

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА В ДРЕВОСТОЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА ФРЯНОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Д.Е. Румянцев^{1✉}, С.И. Чумаченко¹, В.А. Липаткин¹, В.В. Киселева¹,
У.С. Шипинская¹, Д.В. Лежнев², А.Е. Парфенова³

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

²ФГБУН «Институт лесоведения Российской академии наук» (ИЛАН РАН), Россия, 143030, Московская обл., с. Успенское, ул. Советская, д. 21

³Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, Россия, 119019, Москва, ул. Новый Арбат, д. 11

dendro15@list.ru

Приведены данные дендрохронологических исследований, характеризующих относительную интенсивность депонирования углерода в древесине культур сосны обыкновенной после проведения рубок ухода в молодняках и в отсутствие таких рубок. Влияние прочистки на величину радиального прироста признано статистически недостоверным. Показано, что после стабилизации хода роста по диаметру годовичные колебания радиального прироста имеют выраженную климатическую обусловленность. Получено регрессионное уравнение, связывающее индексы прироста со среднемесячными температурами января текущего и предшествующего года, октября предшествующего года и количеством осадков в июле текущего года. Показано, что данное уравнение не на всех этапах развития насаждения удовлетворительно описывает динамику радиального прироста. Сделан вывод о нестационарности климатического сигнала в исследованной древесно-кольцевой хронологии, что связано со сменой экологических условий среды, сопряженной со сменой типа леса в процессе роста и развития насаждения.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, дендрохронология, дендроклиматология, депонирование углерода, карбонный полигон

Ссылка для цитирования: Румянцев Д.Е., Чумаченко С.И., Липаткин В.А., Киселева В.В., Шипинская У.С., Лежнев Д.В., Парфенова А.Е. Оценка влияния климатического режима на относительную интенсивность депонирования углерода в древостоях сосны обыкновенной в условиях карбонного полигона Фрянковского лесничества (Московская область) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 4. С. 43–52.
DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-43-52

Депонирование углерода в лесных экосистемах приобретает все большее значение в связи с протекающими процессами глобального потепления климата. Для количественного учета процессов, влияющих на это явление важно вести стационарные лесозокологические исследования на сети карбонных полигонов. Эффективность использования дендрохронологической информации для учета процессов депонирования углерода отмечена в некоторых исследованиях [1–3]. Сосна обыкновенная хорошо изучена в дендрохронологическом и дендроклиматическом отношении. Результаты предыдущих исследований показали, что влияние климатических факторов на прирост сосны сильно отличается как в региональном аспекте, так и в пределах локальных биотопов внутри отдельных регионов [4–22]. Это делает актуальным наполнение базы данных о характере

влияния климатических факторов на динамику ширину годовичного кольца сосны, что в свою очередь создает объективную основу для прогнозирования реакции сосновых лесов на разные сценарии глобального изменения климата.

Цель работы

Цель работы — оценка относительной интенсивности депонирования углерода древостоем сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зависимости от погодных условий вегетационного сезона текущего и предшествующего года, а также в период отсутствия вегетации.

Материалы и методы

Объектом исследования служил заложенный в 2022 г. исследовательский полигон площадью 9,02 га, расположенный на территории Фрянковского участкового лесничества (Аксеновский лесохозяйственный участок) Московского учебно-

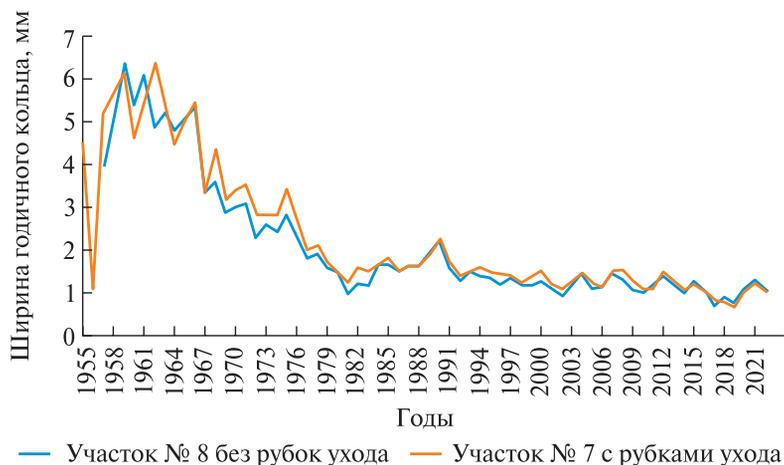


Рис. 1. Динамика радиального прироста в двух исследуемых древостоях сосны
Fig. 1. The dynamics of radial growth in the two studied pine stands

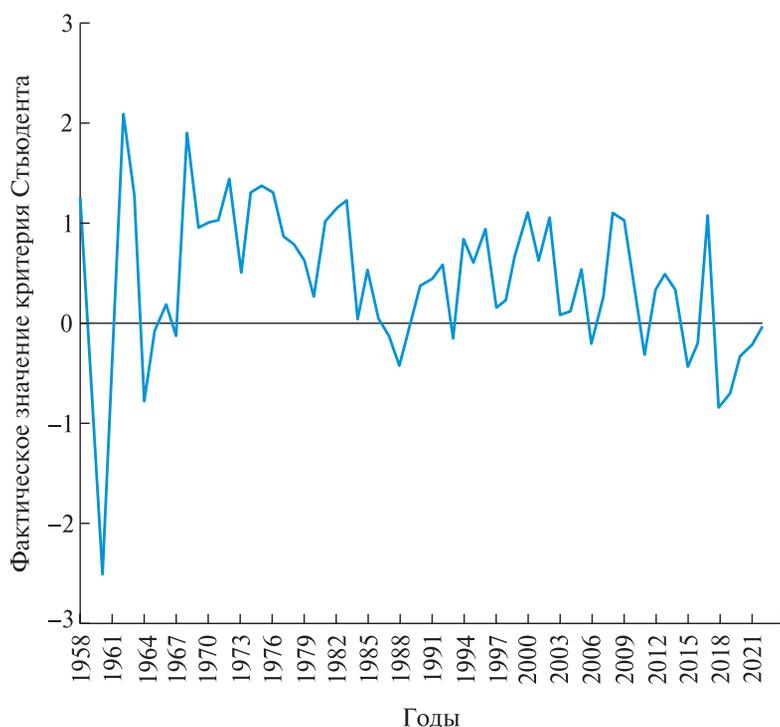


Рис. 2. Динамика фактического значения критерия Стьюдента, характеризующая достоверность отличий по ширине годичного кольца для двух древостоев
Fig. 2. Dynamics of the actual value of the Student's criterion, characterizing the reliability of differences in the width of the annual ring for two stands

опытного лесничества в выделе 40 квартала 25. Согласно таксационным данным 1974 г. выдел 40 квартала 25 занимал площадь 12 га. Выдел характеризуется типом лесорастительных условий С₃ и кисличным типом леса. Почва дерново-средне-подзолистая, среднесуглинистая на морене (мощность суглинков 41...80 см), глубина залегания грунтовых вод более 120 см, глубина залегания глеевого горизонта более 120 см.

В 1953 г. после вырубki насаждения неустановленного породного состава и предваритель-

ной обработки почвы была произведена посадка лесных культур сосны. Достоверных данных о подготовке почвы и о схеме посадки не сохранилось. Вполне вероятно, что в процессе подготовки почвы была проведена раскорчевка и нарезка борозд. В гребень были посажены сеянцы сосны. В низких местах часть посаженных культур погибла, хотя в целом насаждение сохранилось. В 2020 г. древостой имел состав 6СЗБ1Е, средний диаметр 24 см и среднюю высоту 27 м. В таксационном описании 1984 г. тип леса на данном выделе

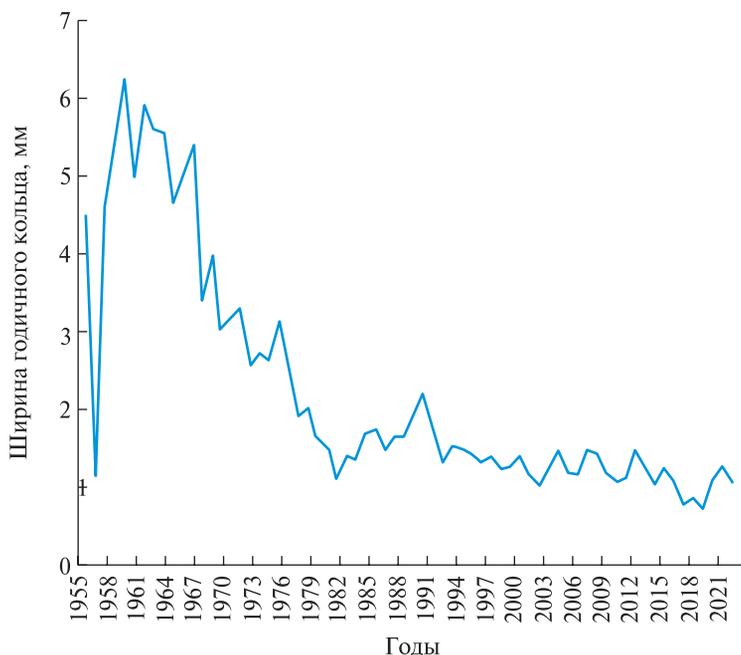


Рис. 3. Динамика ширины годичного кольца в исследуемой хронологии
Fig. 3. Dynamics of the annual ring width in the chronology under study

был диагностирован как сложно-широколистный. Эта же характеристика дана в таксационных описаниях 1994, 2004, 2020 гг. Согласно исследованиям 2022 г., данный тип леса следовало бы диагностировать как разнотравно-кисличный.

В настоящем исследовании использован материал по сосне обыкновенной, полученный на основе отбора кернов древесины на двух участках полигона — участок 7 (с рубками ухода) и участок 8 (без рубок ухода). Рубка ухода (прочистка) проводилась в 1975 г. на площади 3,2 га и 8,2 га с интенсивностью 20 %.

Исследования велись по стандартной методике, обоснование которой изложено ранее [23]. С каждого участка буравом Пресслера отбирали по 15 кернов на высоте 1,3 м от поверхности земли (один керн с каждого учетного дерева). Измерения ширины годичных колец на кернах велись с использованием микроскопа бинокулярного стереоскопического (МБС-10) с точностью до 0,05 мм. Для контроля за правильностью измерений использовалась процедура перекрестной датировки в программе GrowLine [24].

Результаты и обсуждение

В ходе исследований были получены обобщенные хронологии для двух участков, характеризующие погодичную динамику радиального прироста (рис. 1).

Хронологии имеют очень высокий уровень сходства (коэффициент корреляции +0,98). Оценка достоверности отличий по ширине годичного кольца между хронологиями была проведена на

основе расчета фактического значения критерия Стьюдента и сопоставления этого показателя с данными о стандартном значении критерия Стьюдента (рис. 2). С учетом того, что анализируются временные ряды такого рода расчет необходимо вести для каждой точки временного ряда отдельно и рассматривать динамику фактического значения критерия Стьюдента (см. рис. 2).

Для уровня доверительной вероятности 0,05 и числа степеней свободы 28 стандартное значение критерия Стьюдента равно 2,05 [25]. Таких значений (по модулю) рассматриваемый временной ряд достигает в двух точках (в 1960 и в 1962), причем рассматриваемые значения лежат на границе порога достоверности (2,05 и 2,07 соответственно). Для всех остальных лет значения отличий по ширине годичного кольца между двумя рассматриваемыми древостоями недостоверны. Этот факт в совокупности с высоким значением коэффициента корреляции между хронологиями (0,98) дает основания для построения обобщенной для двух участков хронологии (рис. 3), которая может быть использована для отдельных видов анализа.

Экстремально узкое годичное кольцо 1956 года в данном случае, по-видимому, характеризует повреждение только одного дерева (например, скусывание его верхушки лосем). Ярко выражен «период большого роста» в 1957–1967 гг., резкое снижение ширины годичного кольца в 1967–1977 гг. и фактический выход значений прироста на «плато» в период 1978–2022 гг. (иначе — период резкого замедления темпов снижения прироста). При анализе причин формирования

локальных экстремумов прироста наиболее подходит временной интервал 1978–2022 гг., когда кривая выходит на «плато».

Погодичные колебания радиального прироста имеют выраженную климатическую обусловленность [9, 26]. Дендроклиматический анализ дает возможность установить, как изменяется относительная интенсивность депонирования углерода древостоем при разных погодных условиях, и дает базовую информацию для формирования прогнозов об изменении интенсивности депонирования углерода лесной экосистемой при разных сценариях изменения климата.

Расчет значений коэффициентов корреляции между временными рядами радиального прироста и временными рядами метеопараметров (среднемесячная температура, месячная сумма осадков) [27] 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 от поверхности земли достигло более 50 % учетных деревьев (табл. 1–4).

В ходе исследований было 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 свидетельствует о том, что данные метеопараметры выступают как независимые экологические факторы, влияющие на величину радиального прироста сосны в исследуемых древостоях. Кроме того, для хронологий по каждому отдельному участку характерно наличие специфичных корреляций с метеопараметрами: с температурами марта прошлого года, с температурами сентября прошлого года. Индексированные хронологии по радиальному приросту имеют высокий уровень сходства между собой (коэффициент корреляции 0,88), что дает основания для построения обобщенной по двум участкам хронологии и моделирования динамики радиального прироста на основе уравнения линейной регрессии (рис. 4).

Регрессионный анализ позволил смоделировать динамику индексов прироста в зависимости от динамики четырех метеофакторов с коэффициентом корреляции 0,58 и общим коэффициентом детерминации 0,33. Модель (рис. 5) выражается уравнением вида

$$Y = 0,926949 + 0,00876 \times T1 + 0,009238 \times T1_{-1} + 0,018873 \times T10_{-1} + 0,000659 \times O7,$$

где $T1$ — среднемесячная температура января в календарный год формирования годичного кольца, °С;

$T1_{-1}$ — среднемесячная температура января в год, предшествующий календарному году формирования годичного кольца, °С;

$T10_{-1}$ — среднемесячная температура октября в год, предшествующий календарному году формирования годичного кольца, °С;

$O7$ — месячная сумма осадков июля в календарный год формирования годичного кольца, мм.

Анализируя кривые на рис. 5, отметим, что характер сопряженности их колебаний отличается в разные периоды роста. Таким образом, низкий коэффициент детерминации для временного интервала 1961–2022 гг. объясняется нестационарностью временного ряда по характеристикам влияния климатических факторов на величину прироста. Количественно данные отличия можно выразить (индексировать) путем расчета скользящего коэффициента корреляции (например, за 16 лет) (рис. 6).

Таким образом, временной ряд действительно нестационарен: он имеет временные интервалы, на которых полученная регрессионная модель очень хорошо отражает динамику радиального прироста, имеет участки, когда модель дает средние по прогностической ценности результаты, и имеет временной интервал, на котором модель не соответствует реальным значениям динамики индексов прироста. В итоге сочетания такого рода условий общий коэффициент детерминации модели на временном интервале 1961–2022 гг. оказывается довольно низким.

Расчеты показали, что в первые 16 лет жизни древостоев связь динамики индексов прироста и динамики модельных значений индексов прироста очень тесная: коэффициент корреляции равен 0,84, что достоверно на уровне доверительной вероятности 0,01. Затем корреляция начинает снижаться, достигая минимума (0,12) в период 1986–2001 гг. Далее значение скользящего коэффициента корреляции вновь начинает расти и начиная с периода 1999–2014 гг. он имеет только достоверные значения при уровне доверительной вероятности 0,05 (от 0,47 и более). Таким образом, климатический сигнал в исследуемой хронологии не стационарен. Вероятно, что установленная динамика характеризует смену лесорастительных условий/типа леса на выделе. Первоначально тип леса на участке был диагностирован как кисличный, затем как сложнострококотравный (и, по-видимому, какое-то время

Т а б л и ц а 1

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

The correlation coefficients values between the growth indices series and the series of average monthly temperatures in the calendar year of the annual ring formation

Месяц	Участок с рубками ухода	Участок без рубок ухода	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

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 выделены значения коэффициентов корреляции, достоверные при числе степеней свободы 60 и уровне доверительной вероятности 0,05.

Т а б л и ц а 3

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

The correlation coefficients values between the series of growth indices and the series of average monthly temperatures in the year preceding the calendar year of the annual ring formation

Месяц	Участок с рубками ухода	Участок без рубок ухода	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

Т а б л и ц а 2

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

The correlation coefficients values between the series of growth indices and the series of monthly precipitation amounts in the calendar year of the annual ring formation

Месяц	Участок с рубками ухода	Участок без рубок ухода	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

Т а б л и ц а 4

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

The correlation coefficients values between the series of growth indices and the series of monthly precipitation amounts in the year preceding the calendar year of the annual ring formation

Месяц	Участок с рубками ухода	Участок без рубок ухода	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

данная характеристика без корректировки воспроизводилась в таксационных описаниях), на конечном этапе исследований после выпол-

нения серии геоботанических описаний тип леса был диагностирован как разнотравно-кисличный. Известно, что о смене типа условий

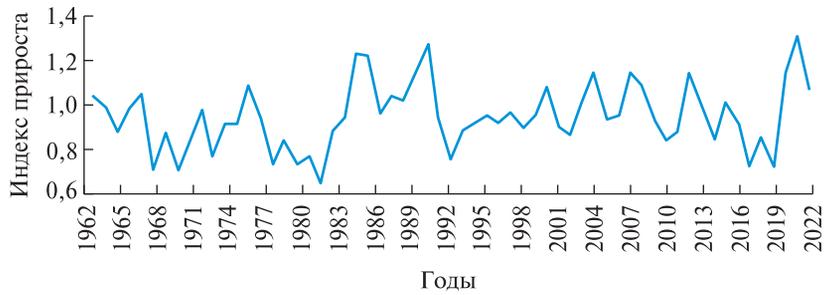


Рис. 4. Динамика индексов прироста в древостоях сосны
Fig. 4. Dynamics of growth indices in pine stands

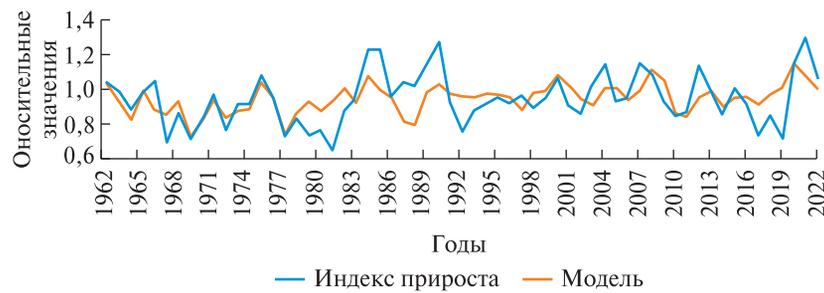


Рис. 5. Сравнительная динамика реальных и расчетных значений индекса радиального прироста
Fig. 5. Comparative dynamics of real and calculated values of the radial growth index

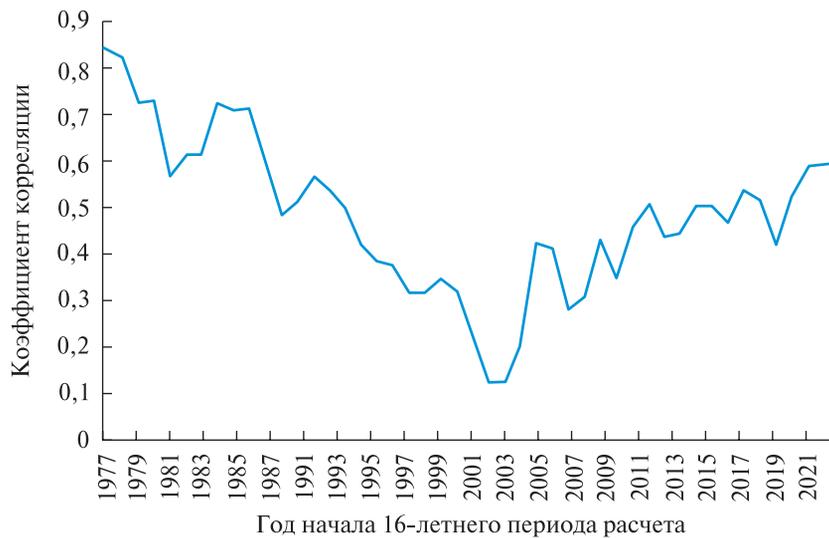


Рис. 6. Динамика скользящего коэффициента корреляции
Fig. 6. Sliding correlation coefficient dynamics

произрастания в связи с изменением возраста древостоя говорит В.В. Загреев [28]. Более подробно данный вопрос рассмотрен в статье В.А. Липаткина [29]. Изменение типа леса/типа условий произрастания закономерным образом должно сказываться на характере климатической обусловленности колебания величины радиального прироста сосны обыкновенной [5, 6], что, по всей видимости, мы и наблюдаем, анализируя динамику графика (см. рис. 6).

Выводы

Долговременный рост температур (который в Московском регионе особенно четко выражен для зимнего периода) будет в итоге положительно отражаться на углероддепонирующем процессе в данном конкретном насаждении. В глобальном масштабе это может свидетельствовать о том, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере по мере роста температур в некото-

рой степени будет компенсироваться усилением углероддепонирующей функции ряда лесных экосистем.

Список литературы

- [1] Кнорре А.А. Интеграционные подходы и методы дендрохронологии в изучении динамических процессов наземных экосистем разного типа. Диссертация на соискание ученой степени д-ра биол. наук. Красноярск: Изд-во СФУ, 2023. 301 с.
- [2] Таранков В.И. Мониторинг лесных экосистем. Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2006. 299 с.
- [3] Таранков В.И., Мельников Е.Е., Акулов В.В., Матвеев С.М. Дендрохронологические аспекты продуктивности основных лесообразующих пород Центральной лесостепи // Лесной журнал, 2008. Вып. 36. С. 11–17.
- [4] Битвинскас Т.Т. Динамика прироста сосновых насаждений Литовской ССР и возможности его прогноза: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: Изд-во ТСХА, 1966. 15 с.
- [5] Румянцев Д.Е. Диагностика особенностей роста сосны и ели в Южной Карелии с использованием методов дендрохронологии: дис. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во МГУЛ, 2004. 115 с.
- [6] Epishkov A.A., Lipatkin V.A., Frolova V.A., Sidorenkov V.M., Vorobyeva N.S., Rumyantsev D.E. Radial growth dynamics in Scots pine forests of the Yaloturovsky forest district of Tyumen region // Ecology, Environment and Conservation, 2022, v. 28 (3), pp. 1252–1251.
- [7] Kirchheer A.J. Dendroclimatology on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Norway. Dis. Dr. Sci. Norway, University of Tromsø, Faculty of Science, Department of Biology, 1999, 121 p.
- [8] Vitas A. Dendroclimatological research of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) in the Baltic coastal zone of Lithuania // Baltic Forestry, 2004, v. 10, no. 1, pp. 65–71.
- [9] Wilczynski S., Scrzyewski J. Dendrochronology of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the mountains of Poland // J. of Forest Science, 2003, v. 49 (3), pp. 95–105.
- [10] Ваганов Е.А., Качаев А.В. Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области // Лесоведение, 1992. № 6. С. 3–10
- [11] Бекетов А.Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели // Труды первого съезда русских естествоиспытателей. СПб.: Типография императорской академии наук, 1868. С. 111–163
- [12] Кудинов А.А. Результаты анализа особенностей роста сосны на побережьях Рыбинского водохранилища: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: Изд-во МЛТИ, 1969. 26 с.
- [13] Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. 269 с.
- [14] Мелехова Т.А. Формирование годичного слоя сосны в связи с лесорастительными условиями // Труды Архангельского лесотехнического института им. В.В. Куйбышева, 1954. Т. 54. С. 123–138.
- [15] Тольский А.П. К вопросу о влиянии температуры и осадков на прирост сосны в толщину // Лесной журнал, 1904. № 5. С. 858–868.
- [16] Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут М.В. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. Архангельск: Изд-во АГТУ, 1997. 140 с.
- [17] Щекалев Р.В., Тарханов С.Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2006. 127 с.
- [18] Dursky J., Pavlickova A. Dendroclimaticky model borovice lesnej na zahorskej nizine // Acta facultatis forestalis. XL. Zvolen: Veda Technicka univerzita, 1998, pp. 85–97.
- [19] Feliksik E, Wilczynski S. The influence of temperature and rainfall on the increment width of native and foreign tree species from the Istebna Forest District // Folia forestalia Polonica. Series A., 2001, no. 43, pp. 103–114.
- [20] Lindholm M., Lehtonen H., Kolstrom T., Merilainen J., Eronen M., Timonen M. Climatic signals extracted from ring-width chronologies of Scots pine from the northern, middle and southern parts of the boreal forest belt in Finland // Silva Fennica, 2000, v. 34, no. 4, pp. 317–330.
- [21] Linderholm H.W. Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring width // Silva Fennica, 2001, v. 35, no. 4, pp. 415–424.
- [22] Wilczynski S., Krapiec M., Szychowska-Krapiec E., Zielski A. Regiony dendroklimatyczne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce // Sylwan, 2001, no. 8, pp. 53–61.
- [23] Румянцев Д.Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: дис. ... д-ра биол. наук. М.: Изд-во ВГЛТА, 2011. 354 с.
- [24] Липаткин В.А., Мазитов С.Ю. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ // Научные труды МГУЛ. Экология, мониторинг и рациональное природопользование. М.: Изд-во МГУЛ, 1997. Вып. 288 (1). С. 103–110.
- [25] Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
- [26] Соломина О.Н. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным. СПб.: Нестор-История, 2017. 360 с.
- [27] Fritts H.C. Tree rings and climate. London–New York–San Francisco: Academic press, 1976, 576 p.
- [28] Загребев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. М.: Лесная пром-сть, 1978. 240 с.
- [29] Липаткин В.А. Динамика условий местопроизрастания и ее влияние на состояние лесных насаждений и отдельных деревьев // Научные труды МГУЛ. Экология, мониторинг и рациональное природопользование. М.: МГУЛ, 1997. Вып. 288 (1). С. 79–94.
- [30] Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth. A study the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie institution, 1919, 127 p.
- [31] Jozsa L.A. Contributions of tree-ring dating and wood structure analysis to the forensic sciences // Canadian Society Forensic Science J., 1985, v. 18, no. 4, pp. 200–210.
- [32] Schweingruber F.H. Tree-rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Researches. Bern, Stuttgart, Vienna: Haupt, 1996, 609 p.

Сведения об авторах

Румянцев Денис Евгеньевич [✉] — д-р биол. наук, профессор кафедры «Лесоводство, экология и защиты леса», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), dendro15@list.ru

Чумаченко Сергей Иванович — д-р биол. наук, зав. кафедрой «Лесоуправление, лесоустройство и геоинформационные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), chumachenko.s.i@gmail.com

Липаткин Владимир Александрович — канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Лесоводство, экология и защиты леса», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), lipatkin@mgul.ac.ru

Киселева Вера Владимировна — канд. биол. наук, доцент кафедры «Лесоуправление, лесоустройство и геоинформационные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), vvkisel@mail.ru

Шипинская Ульяна Сергеевна — аспирант кафедры «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), ylanashipinska@mail.ru

Лежнев Даниил Викторович — мл. науч. сотр. лаборатории лесоводства и биологической продуктивности, ФГБУН «Институт лесоведения Российской академии наук» (ИЛАН РАН), lezhnev.daniil@yandex.ru

Парфенова Анастасия Евгеньевна — главный эксперт Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, parfyonova.la@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.06.2023.

Одобрено после рецензирования 22.02.2024.

Принята к публикации 26.04.2024.

ASSESSMENT OF CLIMATIC REGIME INFLUENCE ON RELATIVE INTENSITY OF CARBON SEQUESTRATION IN SCOTS PINE STANDS IN FRYANOVO FORESTRY (MOSCOW REGION) CARBON POLYGON

D.E. Rumyantsev^{1✉}, **S. I. Chumachenko**¹, **V.A. Lipatkin**¹, **V.V. Kiseleva**¹, **U.S. Shipinskaya**¹, **D.V. Lezhnev**², **A.E. Parfenova**³

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

²Institute of Forest Science RAS, 21, Sovetskaya st., village Uspenskoe, Odintsovo district, 143030, Moscow reg., Russia

³Department of Nature Management and Environmental Protection of the City of Moscow, 11, Novy Arbat st., 119019, Moscow, Russia

dendro15@list.ru

The data of dendrochronological studies characterizing the relative intensity of carbon sequestration in the wood of Scots pine plantation after clean cutting in young stands and in the case of the absence of such cuttings at the stand are presented. The thinning effect on the amount of radial growth is recognized as statistically unreliable. It is shown that after the growth rate stabilization in diameter, annual fluctuations in radial growth have a prominent climatic dependence. A regression equation has been obtained linking the growth indices with the average monthly temperatures of January of the current and previous year, October of the previous year and the amount of precipitation in July of the current year. It is shown that this equation does not properly describe the dynamics of radial growth at all stages of plant development. The conclusion is made about the unsteadiness of the climatic signal in the studied tree-ring chronology, which is associated with a change in environmental conditions associated with a change in the type of forest during the growth and development of the plantation.

Keywords: Scots pine, dendrochronology, dendroclimatology, carbon deposition, carbon landfill

Suggested citation: Rumyantsev D.E., Chumachenko S.I., Lipatkin V.A., Kiseleva V.V., Shipinskaya U.S., Lezhnev D.V., Parfenova A.E. *Otsenka vliyaniya klimaticheskogo rezhima na odnositel'nyuyu intensivnost' deponirovaniya ugleroda v drevostoyakh sosny obyknovnoy v usloviyakh karbonovogo poligona Fryanovskogo lesnichestva (Moskovskaya oblast')* [Assessment of climatic regime influence on relative intensity of carbon sequestration in Scots pine stands in Fryanovo forestry (Moscow region) carbon polygon]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 4, pp. 43–52. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-43-52

References

- [1] Knorre A.A. *Integratsionnyye podkhody i metody dendrokronologii v izuchenii dinamicheskikh protsessov nazemnykh ekosistem raznogo tipa* [Integration approaches and methods of dendrochronology in the study of dynamic processes of terrestrial ecosystems of various types]. Dis. Dr. Sci. (Biol). Krasnoyarsk: SFU, 2023, 301 p.
- [2] Tarankov V.I. *Monitoring lesnykh ekosistem* [Monitoring of forest ecosystems]. Voronezh: VGLTA, 2006, 299 p.
- [3] Tarankov V.I., Mel'nikov E.E., Akulov V.V., Matveev S.M. *Dendrokronologicheskie aspekty produktivnosti osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Tsentral'noy lesostepi* [Dendrochronological aspects of the productivity of the main forest-forming species of the Central forest-steppe]. Lesnoy zhurnal [Forest Journal], 2008, v. 36, pp. 11–17.
- [4] Bitvinskas T.T. *Dinamika prirosta sosnovykh nasazhdeniy Litovskoy SSSR i vozmozhnosti ego prognoza* [Dynamics of growth of pine plantations in the Lithuanian USSR and the possibility of its forecast: abstract of thesis]. Dis. Cand. Sci. (Agric.). Moscow: TSKhA, 1966, 15 p.
- [5] Rumyantsev D.E. *Diagnostika osobennostey rosta sosny i eli v Yuzhnoy Karelii s ispol'zovaniem metodov dendrokronologii* [Diagnostics of the growth characteristics of pine and spruce in South Karelia using dendrochronology methods]. Dis. Cand. Sci. (Biol.). Moscow: MGUL, 2004, 115 p.
- [6] Epishkov A.A., Lipatkin V.A., Frolova V.A., Sidorenkov V.M., Vorobyeva N.S., Rumyantsev D.E. Radial growth dynamics in Scots pine forests of the Yaloturovsky forest district of Tyumen region. *Ecology, Environment and Conservation*, 2022, v. 28 (3), pp. 1252–1251.
- [7] Kirchheer A.J. *Dendroclimatology on Scots pine (Pinus sylvestris L.) in northern Norway*. Dis. Dr. Sci. Norway, University of Tromso, Faculty of Science, Department of Biology, 1999, 121 p.
- [8] Vitas A. *Dendroclimatological research of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the Baltic coastal zone of Lithuania*. *Baltic Forestry*, 2004, v. 10, no. 1, pp. 65–71.
- [9] Wilczynski S., Scrzyewski J. *Dendrochronology of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the mountains of Poland*. *J. of Forest Science*, 2003, v. 49 (3), pp. 95–105.
- [10] Vaganov E.A., Kachaev A.V. *Dendroklimaticheskiy analiz rosta sosny v lesobolotnykh fitosenozakh Tomskoy oblasti* [Dendroclimatic analysis of pine growth in forest-swamp phytocenoses of the Tomsk region]. *Lesovedenie*, 1992, no. 6, pp. 3–10.
- [11] Beketov A.N. *O vliyani klimata na vozrastanie sosny i eli* [On the influence of climate on the growth of pine and spruce]. *Trudy pervogo s'ezda russkikh estestvoispytateley* [Proceedings of the First Congress of Russian Naturalists]. St. Petersburg: Printing house of the Imperial Academy of Sciences, 1868, pp. 111–163
- [12] Kudinov A.A. *Rezultaty analiza osobennostey rosta sosny na poberezh'yakh Rybinskogo vodokhranilishcha* [Results of the analysis of the growth characteristics of pine on the coasts of the Rybinsk Reservoir]. Dis. Cand. Sci. (Agric.). Moscow: MLTI, 1969, 26 p.
- [13] Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh nasazhdeniy Tsentral'noy lesostepi* [Dendroindication of the dynamics of the state of pine plantations in the Central forest-steppe]. Voronezh: VSU, 2003, 269 p.
- [14] Melekhnova T.A. *Formirovaniye godichnogo sloya sosny v svyazi s lesorastitel'nymi usloviyami* [Formation of the annual layer of pine in connection with forest conditions]. *Tr. ALTI*, 1954, t. 54, pp. 123–138.
- [15] Tol'skiy A.P. *K voprosu o vliyani temperatury i osadkov na prirost sosny v tolshchinu* [On the question of the influence of temperature and precipitation on the growth of pine trees in thickness]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 1904, no. 5, pp. 858–868.
- [16] Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Barzut M.V. *Biologicheskie i ekologicheskie osobennosti rosta sosny v severnoy podzone evropeyskoy taygi* [Biological and environmental features of pine growth in the northern subzone of the European taiga]. Arkhangelsk: ASTU, 1997, 140 p.
- [17] Shchekalev R.V., Tarkhanov S.N. *Radial'nyy prirost i kachestvo drevesiny sosny obyknovnoy v usloviyakh atmosfernogo zagryazneniya* [Radial growth and quality of Scots pine wood under conditions of atmospheric pollution]. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006, 127 p.
- [18] Dursky J., Pavlickova A. *Dendroklimaticky model borovice lesnej na zahorskej nizine*. *Acta facultatis forestalis*. XL. Zvolen: Vedala Technicka univerzita, 1998, pp. 85–97.
- [19] Feliksik E., Wilczynski S. The influence of temperature and rainfall on the increment width of native and foreign tree species from the Istebna Forest District. *Folia forestalia Polonica. Series A.*, 2001, no. 43, pp. 103–114.
- [20] Lindholm M., Lehtonen H., Kolstrom T., Merilainen J., Eronen M., Timonen M. Climatic signals extracted from ring-width chronologies of Scots pine from the northern, middle and southern parts of the boreal forest belt in Finland. *Silva Fennica*, 2000, v. 34, no. 4, pp. 317–330.
- [21] Linderholm H.W. Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring width. *Silva Fennica*, 2001, v. 35, no. 4, pp. 415–424.
- [22] Wilczynski S., Krapiec M., Szychowska-Krapiec E., Zielski A. *Regiony dendroklimatyczne sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) w Polsce*. *Sylvan*, 2001, no. 8, pp. 53–61.
- [23] Rumyantsev D.E. *Potentsial ispol'zovaniya dendrokronologicheskoy informatsii v lesnoy nauke i praktike* [Potential for using dendrochronological information in forestry science and practice]. Dis. Dr. Sci. (Biol.). Moscow: VGLTA, 2011, 354 p.
- [24] Lipatkin V.A., Mazitov S.Yu. *Perekrestnaya datirovka dendrokronologicheskikh ryadov s pomoshch'yu PEVM* [Cross-dating of dendrochronological series using a PC]. *Nauchnye trudy MGUL. Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodopol'zovanie* [Scientific works of the Moscow State University of Linguistics. Ecology, monitoring and rational use of natural resources]. Moscow: MGUL, 1997, iss. 288(1), pp. 103–110.
- [25] Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow: Higher School, 1973, 343 p.
- [26] Solomina O.N. *Zasukhi Vostochno-Evropeyskoy ravniny po gidrometeorologicheskim i dendrokronologicheskim dannym* [Droughts of the East European Plain according to hydrometeorological and dendrochronological data]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2017, 360 p.
- [27] Fritts H.C. *Tree rings and climate*. London–New York–San Francisco: Academic press, 1976, 576 p.

- [28] Zagreev V.V. *Geograficheskie zakonomernosti rosta i produktivnosti drevostoev* [Geographical patterns of growth and productivity of forest stands]. Moscow: Lesnaya prom-st, 1978, 240 p.
- [29] Lipatkin V.A. *Dinamika usloviy mestoproizrastaniya i ee vliyanie na sostoyanie lesnykh nasazhdeniy i otdel'nykh derev'ev* [Dynamics of habitat conditions and its influence on the state of forest plantations and individual trees]. Nauchnye trudy MGUL. Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodopol'zovanie [Scientific works of MSUL. Ecology, monitoring and rational use of natural resources]. Moscow: MGUL, 1997, iss. 288(1), pp. 79–94.
- [30] Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth. A study the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie institution, 1919, 127 p.
- [31] Jozsa L.A. Contributions of tree-ring dating and wood structure analysis to the forensic sciences. Canadian Society Forensic Science J., 1985, v. 18, no. 4, pp. 200–210.
- [32] Schweingruber F.H. Tree-rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Researches. Bern, Stuttgart, Vienna: Haupt, 1996, 609 p.

Authors' information

Rumyantsev Denis Evgen'evich  — Dr. Sci. (Biology), Professor of the Department of Forestry, Ecology and Forest Protection, BMSTU (Mytishchi branch), dendro15@list.ru

Chumachenko Sergey Ivanovich — Dr. Sci. (Biology), Head of the Department of Forest Management, Forest Management and Geoinformation Systems, BMSTU (Mytishchi branch), chumachenko.s.i@gmail.com

Lipatkin Vladimir Aleksandrovich — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Forestry, Ecology and Forest Protection, BMSTU (Mytishchi branch), lipatkin@mgul.ac.ru

Kiseleva Vera Vladimirovna — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Department of Forest management, Engineering and GIS, BMSTU (Mytishchi branch), vvkisel@mail.ru

Shipinskaya Ul'iana Sergeevna — pg. of the Department Landscape Architecture, BMSTU (Mytishchi branch), ylanashipinska@mail.ru

Lezhnev Daniil Viktorovich — Junior researcher, Laboratory of Forestry and Biological Productivity, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, lezhnev.daniil@yandex.ru

Parfenova Anastasiya Evgen'evna — Employee of the Department of Nature Management and Environmental Protection of the City of Moscow, parfyonova.la@yandex.ru

Received 28.06.2023.

Approved after review 22.02.2024.

Accepted for publication 26.04.2024.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

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

The authors declare that there is no conflict of interest