

## ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.18454/БИО.2024.1.5>**ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В СОСНОВОМ ДРЕВОСТОЕ  
КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ  
ТРАНСФОРМАЦИЙ**

Научная статья

**Лежнев Д.В.<sup>1,\*</sup>, Епишков А.А.<sup>2</sup>, Колевтинова Е.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2706-7320;<sup>1</sup>Институт лесоведения РАН, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup>Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Российская Федерация<sup>3</sup>Рослесозащита, Пушкино, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (lezhnev.daniil[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Величина радиального прироста и ее динамика характеризуют относительную интенсивность депонирования углерода деревьями и древостоями. С учетом того, что ширина годичного кольца колеблется от года к году в связи с колебаниями от года к году конкретного режима метеопараметров есть возможность установить характер связи древесной продуктивности (относительной углероддепонирующей функции) с климатическим режимом и прогнозировать изменение интенсивности депонирования углерода древостоями в связи с данными прогнозирования динамики конкретных метеопараметров. Данное исследование было выполнено на базе анализа информации хронологии сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), формирующей древостой на карбонатовом полигоне во Фряновском лесничестве Московской области. Было установлено, что динамика продуктивности сосны тесно связана с погодными условиями января. Прогнозируя динамику погодных условий января на основе линии тренда возможно перейти к прогнозу изменения углероддепонирующей функции древостоя сосны. Исследования показывают, что динамика среднемесячной температуры января имеет выраженный тренд на увеличение, который в 2062 году достигнет значения 0°C. Установлено, что в 2062 г относительная интенсивность депонирования углерода в исследуемом древостое вырастет на 13,7% по сравнению с 2022 годом и на 27,5% по сравнению с 1957 годом.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, радиальный прирост, дендрохронология, дендроклиматология, карбонатовый полигон, углероддепонирующая функция, изменение климата.

**FORECAST OF CHANGES IN CARBON DEPOSITION FUNCTION IN CARBONIFEROUS PINE TREES IN  
MOSCOW OBLAST UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE TRANSFORMATIONS**

Research article

**Lezhnev D.V.<sup>1,\*</sup>, Epishkov A.A.<sup>2</sup>, Koletvinova E.V.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2706-7320;<sup>1</sup>Institute of Forestry Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation<sup>2</sup>Bauman Moscow State Technical University, Mytishi, Russian Federation<sup>3</sup>RCFH, Pushkino, Russian Federation

\* Corresponding author (lezhnev.daniil[at]yandex.ru)

**Abstract**

The value of radial growth and its dynamics characterize the relative intensity of carbon storage by trees and stands. Given that the width of the annual ring fluctuates from year to year due to fluctuations from year to year of a particular regime of meteorological parameters, it is possible to establish the nature of the relationship between tree productivity (relative carbon-depositing function) and the climatic regime and to predict changes in the intensity of carbon deposition by stands in connection with the forecasting data on the dynamics of specific meteorological parameters. This study was carried out on the basis of analysing the information on the chronology of common pine (*Pinus sylvestris* L.), forming a stand on the carbon polygon in the Fryanovskoye forestry of Moscow Oblast. It was found that the dynamics of pine productivity is closely related to weather conditions in January. Predicting the dynamics of weather conditions in January on the basis of the trend line, it is possible to proceed to the forecast of changes in the carbon-depleting function of pine stands. The research shows that the dynamics of the average monthly temperature in January has a pronounced trend to increase, which in 2062 will reach the value of 0°C. It was found that in 2062 the relative intensity of carbon deposition in the studied stand will increase by 13.7% compared to 2022 and by 27.5% compared to 1957.

**Keywords:** common pine, radial growth, dendrochronology, dendroclimatology, carbonaceous polygon, carbon-depositing function, climate change.

**Введение**

Дендроклиматический анализ позволяет лучше понять факторы, имеющие решающее значение для хорошего состояния определенного вида древесных растений и предсказать его реакцию на изменение климата [1], [9], [18]. Ранее, на основе разработанных рядом авторов оригинальных методических подходов, базирующихся на использовании дендрохронологической информации, был выполнен прогноз изменения продуктивности (углероддепонирующей функции) в связи с трансформацией климата [2], [19].

Сосняки вместе с ельниками и березняками господствуют среди лесных насаждений Московского региона. Сосновые насаждения по состоянию на 01.01.2021 г. в Московской области занимают 354,3 тыс. га с общим запасом 85,48 млн. м<sup>3</sup>. Древостои сосны отличаются достаточно высокой долговечностью. Они способны сохранять устойчивость в возрасте более 160 лет в условиях Московской области [4], [5], [6].

Целью данного исследования стала оценка изменения углероддепонирующей функции сосновых насаждений в Московской области, выявление ее связи с метеопараметрами и прогноз ее изменения в ближайшие десятилетия.

### Материалы и методы

Объект исследования – карбоновый полигон площадью 9,02 га заложенный в 2022 году, расположенный на территории Фряновского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества в выделе № 40 квартала № 25. Древостой имеет состав 6СЗБ1Е, средний диаметр 24 см и среднюю высоту 27 м., тип леса – сосняк разнотравно-кисличный. Согласно таксационным данным, культуры сосны были созданы посадкой в 1953 году. Так как посадочный материал при посадке уже имел определенный возраст, то биологический возраст особей сосны в пределах полигона на момент 2022 года мог составлять 71–74 года [17]. В исследовании используется материал по сосне обыкновенной, полученный на основе отбора кернов древесины на двух участках полигона 7 и 8.

Исследования велись по стандартной методике, обоснование которой было выполнено ранее [12], [14], [15]. С двух участков карбонового полигона (участок 7 и 8) произведен отбор буровом Пресслера по 15 кернов на высоте 1,3 м (один керн с каждого учетного дерева) [16]. Измерения ширины годичных колец на кернах велись с использованием МБС-10 с точностью до 0,05 мм. Для контроля за правильностью измерений использовалась процедура перекрестной датировки в программе GROWLINE [7]. Для дендроклиматического анализа использовалась информация о динамике среднемесячных температур, месячных сумм осадков метеостанции г. Москвы (Погода и климат...). Расположение метеорологической станции в Москве: с. ш. 55°49' в. д. 37°62', высота над уровнем моря 156 м. Для статистического анализа использовались стандартные функции программы MicrosoftExcel.

### Результаты и обсуждение

Кратковременная компонента изменчивости временного ряда радиального прироста (погодичные колебания ширины годичного кольца) имеет ярко выраженную климатическую обусловленность [1], [8], [11], [18].

Расчет значений коэффициентов корреляции между временными рядами радиального прироста и временными рядами метеопараметров (среднемесячная температура, месячная сумма осадков) проводился как для метеоусловий календарного года формирования годичного кольца, так и для метеоусловий года, предшествовавшего году формирования годичного кольца. Расчет проводился для временного интервала 1961 – 2022 гг., когда высоты 1,3 м достигло более 50% учетных деревьев. Результаты выполненных расчетов отражены в таблицах 1–4. Достоверные при числе степеней свободы 60 и уровне доверительной вероятности 0,05 значения коэффициентов корреляции [3] выделены жирным шрифтом в таблицах 1–3. Расчеты необходимо вести как для метеопараметров текущего года (года формирования годичного кольца), так и для метеопараметров прошлого календарного года (года, предшествовавшего году формирования годичного кольца) [15], [18]. В первом случае временные ряды индексов прироста и рядов метеопараметров составляются по принципу год в год, а во втором случае с лагом в один год (например, индексу прироста 1962 года ставятся в соответствие метеопараметры 1961 года, индексу прироста 1963 года ставятся в соответствие метеопараметры 1962 года и так далее).

Таблица 1 - Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами среднемесячных температур в календарный год формирования годичного кольца

DOI: <https://doi.org/10.18454/BIO.2024.1.5.1>

Месяц	Участок №7	Участок №8	Обобщенная хронология
январь	0,36	0,35	0,37
февраль	0,10	0,01	0,06
март	0,18	0,14	0,17
апрель	0,21	0,14	0,18
май	-0,06	0,02	-0,02
июнь	-0,05	0,01	-0,02
июль	-0,02	-0,03	-0,03
август	0,05	0,00	0,02
сентябрь	-0,04	-0,05	-0,05
октябрь	0,20	0,18	0,19
ноябрь	0,02	-0,14	-0,06
декабрь	-0,03	-0,01	-0,02

Таблица 2 - Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами месячных сумм осадков в календарный год формирования годичного кольца

DOI: <https://doi.org/10.18454/BIO.2024.1.5.2>

Месяц	Участок №7	Участок №8	Обобщенная хронология
январь	0,12	0,16	0,14
февраль	0,16	0,13	0,15
март	0,07	0,03	0,05
апрель	0,07	0,00	0,04
май	0,16	0,13	0,15
июнь	0,08	0,06	0,07
июль	0,30	0,30	0,31
август	0,06	0,08	0,07
сентябрь	0,14	0,21	0,18
октябрь	0,05	-0,03	0,01
ноябрь	-0,02	-0,06	-0,04
декабрь	-0,10	-0,05	-0,08

Таблица 3 - Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами среднемесячных температур в год, предшествовавший календарному году формирования годичного кольца

DOI: <https://doi.org/10.18454/BIO.2024.1.5.3>

Месяц	Участок №7	Участок №8	Обобщенная хронология
январь	0,40	0,32	0,37
февраль	0,16	0,04	0,10
март	0,27	0,16	0,23
апрель	0,03	0,02	0,03
май	0,04	0,12	0,08
июнь	0,23	0,08	0,16
июль	0,13	0,19	0,16
август	-0,06	-0,01	-0,04
сентябрь	0,19	0,27	0,24
октябрь	0,46	0,29	0,39
ноябрь	-0,07	-0,09	-0,08
декабрь	0,22	0,23	0,23

Таблица 4 - Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами месячных сумм осадков в год, предшествовавший календарному году формирования годичного кольца

DOI: <https://doi.org/10.18454/BIO.2024.1.5.4>

Месяц	Участок №7	Участок №8	Обобщенная хронология
январь	0,01	-0,01	0,00
февраль	-0,12	-0,15	-0,14
март	-0,06	-0,19	-0,13
апрель	-0,04	0,00	-0,02
май	0,00	-0,07	-0,04
июнь	-0,02	0,05	0,01
июль	0,00	-0,12	-0,06
август	0,06	-0,15	-0,04

сентябрь	-0,09	-0,02	-0,06
октябрь	-0,01	0,01	0,00
ноябрь	-0,07	-0,10	-0,09
декабрь	-0,11	-0,09	-0,10

В ходе данного исследования установлено, что на прирост сосны на обоих рассматриваемых участках достоверно положительно влияют повышенные температуры января прошлого и текущего календарного года; повышенные температуры октября прошлого календарного года (прошлого по отношению к календарному году формирования годичного кольца) и повышенные осадки июля текущего года. Важно, что температуры января текущего года и температуры января прошлого года имеют при этом низкую степень взаимной корреляции (0,16). Это говорит о том, что данные метеопараметры выступают как независимые экологические факторы, влияющие на величину радиального прироста сосны в исследуемых древостоях.

Результаты исследований, изложенные выше говорят о том, что долговременный рост температур января будет в итоге положительным образом сказываться на углероддепонирующем процессе в данном конкретном насаждении. Расчеты данного раздела проводились на основе теоретических предпосылок, изложенных ранее. Динамику среднемесячной температуры января по данным метеостанции Москвы начиная с 1900 года, а также прогноз ее развития до 2062 года на основе уравнения полиномиального тренда второго порядка отражены на рисунке 1.

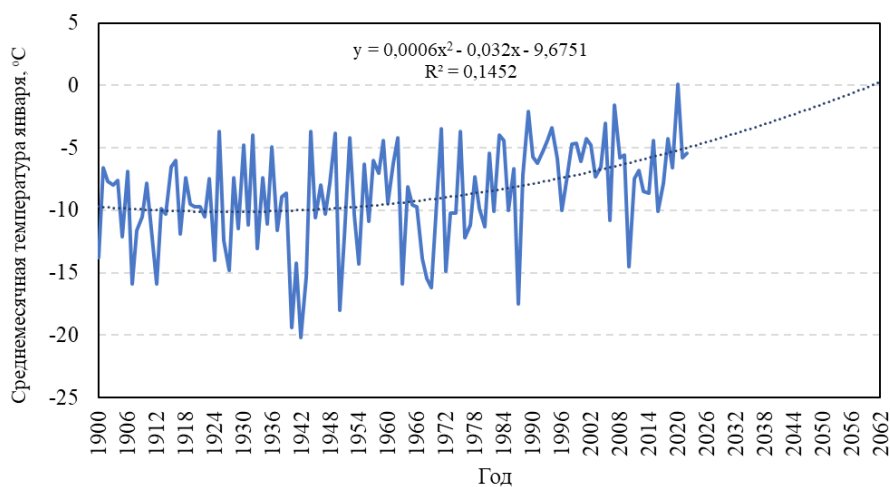


Рисунок 1 - Динамика среднемесячной температуры января в период 1900-2022 гг. и прогноз ее развития до 2062 года  
DOI: <https://doi.org/10.18454/БИО.2024.1.5.5>

По данным на рисунке 1 видно, что динамика величины среднемесячной температуры января имеет выраженный тренд на увеличение, который в 2062 году достигнет значения 0°C.

Следовательно, среднестатистические условия зимы в регионе в этот период будут соответствовать условиям зимы 2020 года, а в отдельные, с учетом существования амплитуды колебаний метеофактора мы будем иметь еще более теплые зимы, по-видимому, с отсутствием устойчивого снегового покрова.

Выполненный регрессионный анализ показал, что связь индекса прироста (показателя относительной интенсивности депонирования углерода) и температур января выражается уравнением линейной регрессии вида:

$$Y = 1,132112 + 0,011672 \cdot T1 + 0,012093 \cdot T1_{-1},$$

где  $T1$  – среднемесячная температура января в календарный год формирования годичного кольца, °C;

$T1_{-1}$  – среднемесячная температура января в календарный год, предшествующий году формирования годичного кольца, °C.

Уравнение отражает динамику индексов прироста с коэффициентом корреляции 0,48 и коэффициентом детерминации 0,37.

Тренд температур января (рисунок 2) служит исходными данными для расчета относительной интенсивности депонирования углерода (рисунок 3).

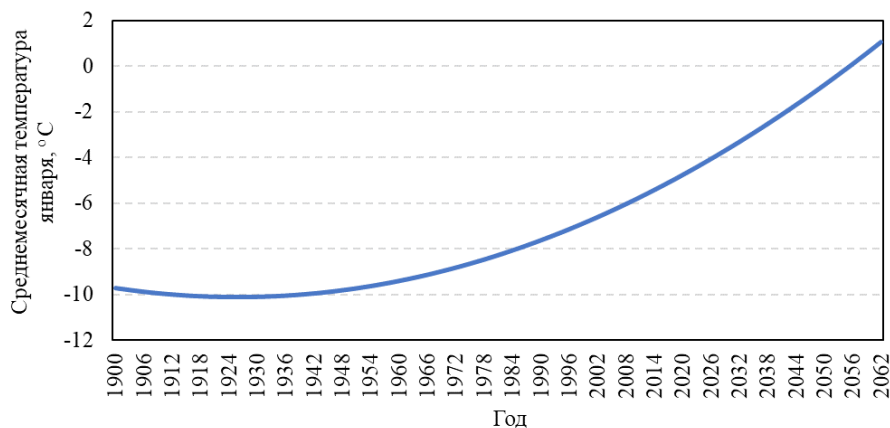


Рисунок 2 - Долговременная тенденция изменения среднемесячной температуры января  
DOI: <https://doi.org/10.18454/БИО.2024.1.5.6>

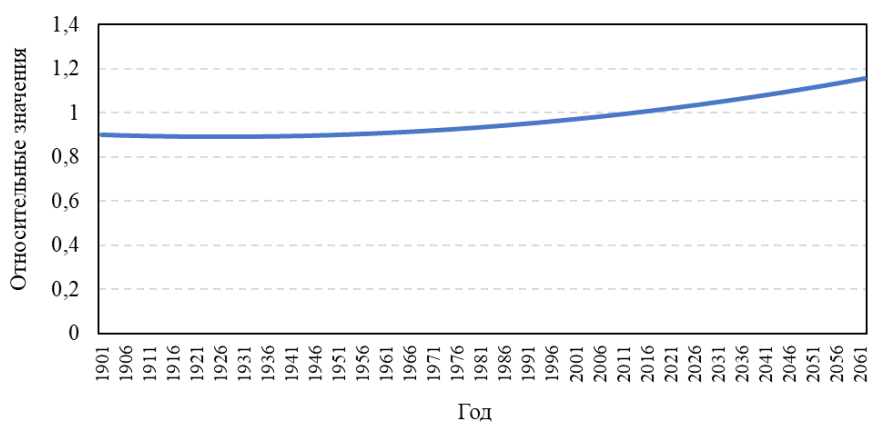


Рисунок 3 - Реконструированный и смоделированный ход роста интенсивности депонирования углерода в исследованных древостоях сосны  
DOI: <https://doi.org/10.18454/БИО.2024.1.5.7>

Относительная интенсивность депонирования углерода сосновым насаждением в 2022 г. по сравнению с 1957 г. выросла на 12,1%. Это в целом соответствует данным о том, что в 2022 г. у исследуемого локального насаждения бонитет сменился со II класса на I. Согласно данным таблиц хода роста средняя высота в 60-летних древостоях сосны I класса бонитета отличается на 17,5% от средней высоты II класса бонитета, а средний диаметр на 17,8% [13].

Относительная интенсивность депонирования углерода сосновым древостоем в 2022 по сравнению с 1901 выросла на 13,3%. То есть рост интенсивности депонирования углерода шел за счет роста среднемесячных температур во второй половине XX века, что видно и при анализе рисунков 1–3.

### Заключение

В 2062 г относительная интенсивность депонирования углерода в исследуемом древостое вырастет на 13,7% по сравнению с 2022 годом и на 27,5% по сравнению с 1957 годом. Это означает что, рост насаждений сосны будет идти уже по I<sup>a</sup> бонитету. Разница между средними высотами 60-летних насаждений сосны I<sup>a</sup> и I бонитетов составляет 14,9%; между средними диаметрами – 15,9%. С учетом, точности исходных данных небольшие отличия по процентам изменения продуктивности между модельными значениями интенсивности депонирования углерода и данными таблиц хода роста не являются существенными.

Важным выводом общего плана является то, что по мере роста температур углероддепонирующая функция насаждений может меняться, в том числе в сторону увеличения поглощения углерода, что в свою очередь глобально будет способствовать торможению интенсивности процесса роста температур.

### 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. Ваганов Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. — Новосибирск: Наука, 2000. — 122 с.
2. 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). — С. 110-114.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высшая школа, 1973. — 343 с.
4. Лежнев Д.В. Динамика сосняков сложных в условиях ближнего Подмосковья / Д.В. Лежнев, Ю.Б. Глазунов, С.А. Коротков [и др.] // Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде / Под ред. Ю.А. Присного. — Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. — С. 102-105.
5. Лежнев Д.В. Структура сосняков сложных национального парка «Лосиный остров» / Д.В. Лежнев, В.А. Меняева, Н.Ф. Кривошапов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. — Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. — С. 152-158.
6. Лежнев Д.В. Современное состояние и динамика лесного фонда Московской области / Д.В. Лежнев // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023. — Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. — С. 71-79.
7. Липаткин В.А. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ / В.А. Липаткин, С.Ю. Мазитов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. — М.: МГУЛ, 1997. — Вып. 288 (1). — С. 103-110.
8. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений / Н.В. Ловелиус. — Л.: Наука, 1979. — 231 с.
9. Ловелиус Н.В. Изменения прироста годичных колец сосны и ели в восточноевропейской тайге в связи с геофизическими факторами среды / Н.В. Ловелиус, С.В. Лежнева. — Санкт-Петербург: Вологда: ВОУНБ, 2015. — 178 с.
10. Макарова Н.В. Статистика в Excel / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
11. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной Лесостепи / С.М. Матвеев. — Воронеж: ВГУ, 2003. — 269 с.
12. Матвеев С.М. Дендрохронология / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. — Воронеж: ВГЛТА, 2013. — 139 с.
13. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. — М.: Рослехоз, 2008. — 886 с.
14. Румянцев Д.Е. Диагностика особенностей роста сосны и ели в Южной Карелии с использованием методов дендрохронологии: дисс. ... канд. биол. наук / Д.Е. Румянцев. — М.: МГУЛ, 2004. — 115 с.
15. Румянцев Д.Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: дис. ... д-ра биол. наук / Д.Е. Румянцев. — М.: МГУЛ, 2011. — 354 с.
16. Румянцев Д.Е. Методические рекомендации по отбору кернов древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве / Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, А.В. Черакшев [и др.] — М.: Профессиональная наука, 2022. — 44 с.
17. Румянцев Д.Е. Оценка возраста культур сосны и подпологового яруса ели в условиях карбонового полигона Фряновского лесничества Московской области / Д.Е. Румянцев, В.В. Киселева, А.А. Епишков [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — № 10(38). — DOI: 10.23649/JAE.2023.38.3.
18. Fritts H.C. Tree Rings and Climate / H.C. Fritts. — London; New York; San Francisco: Academic press, 1976. — 576 p.
19. 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. — Vol. 28. — № 2 (64). — P. 323-333.
20. Погода и климат. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 20.12.2023).

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

1. Vaganov E.A. Rost i struktura godichnyh kolec hvoynyh [Growth and Structure of Annual Rings of Conifers] / E.A. Vaganov, A.V. Shashkin. — Novosibirsk: Nauka, 2000. — 122 p. [in Russian]
2. Epishkov A.A. El' vostochnaja kak perspektivnaja poroda dlja plantacionnogo vyrashhivaniya v Moskovskom regione [Eastern Spruce as a Promising Species for Plantation Cultivation in the Moscow Region] / A.A. Epishkov, D.E. Rumjancev // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2022. — № 7-2 (121). — P. 110-114. [in Russian]
3. Lakin G.F. Biometrija [Biometrics] / G.F. Lakin. — M.: Higher School, 1973. — 343 p. [in Russian]
4. Lezhnev D.V. Dinamika sosnjakov slozhnyh v uslovijah blizhnego Podmoskov'ja [Dynamics of Complex Pine Forests in the Near Moscow Region] / D.V. Lezhnev, Ju.B. Glazunov, S.A. Korotkov [et al.] // Organizmy, populjicii i soobshhestva v transformirujushhejsja srede [Organisms, Populations and Communities in a Transforming Environment] / Ed. by Ju.A. Prisnogo. — Belgorod: Belgorod State National Research University, 2022. — P. 102-105. [in Russian]
5. Lezhnev D.V. Struktura sosnjakov slozhnyh nacional'nogo parka «Losinyj ostrov» [Structure of Pine Forests of Complex National Park "Losiny Ostrov"] / D.V. Lezhnev, V.A. Menjaeva, N.F. Krivoschapov // Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa [Actual Problems of Forest Complex Development]. — Vologda: Vologda State University, 2022. — P. 152-158. [in Russian]

6. Lezhnev D.V. Sovremennoe sostojanie i dinamika lesnogo fonda Moskovskoj oblasti [Current State and Dynamics of the Forest Fund of Moscow Oblast] / D.V. Lezhnev // Ochrana, innovacionnoe vosstanovlenie i ustojchivoje upravlenie lesami. [Protection, Innovative Restoration and Sustainable Forest Management. Forestry] – 2023. — Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, 2023. — P. 71-79. [in Russian]
7. Lipatkin V.A. Perekrestnaja datirovka dendrohronologičeskikh rjadov s pomoshh'ju PJeVM [Cross-dating of Dendrochronological Rows by Computer] / V.A. Lipatkin, S.Ju. Mazitov // Jekologija, monitoring i racional'noe prirodopol'zovanie [Ecology, Monitoring and Rational Nature Management]. — M.: MSUL, 1997. — Iss. 288 (1). — P. 103-110. [in Russian]
8. Lovelius N.V. Izmenčivost' prirosta derev'ev. Dendroindikacija prirodnyh processov i antropogennyh javlenij [Variability of Tree Growth. Dendroindication of Natural Processes and Anthropogenic Phenomena] / N.V. Lovelius. — L.: Nauka, 1979. — 231 p. [in Russian]
9. Lovelius N.V. Izmenenija prirosta godičnyh kolec sosny i eli v vostočnoevropejskoj tajge v svjazi s geofizičeskimi faktorami sredy [Changes in Pine and Spruce Annual Ring Growth in the Eastern European Taiga in Relation to Geophysical Environmental Factors] / N.V. Lovelius, S.V. Lezhneva. — St. Petersburg: Vologda : VOUNB, 2015. — 178 p. [in Russian]
10. Makarova N V. Statistika v Excel [Statistics in Excel] / N.V. Makarova, V.Ja. Trofimec. — M.: Finance and Statistics, 2002. — 368 p. [in Russian]
11. Matveev S.M. Dendroindikacija dinamiki sostojanija osnovnyh nasazhdenij Central'noj Lesostepi [Dendroindication of Pine Plantation Dynamics in Central Forest-Steppe] / S.M. Matveev. — Voronezh: VSU, 2003. — 269 p. [in Russian]
12. Matveev S.M. Dendrohronologija [Dendrochronology] / S.M. Matveev, D.E. Rumjancev. — Voronezh: VSLTA, 2013. — 139 p. [in Russian]
13. Tablicy i modeli hoda rosta i produktivnosti nasazhdenij osnovnyh lesoobrazujuščih porod Severnoj Evrazii [Tables and models of growth progress and productivity of plantations of the main forest-forming species of Northern Eurasia]. — M.: Roslehoz, 2008. — 886 p. [in Russian]
14. Rumjancev D.E. Diagnostika osobennostej rosta sosny i eli v Juzhnoj Karelii s ispol'zovanijem metodov dendrohronologii [Diagnosis of Pine and Spruce Growth Peculiarities in South Karelia Using Dendrochronological Methods]: diss. ... PhD in Biology / D.E. Rumjancev. — M.: MSUL, 2004. — 115 p. [in Russian]
15. Rumjancev D.E. Potencial ispol'zovanija dendrohronologičeskoj informacii v lesnoj nauke i praktike [Potential Use of Dendrochronological Information in Forest Science and Practice]: dis. ... PhD in Biology / D.E. Rumjancev. — M.: MSUL, 2011. — 354 p. [in Russian]
16. Rumjancev D.E. Metodičeskie rekomendacii po otboru kernov drevesiny dlja celej dendrohronologičeskikh issledovanij v lesovedenii i lesovodstve [Methodical Recommendations on Selection of Wood Cores for the Purposes of Dendrochronological Research in Forestry and Silviculture] / D.E. Rumjancev, V.A. Lipatkin, A.V. Cherakshev [et al.] — M.: Professional Science, 2022. — 44 p. [in Russian]
17. Rumjancev D.E. Ocenka vozrasta kul'tur sosny i podpologovogo jarusa eli v uslovijah karbonovogo poligona Frjanovskogo lesničestva Moskovskoj oblasti [Estimation of the Age of the Pine and Spruce Understorey Cultures in the Carboniferous Polygon of the Fryanovsky Forestry of Moscow Oblast] / D.E. Rumjancev, V.V. Kiseleva, A.A. Epishkov [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — № 10(38). — DOI: 10.23649/JAE.2023.38.3. [in Russian]
18. Fritts H.C. Tree Rings and Climate / H.C. Fritts. — London; New York; San Francisco: Academic press, 1976. — 576 p.
19. Romyantsev D.E. Dendroclimatic Investigation of Caucasian Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) in Moscow Botanical Gardens / D.E. Romyantsev, A.A. Epishkov, A.A. Tkacheva // Forestry Ideas. — 2022. — Vol. 28. — № 2 (64). — P. 323-333.
20. Pogoda i klimat [Weather and Climate]. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (accessed: 20.12.2023). [in Russian]