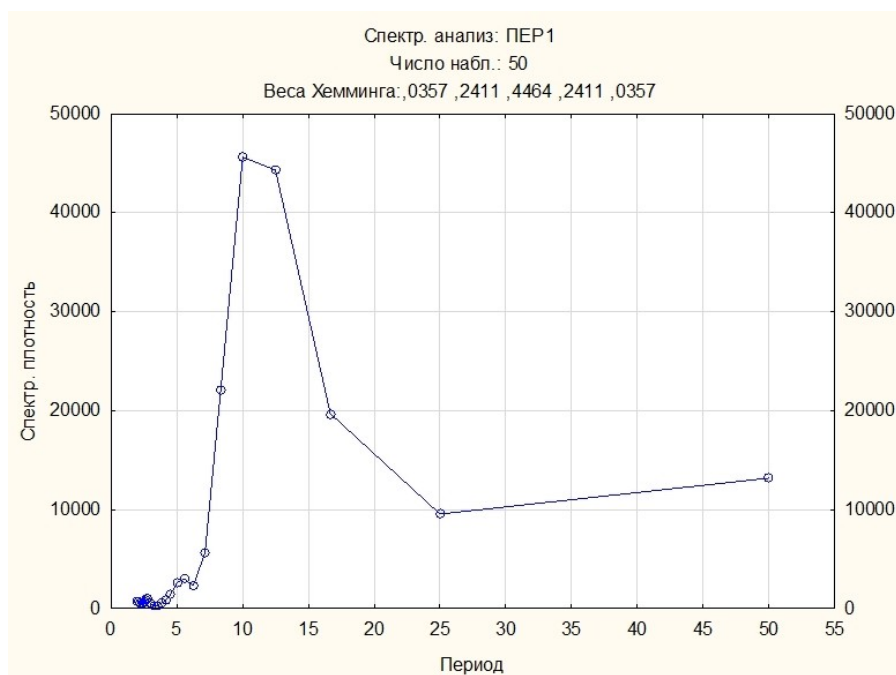


Рисунок 5 - Результаты одномерного спектрального анализа Фурье для временного ряда чисел Вольфа с 1972 по 2022 год  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.7>

Анализ временного ряда чисел Вольфа за рассматриваемый период показал наличие двух значимых компонент спектральной плотности — с периодом 10 лет и почти столь же выраженной компоненты с периодом 12,5 лет. Это подтверждает гипотезу о возможном влиянии геомагнитной активности Солнца на прирост дуба красного, поскольку выявленный период 12,5 лет соответствует циклам солнечной активности. Однако при этом важно отметить, что коэффициент корреляции между временными рядами индексов прироста и индексов солнечной активности (чисел Вольфа) равен нулю. Данный факт свидетельствует об отсутствии прямой линейной связи между этими показателями.

Полученные результаты указывают на то, что если биолого-экологическая связь между солнечной активностью и приростом дуба красного существует, то она имеет более сложный и опосредованный характер. Подобные взаимосвязи не поддаются выявлению методами канонического корреляционного анализа, что говорит о необходимости применения более комплексных исследовательских подходов для их обнаружения и изучения.

### Обсуждение

Таким образом, способность переносить морозы в декабре, влагозарядка почвы за счет высоких запасов снега, выпавшего непосредственно перед его таянием в марте, и обильное увлажнение в период начала вегетации, разворачивания листовой пластинки и формирования ассимиляционной поверхности текущего года в мае являются критическими для эффективного депонирования углерода дубом красным в ходе фотосинтеза.

Воздействуя на эти параметры, можно добиться ускорения роста дуба красного в посадках, увеличения его углерододепонирующей и кислородопroduцирующей функций. Поскольку скорость роста напрямую связана со скоростью транспирации, ускорение роста будет способствовать и усилению климаторегулирующих функций посадки: снижению температуры воздуха, увлажнению воздуха. При этом обильное развитие листвы в кроне будет способствовать росту шумопоглощающей функции посадки.

Оптимизация условий роста дуба красного позволяет не только повысить его продуктивность, но и максимально реализовать весь комплекс экосистемных функций, что особенно ценно при создании городских зеленых насаждений.

Как установлено, три рассматриваемые переменные уравнения множественной линейной регрессии определяют около 30% динамики индексов радиального прироста (полученное уравнение линейной регрессии описывает именно 30% их динамики). Хотя прямое воздействие на динамику метеорологических параметров невозможно, существует реальная возможность ускорить рост посадки и повысить её продуктивность в указанных пределах через управление условиями среды, которые определяются этими параметрами.

Регулирование количества снега к марту возможно путём организации зимнего снегозадержания в границах конкретной посадки. Для снегозадержания целесообразно внедрение подлеска из караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.). Этот кустарник не только способствует накоплению снега, но и обогащает почву азотом, а также затеняет ее, препятствуя задернению.

В мае эффективность роста дуба красного повышается при проведении полива в критические периоды недостаточного увлажнения. Автоматизация процесса полива плантационной посадки может быть возможна благодаря применению технологий интернета вещей [13].

Наблюдается тенденция к повышению температур декабря, что согласуется с прогнозируемыми изменениями средних зимних температур. Динамика данного показателя за последние 247 лет представлена на рисунке 6.

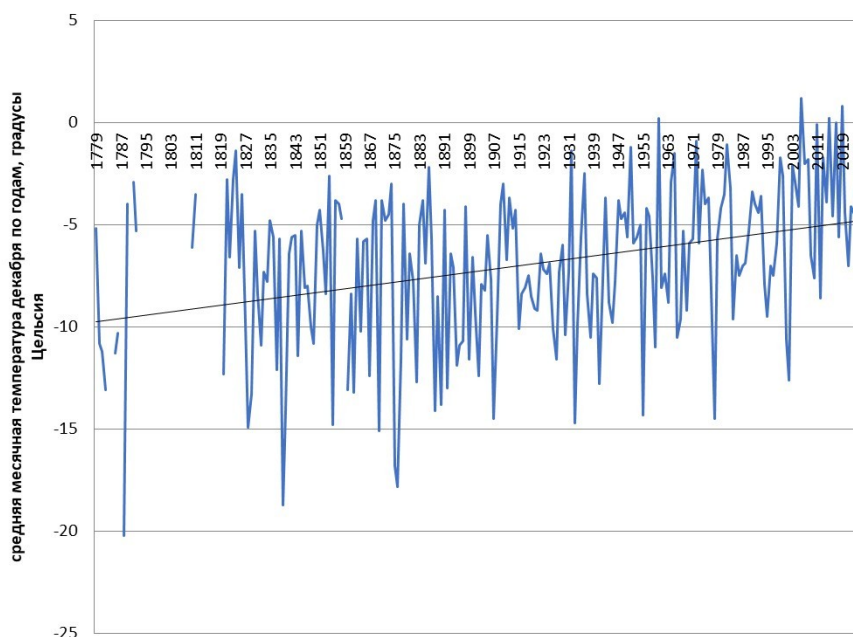


Рисунок 6 - Динамика среднемесячной температуры декабря по годам за последние 247 лет  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.8>

Временной ряд метеорологических наблюдений охватывает период с 1779 по 2025 год, однако из 247 календарных лет в базе данных присутствуют показатели только за 217 лет из-за наличия пропусков. При помощи базовой функции аппроксимации «линейный тренд» в Microsoft Excel был выявлен устойчивый тренд повышения среднемесячных температур декабря: от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Графический анализ демонстрирует, что во второй половине XX столетия темпы потепления значительно ускорились. Данная климатическая тенденция поддается математическому моделированию и может быть спрогнозирована на будущее (рисунок 7).

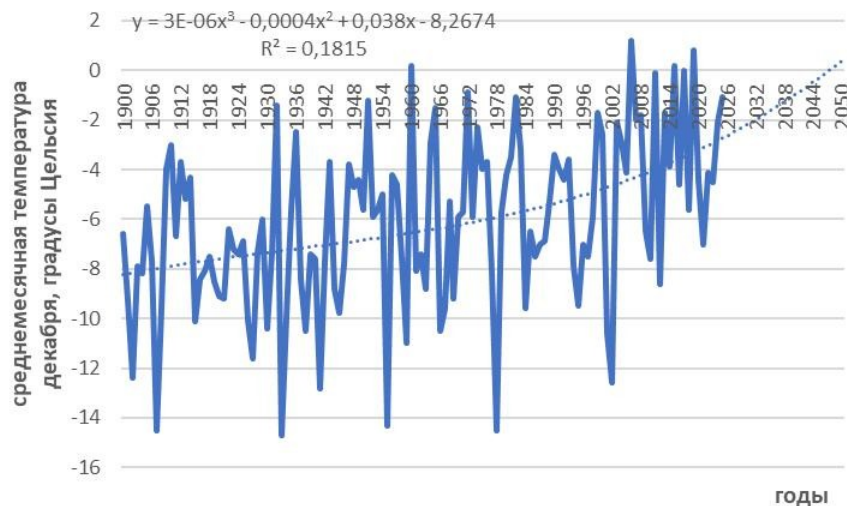


Рисунок 7 - Прогнозирование роста среднемесячных температур декабря в Москве до 2050 года  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.9>

Анализ динамики среднемесячных температур декабря на временном отрезке 1900–2025 г. (см. рисунок 7) с использованием модели кубической параболы показывает, что в ближайшие 25 лет (к 2050 г.), температурные показатели достигнут нулевой отметки. После этого периода колебания температур будут происходить относительно нового среднего значения в  $0^{\circ}\text{C}$ . Важно отметить, что различные сценарии моделирования могут влиять на точную дату достижения температурного порога в  $0^{\circ}\text{C}$ , однако общая тенденция к повышению декабрьских температур остаётся неизменной. Это означает, что природно-климатические условия для культивирования дуба красного в Московском регионе будут постепенно улучшаться.

Важным аспектом исследования является моделирование скорости роста дуба красного. Радиальный прирост деревьев, зафиксированный в ходе наблюдений (рисунок 8), служит основой для оценки их развития. Полученные временные ряды позволяют провести необходимые математические расчёты и преобразовать показатели радиального прироста в динамику изменения радиусов учётных деревьев. Графическое представление этих данных (рисунок 9) даёт возможность проследить закономерности роста насаждений на протяжении всего периода наблюдений.

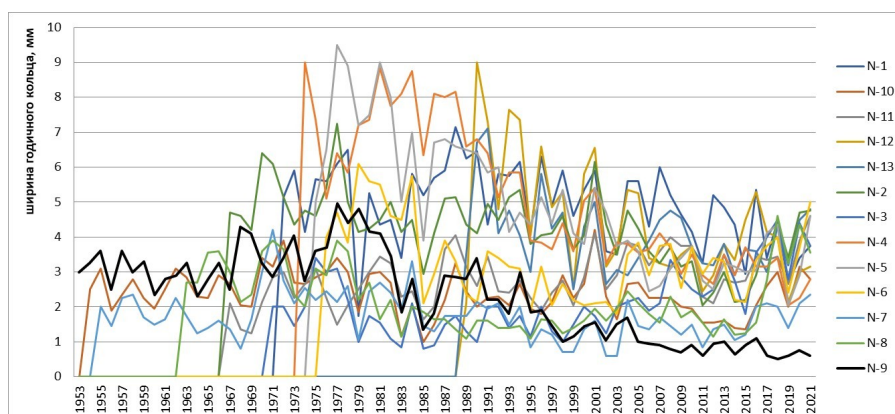


Рисунок 8 - Индивидуальные временные ряды текущего радиального прироста учётных деревьев дуба красного в посадке

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.10>

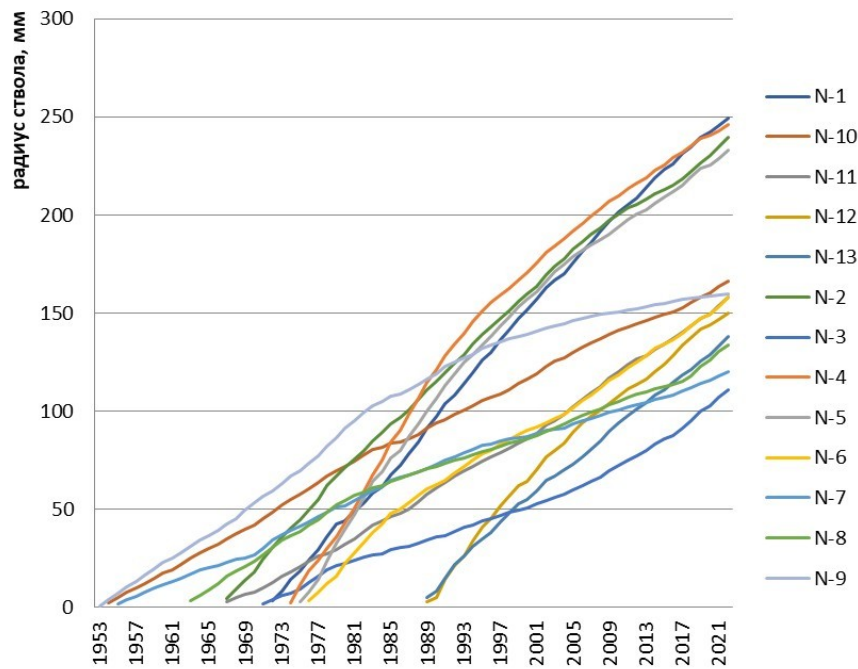


Рисунок 9 - Динамика изменения радиуса ствола на высоте 1,3 м у учетных деревьев дуба красного  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.11>

При пересчёте данных рисунка 5 в стандартный таксационный показатель — диаметр на высоте 1,3 м, измеряемый в сантиметрах — и при приведении этих данных в соответствие не с календарным годом формирования годичного кольца, а с биологическим возрастом дерева, получают ряды хода роста, представленные на рисунке 10.

При расчёте рядов принято, что трёхлетний саженец дуба красного достигает высоты 1,3 м в возрасте 5 лет. Этот показатель соответствует данным исследований изучаемых деревьев.

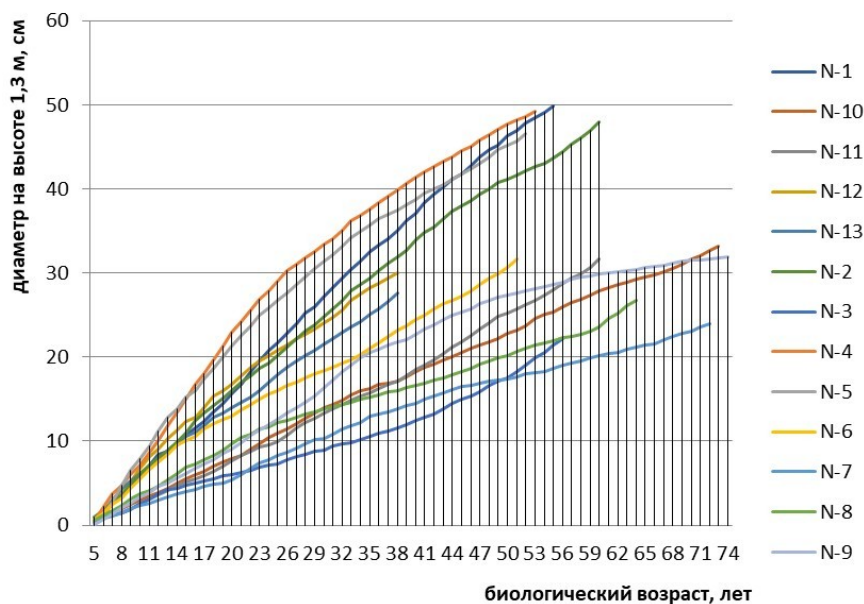


Рисунок 10 - Ход роста по диаметру отдельных учетных деревьев дуба красного в посадке  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.12>

На основании первичных данных построены кривые хода роста по диаметру, которые отражают максимально возможную, минимально возможную и среднюю скорость роста. Кривые сформированы путём определения деревьев с максимальным, минимальным и средним диаметром для каждого календарного года в исследуемой выборке (рисунок 11). Те же данные приведены в стандартной для таблиц хода роста форме и сопоставлены с динамикой роста по диаметру в насаждениях дуба черешчатого, произрастающего в оптимальных условиях (рисунок 12).

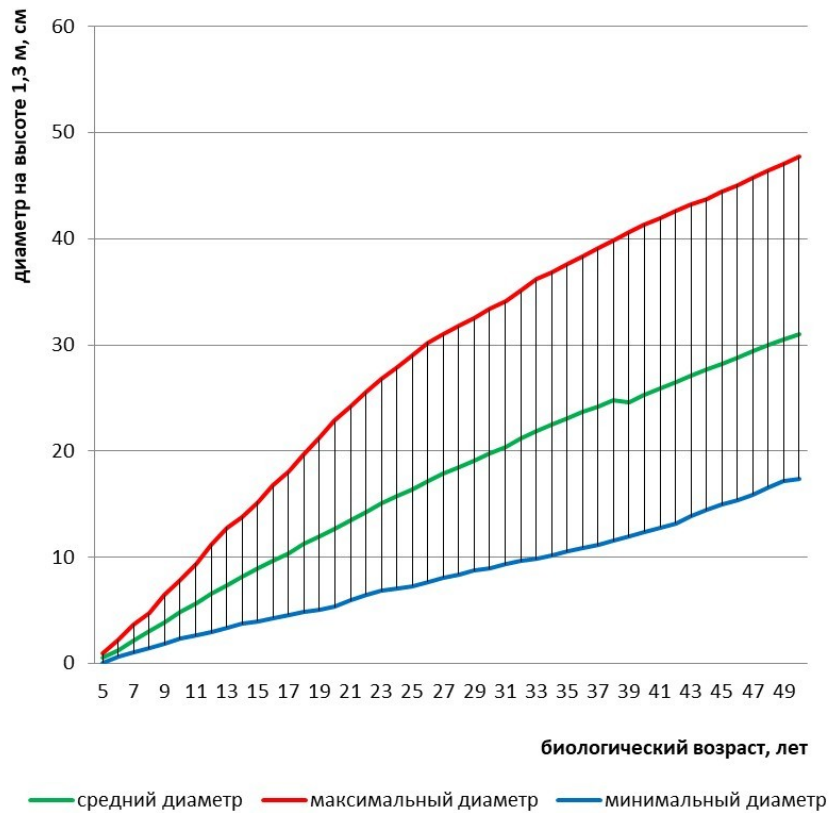


Рисунок 11 - Пределы варьирования кривых хода роста по диаметру для дуба красного в условиях Москвы  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.13>

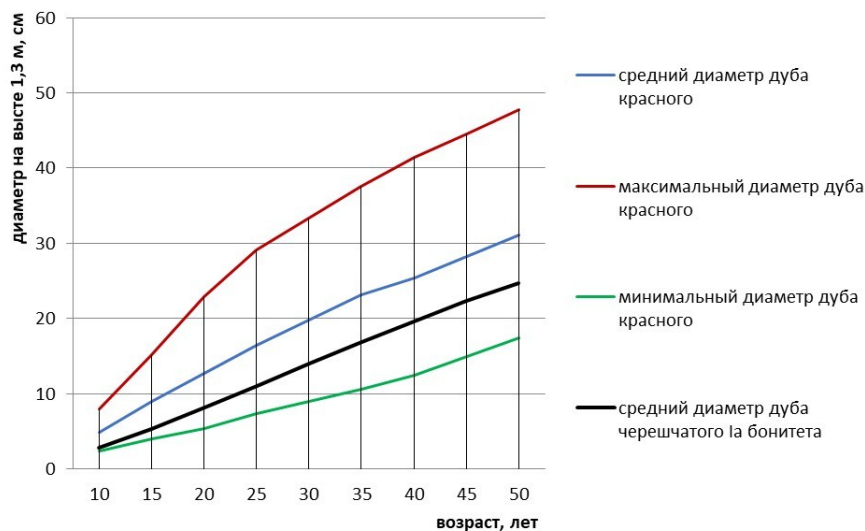


Рисунок 12 - Сопоставление хода роста дуба красного с ходом роста дуба черешчатого  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.2.14>

При расчёте продуктивности плантационных культур установлено следующее. При стандартном 50-летнем обороте рубки средний диаметр насаждения дуба черешчатого в оптимальных условиях составляет 24,7 см, а расчётный диаметр посадки дуба красного — 17,4 см [19]. В этом случае снижение продуктивности относительно дуба черешчатого составляет 30%. Однако при создании максимально благоприятных условий для дуба красного его диаметр в 50-летнем возрасте может достичь 47,7 см, что обеспечивает рост продуктивности на 93% по сравнению с дубом черешчатым.

Особого внимания заслуживает тот факт, что при оптимальных условиях выращивания дуба красного можно существенно сократить период выращивания. Так, если дуб черешчатый достигает диаметра 36,1 см только к 80 годам



[18], то дуб красный при благоприятных условиях роста достигает близкого показателя (37,6 см) уже к 35 годам. Таким образом, замена дуба черешчатого на дуб красный в плантационных культурах при создании оптимальных условий выращивания позволяет значительно повысить продуктивность насаждений и существенно сократить период выращивания до получения товарной древесины.

При учёте дополнительных факторов можно сделать следующие выводы. Поскольку не все насаждения дуба черешчатого, создаваемые для плантационного выращивания, достигают бонитета Ia, а также принимая во внимание возможное увеличение продуктивности дуба красного за счёт роста зимних температур декабря, стимулирования накопления осадков в марте и полива посадок в мае, можно ожидать дополнительное повышение его продуктивности примерно на 30% от максимально зафиксированных значений диаметра деревьев.

Эти расчёты позволяют получить более оптимистичные оценки роста продуктивности дубовых насаждений. Важно отметить, что представленные показатели отражают максимально возможные пределы увеличения скорости роста, которые практически недостижимы в реальных условиях. Однако ценность таких расчётов заключается в их объективности и формализованном подходе, что создаёт надёжную основу для проведения дальнейших детальных исследований в данной области.

### Заключение

Полученные результаты исследования носят предварительный характер и требуют дополнительного подтверждения, однако они открывают значительные перспективы для изучения дуба красного как перспективной породы для плантационного лесоводства. Проведённая работа формирует теоретическую базу для организации дальнейших научных исследований в данном направлении. Анализ данных демонстрирует высокий потенциал замены дуба черешчатого на дуб красный в рамках целевых программ по выращиванию дубовых насаждений в центральных регионах Европейской части России (в зоне смешанных лесов и лесостепи). Такая замена может обеспечить повышение продуктивности лесных плантаций более чем на 100%.

При этом необходимо учитывать важный фактор — инвазионный потенциал дуба красного, который может ограничивать возможности его широкого применения как в плантационном лесоводстве, так и в городском озеленении. Особую значимость приобретает разработка мер по контролю распространения данной породы в природных и урбоэкосистемах.

Представленные гипотезы требуют углублённой фактической верификации, что является закономерным этапом развития инновационного научного исследования. Это обуславливает необходимость проведения масштабных экспериментальных работ для подтверждения и расширения полученных результатов, что позволит сформировать более полную научную базу и создать надёжное обоснование для практического применения дуба красного в лесном хозяйстве и городском озеленении.

### 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. Виноградова Ю.К. Комплексный анализ инвазионной флоры России / Ю.К. Виноградова, С.А. Сенатор // Российский журнал биологических инвазий. — 2026. — № 1. — С. 33–55.
2. Демидов А.С. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / А.С. Демидов, Л.С. Плотникова, М.С. Александрова и др. — Москва: Наука, 2005. — 586 с.
3. Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. — Москва: Лесная промышленность, 1974. — 704 с.
4. Матвеев С.М. Дендрохронология / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. — Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2013. — 140 с.
5. Румянцев Д.Е. Методические рекомендации по отбору ядер древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве / Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, А.В. Черакшев [и др.]. — Москва: Профессиональная наука, 2022. — 44 с. — DOI: 10.54092/9785907607187.
6. Пат. № 2822373 С1 Российская Федерация, МПК A01G 23/00. Способ лесопатологической диагностики / В.Ф. Давыдов, Е.Г. Комаров, А.Н. Максимова [и др.]; Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана. — № 2023119845; заявл. 27.07.2023; опубл. 04.07.2024.
7. О мерах по регулированию распространения и численности инвазивных растений на территории города Москвы: Постановление от 3 марта 2026 года № 369-ПП / Правительство Москвы.
8. Романовский М.Г. Лес и климат Центральной полосы России / М.Г. Романовский, Р.С. Щекалев. — Архангельск: Правда Севера, 2009. — 110 с.
9. Российская Федерация. Создание лесных плантаций и их эксплуатация : Федеральный закон №200, статья 42. : [принят Государственной Думой 2006-11-08 : одобр. Советом Федерации 2026-11-24]. 2006. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/93cb647204bdf8fec4abd91adc61fdec7e89c54c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/93cb647204bdf8fec4abd91adc61fdec7e89c54c/). (дата обращения: 26.02.26).



10. Румянцев Д.Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: дис. ... д-ра биол. наук / Румянцев Денис Евгеньевич. — Москва, 2011. — 354 с.
11. Румянцев Д.Е. Влияние солнечной активности на рост осины в условиях Мордовского заповедника / Д.Е. Румянцев, Н.С. Воробьева // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. — 2023. — Т. 34. — № 1-2. — С. 128–142. — DOI: 10.21513/0207-2564-2023-1-128-14.
12. Румянцев Д.Е. Методологические подходы к изучению разнообразия экосистемных услуг зеленых насаждений в мегаполисе / Д.Е. Румянцев, В.А. Фролова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2019. — № 10-2 (88). — С. 28–34. — DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.028.
13. Румянцев Д.Е. Перспективы мониторинга состояния зеленого фонда города с помощью датчиков интернета вещей / Д.Е. Румянцев, В.А. Фролова // Принципы экологии. — 2020. — Т. 9. — № 2. — С. 111–119. — EDN: TFRQJN.
14. Виноградова Ю.К. Спонтанная флора территории Главного ботанического сада как отражение динамики внедрения чужеродных видов растений в естественные экосистемы / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, И.О. Яценко; Российская академия наук, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина. — Москва: КМК, 2020. — 384 с.
15. Сукачев В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В.Н. Сукачев. — Ленинград: Гослестехиздат, 1934. — 614 с.
16. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Москва (город Москва, Россия). — 2026. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm> (дата обращения: 26.02.26)
17. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. — Москва-Ленинград: Гослесбумиздат, 1955. — 600 с.
18. Фирсов Г.А. Инвазионный потенциал *Quercus rubra* L. в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, К.Г. Ткаченко, Н.В. Лаврентьев // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. — 2017. — Т. 27. — Вып. 3. — С. 297–305.
19. Целевые программы выращивания оптимальных дубовых насаждений в центральных районах Европейской части (экорегiónы зон смешанных лесов, лиственных лесов и лесостепи) // Таблицы и модели роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). — Москва, 2008 — С. 294.
20. Rumyantsev D.E. Dendrochronological Technology for Identifying a Place Of Timber Origin / D.E. Rumyantsev, V.A. Lipatkin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2017. — Vol. 8. — № 2. — P. 2089–2092.
21. Cedro A. Tree ring width and health status of the red oak (*Quercus rubra* L.) under urban conditions in Szczecin (NW Poland) / A. Cedro, G. Nowak // Plant Div. Evol. — 2013. — № 130. — P. 183–194. — DOI: 10.1127/1869-155/2013/0130-0064.
22. Haavik L.J. Dendrochronological parameters of northern red oak (*Quercus rubra* L. (Fagaceae)) infested with red oak borer (*Enaphalodes rufulus* (Haldeman) (Coleoptera: Cerambycidae)) / L.J. Haavik, F.M. Stephen, M.K. Fierke [et al.] // Forest Ecology and Management. — 2008. — Vol. 255. — Iss. 5–6. — P. 1501–1509. — DOI: 10.1016/j.foreco.2007.11.005.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Vinogradova Yu.K. Kompleksny'j analiz invazionnoj flory' Rossii [Comprehensive Analysis of Russia's Invasive Flora] / Yu.K. Vinogradova, S.A. Senator // Russian Journal of Biological Invasions. — 2026. — № 1. — P. 33–55. [in Russian]
2. Demidov A.S. Drevesny'e rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Cicina RAN: 60 let introdukcii [Woody plants of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences: 60 years of introduction] / A.S. Demidov, L.S. Plotnikova, M.S. Aleksandrova et al. — Moscow: Nauka, 2005. — 586 p. [in Russian]
3. Kolesnikov A.I. Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology] / A.I. Kolesnikov. — Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1974. — 704 p. [in Russian]
4. Matveev S.M. Dendrokronologiya [Dendrochronology] / S.M. Matveev, D.E. Rumyantsev. — Voronezh: G.F. Morozov Voronezh State Forestry University, 2013. — 140 p. [in Russian]
5. Rumyantsev D.E. Metodicheskie rekomendatsii po otboru kernov drevesini dlya tselei dendrokronologicheskikh issledovaniy v lesovedenii i lesovodstve [Methodological recommendations for selecting wood cores for dendrochronological research in forest science and forestry] / D.E. Rumyantsev, V.A. Lipatkin, A.V. Cherakshev [et al.]. — Moscow: Professional Science, 2022. — 44 p. — DOI: 10.54092/9785907607187. [in Russian]
6. Pat. № 2822373 C1 Russian Federation, MPK A01G 23/00. Sposob lesopatologicheskoi diagnostiki [Method of forest pathology diagnostics] / V.F. Davidov, Ye.G. Komarov, A.N. Maksimova [et al.]; applicant Bauman Moscow State University. — № 2023119845; appl. 27.07.2023; publ. 04.07.2024. [in Russian]
7. O merakh po regulirovaniyu rasprostraneniya i chislennosti invazivnykh rastenii na territorii goroda Moskvi [On measures to regulate the spread and number of invasive plants in the city of Moscow]: Resolution No. 369-PP dated March 3, 2026 / Government of Moscow. [in Russian]
8. Romanovskij M.G. Les i klimat Central'noj polosy' Rossii [The forest and climate of Central Russia] / M.G. Romanovskij, R.S. Shhekalev. — Arxangel'sk: Pravda Severa, 2009. — 110 p. [in Russian]
9. Russian Federation. Sozdanie lesny'x plantacij i ix e'kspluatatsiya [Establishment and Operation of Forest Plantations] : Federal Law №200, section 42. : [accepted by The State Duma 2006-11-08 : approved by The Federation Council 2026-11-24]. 2006. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/93cb647204bdf8fec4abd91adc61fdec7e89c54c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/93cb647204bdf8fec4abd91adc61fdec7e89c54c/). (accessed: 26.02.26). [in Russian]



10. Rumyantsev D.E. Potentsial ispolzovaniya dendrokronologicheskoi informatsii v lesnoi nauke i praktike [The potential of using dendrochronological information in forest science and practice]: dis. ... of PhD in Biological Sciences / Rumyantsev Denis Evgenevich. — Moscow, 2011. — 354 p. [in Russian]
11. Rumyantsev D.E. Vliyanie solnechnoi aktivnosti na rost osini v usloviyakh Mordovskogo zapovednika [Influence of solar activity on the growth of aspen in the conditions of the Mordovian Nature Reserve] / D.E. Rumyantsev, N.S. Vorobeva // Ekologicheskii monitoring i modelirovanie ekosistem [Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling]. — 2023. — Vol. 34. — № 1-2. — P. 128–142. — DOI: 10.21513/0207-2564-2023-1-128-14. [in Russian]
12. Rumyantsev D.E. Metodologicheskie podkhodi k izucheniyu raznoobraziya ekosistemnikh uslug zelenikh nasazhdenii v megapolise [Methodological Approaches to Studying the Diversity of Ecosystem Services Provided by Green Spaces in a Megalopolis] / D.E. Rumyantsev, V.A. Frolova // Mezhdunarodnii nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International Research Journal]. — 2019. — № 10-2 (88). — P. 28–34. — DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.028. [in Russian]
13. Rumyantsev D.E. Perspektivi monitoringa sostoyaniya zelenogo fonda goroda s pomoshchyu datchikov interneta veshchei [Prospects for monitoring the state of the city's green fund using Internet of Things sensors] / D.E. Rumyantsev, V.A. Frolova // Printsipi ekologii [Principles of Ecology]. — 2020. — Vol. 9. — № 2. — P. 111–119. — EDN: TFRQJN. [in Russian]
14. Vinogradova Yu.K. Spontannaya flora territorii Glavnogo botanicheskogo sada kak otrazhenie dinamiki vnedreniya chuzherodnykh vidov rasteniy v estestvennye ekosistemy [Spontaneous flora of the territory of the Main Botanical Garden as a reflection of the dynamics of the introduction of alien plant species into natural ecosystems] / Yu.K. Vinogradova, S.R. Mayorov, I.O. Yatsenko; Russian Academy of Sciences, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden. — Moscow: KMC, 2020. — 384 p. [in Russian]
15. Sukachev V.N. Dendrologiya s osnovami lesnoj geobotaniki [Dendrology with the basics of forest geobotany] / V.N. Sukachev. — Leningrad: Goslestexizdat, 1934. — 614 p. [in Russian]
16. Temperatura vozdukh i osadki po mesyatsam i godam: Moskva (gorod Moskva, Rossiya) [Air temperature and precipitation by month and year: Moscow (Moscow, Russia)]. — 2026. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm> (accessed: 26.02.26) [in Russian]
17. Tkachenko M.E. Obshhee lesovodstvo [General forestry] / M.E. Tkachenko. — Moskva-Leningrad: Goslesbumizdat, 1955. — 600 p. [in Russian]
18. Firsov G.A. Invazionnii potentsial Quercus rubra L. v Sankt-Peterburge [The invasive potential of Quercus rubra L. in St. Petersburg] / G.A. Firsov, K.G. Tkachenko, N.V. Lavrentev // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Science]. — 2017. — Vol. 27. — Iss. 3. — P. 297–305. [in Russian]
19. Tselevie programmi virashchivaniya optimalnikh dubovikh nasazhdenii v tsentralnikh raionakh Yevropeiskoi chasti (ekoregionni zon smeshannikh lesov, listvennikh lesov i lesostepi) [Target programs for the cultivation of optimal oak plantations in the central regions of the European part (ecoregions of mixed forests, deciduous forests and forest-steppe zones)] // Tablitsi i modeli rosta i produktivnosti nasazhdenii osnovnikh lesoobrazuyushchikh porod Severnoi Yevrazii (normativno-spravochnie materialy) [Tables and models of growth and productivity of plantations of the main forest-forming species of Northern Eurasia (normative reference materials)]. — Moscow, 2008 — P. 294. [in Russian]
20. Rumyantsev D.E. Dendrochronological Technology for Identifying a Place Of Timber Origin / D.E. Rumyantsev, V.A. Lipatkin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2017. — Vol. 8. — № 2. — P. 2089–2092.
21. Cedro A. Tree ring width and health status of the red oak (*Quercus rubra* L.) under urban conditions in Szczecin (NW Poland) / A. Cedro, G. Nowak // Plant Div. Evol. — 2013. — № 130. — P. 183–194. — DOI: 10.1127/1869-155/2013/0130-0064.
22. Haavik L.J. Dendrochronological parameters of northern red oak (*Quercus rubra* L. (Fagaceae)) infested with red oak borer (*Enaphalodes rufulus* (Haldeman) (Coleoptera: Cerambycidae)) / L.J. Haavik, F.M. Stephen, M.K. Fierke [et al.] // Forest Ecology and Management. — 2008. — Vol. 255. — Iss. 5–6. — P. 1501–1509. — DOI: 10.1016/j.foreco.2007.11.005.