

Научная статья

УДК 634.0.3

DOI: 10.37482/0536-1036-2026-1-121-133

## Особенности годичного прироста побегов *Pinus sylvestris* L. в условиях урбанизированной среды

**Е.В. Желтикова**<sup>✉</sup>, аспирант; ResearcherID: [MFI-7640-2025](https://orcid.org/0009-0009-7743-4038),

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7743-4038>

**А.И. Григорьев**, д-р биол. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2373-7123>

Омский государственный педагогический университет, набережная им. Тухачевского, д. 14, г. Омск, Россия, 644099; 89618841366@yandex.ru<sup>✉</sup>, aigrigoryew@mail.ru

---

Поступила в редакцию 18.12.24 / Одобрена после рецензирования 01.03.25 / Принята к печати 03.03.25

---

**Аннотация.** Цель работы – изучение особенностей годичного прироста побегов деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зависимости от гидротермического режима воздушной среды в условиях г. Омска. Предметом исследования является анализ роста побегов в течение вегетационного периода. Рассмотрен характер гидротермического режима посредством построения климадиаграмм по Госсену–Вальтеру для мая на основе данных агрометеорологических бюллетеней Омского гидрометцентра с 1960 г. по настоящее время. Изучены особенности динамики годичного прироста побегов у деревьев сосны обыкновенной на 3 различных участках в г. Омске. Представлена характеристика рассматриваемых участков культур сосны, описаны закономерности годичного прироста побегов модельных деревьев. Выполнен анализ синхронности годичных приростов модельных деревьев по С.Г. Шиятову. В результате корреляционного анализа по методу скользящей средней была выявлена умеренная связь между годичным приростом и температурой воздушной среды за май–июнь на всех участках, умеренная связь с суммой осадков за май и май–июнь получена только для одного участка. Согласно климадиаграммам, за последние 3 десятилетия в мае увеличилась частота влажных периодов, в то же время их продолжительность уменьшилась. Кроме того, установлены очень низкие коэффициенты корреляции годичного прироста сосны с температурами и осадками за исследуемые месяцы вегетационного периода, что подтверждает отсутствие прямолинейных связей между ними. Материалы исследования могут быть полезны при организации работ по уходу за насаждениями сосны обыкновенной и разработке теоретических основ производства культур сосны в городских условиях.

**Ключевые слова:** годичный прирост побегов, сосна обыкновенная, гидротермический режим, климадиаграмма, коэффициент синхронности по С.Г. Шиятову, метод скользящей средней, коэффициент корреляции, Омск

**Для цитирования:** Желтикова Е.В., Григорьев А.И. Особенности годичного прироста побегов *Pinus sylvestris* L. в условиях урбанизированной среды // Изв. вузов. Лесн. журн. 2026. № 1. С. 121–133. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-1-121-133>

---

Original article

## Features of Annual *Pinus sylvsetris* L. Shoot Increment in an Urbanized Environment

*Ekaterina V. Zheltikova*<sup>✉</sup>, Postgraduate Student; ResearcherID: [MFI-7640-2025](https://orcid.org/0009-0009-7743-4038),  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7743-4038>

*Arkadij I. Grigor'ev*, Doctor of Biology, Prof.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2373-7123>  
Omsk State Pedagogical University, Naberezhnaya im. Tukhachevskogo, 14, Omsk, 644099,  
Russian Federation; 89618841366@yandex.ru<sup>✉</sup>, aigrigoryew@mail.ru

---

Received on December 18, 2024 / Approved after reviewing on March 1, 2025 / Accepted on March 3, 2025

---

**Abstract.** The aim of the research has been to study the features of the annual increment of shoots of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees depending on the hydrothermal regime of the air environment in the conditions of the city of Omsk. The subject of the study has been the analysis of shoot growth during the growing season. The nature of the hydrothermal regime is considered by constructing climatic diagrams according to Gossen–Walter based on data from the agrometeorological bulletins of the Omsk hydrometeorological centre from 1960 to the present day for May. The features of the dynamics of annual shoot increment in Scots pine trees have been studied at 3 different sites in the city of Omsk. The characteristics of the considered areas of pine crops have been presented, and the patterns of annual increment of shoots of model trees have been described. An analysis of the synchronicity of annual increment of model trees according to S.G. Shiyatov has been carried out. As a result of the correlation analysis using the moving average method, a moderate relationship has been found between the annual increment and the air temperature for May–June in all areas; a moderate relationship with the amount of precipitation for May and May–June has been obtained only for one area. According to climatic diagrams, over the past 30 years, the frequency of wet periods in May has increased, while their duration has decreased. In addition, very low correlation coefficients have been established between the annual increment of pine trees and temperatures and precipitation over the studied months of the growing season, which confirms the absence of linear relationship between them. The research materials can be useful in organizing work on the care of Scots pine plantations and developing theoretical foundations for the production of pine crops in urban conditions.

**Keywords:** annual shoot increment, Scots pine, hydrothermal regime, climatic diagram, synchronicity coefficient according to S.G. Shiyatov, moving average method, correlation coefficient, Omsk

**For citation:** Zheltikova E.V., Grigor'ev A.I. Features of Annual *Pinus sylvsetris* L. Shoot Increment in an Urbanized Environment. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2026, no. 1, pp. 121–133. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-1-121-133>

### Введение

К настоящему времени накоплен достаточный объем информации о продолжительности и интенсивности роста хвойных деревьев в регионах России [2, 4, 5, 16, 18, 22]. Выявлены [9, 12–15, 19–22] различия по уровням межгодовой изменчивости тепло- и влагообеспеченности местообитаний хвойных видов, групп популяций и отдельных популяций, что необходимо учитывать при прогнозировании реакции видов на изменения климата.

В ходе исследования [9] установили, что в условиях Европейского Севера с продвижением к северу увеличивается влияние на годичный прирост сосновых культур в высоту температуры вегетационного периода предыдущего года. Так, в северной подзоне тайги Архангельской области на годичный прирост сосны в высоту превалирующее воздействие по сравнению с остальными факторами оказывают осадки за май–июль и средняя температура воздуха за июнь–июль предыдущего года. При этом теснота связи – от значительной до высокой.

Обширные исследования воздействия гидротермического режима воздушной среды на рост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) были проведены А.П. Тольским в условиях Бузулукского бора [10]. Выявлена связь до сильной ( $r = 0,70; 0,09$ ) прироста сосны с суточными минимумами температур в мае. Годичный побег сосны П.Б. Раскатов рассматривал как индикатор неблагоприятных условий, в т. ч. засух [8].

Для территории юга Западной Сибири данные исследования проведены в незначительном количестве, однако они представляют большой интерес при изучении интродуцированных видов древесных растений.

Анализ динамики развития побегов ивы трехтычинковой при разном атмосферном увлажнении позволил установить, что 2-й и 3-й многодневные циклы характеризуются наибольшим суточным приростом побегов в 1-й половине лета [1]. При этом рекомендуется при изучении роста и развития побегов у клонов ивы трехтычинковой учитывать неравномерность распределения осадков в 1-й половине вегетационного периода. Наряду с этим по результатам мониторинга радиального роста сосны обыкновенной наблюдали [6] повышенную чувствительность вида к температуре и осадкам в середине июня. Согласно [7], чем выше минимальные температуры воздуха в мае, тем больше прирост побегов сосны.

Целью данного исследования является выявление закономерностей годичного прироста побегов сосны обыкновенной в зависимости от режима осадков и температуры воздушной среды в условиях г. Омска.

#### *Объекты и методы исследования*

Для изучения динамики годичного роста побегов модельных деревьев и выявления закономерностей их развития в условиях городской среды были выбраны 3 участка, основные характеристики которых следующие:

Участок 1 – территория дендропарка Омского государственного аграрного университета, расположена у основания склона 2-й надпойменной террасы на правом берегу р. Иртыша. Здесь произрастает 2 модельных дерева, посаженных в 1994 г., густота посадки – одиночные, технология посадки – ручным способом под мечом Колесова. Деревья характеризуются I, II классом (по Крафту), их возраст – 39 лет, средняя высота – 11,6 м, диаметр на высоте 1,3 м – от 14,11 до 14,84 см, положение в пологе – ступенчатое (по Г.Р. Эйтингену), средний диаметр крон – 4 м, здоровые по санитарному состоянию (без повреждений). Деревья расположены на опушечной части с западной стороны в затененном месте среди других высоких деревьев.

Участок 2 расположен около гостиницы «Иртыш», на 1-й надпойменной террасе р. Иртыша, на правом берегу. Выбрано 10 модельных деревьев сосны

обыкновенной, которые были посажены в 1971 г. ручным способом под меч Колесова 2-летними саженцами по схеме 2×2 м, густота посадки – 2500 шт./га. Класс роста и развития обследованных деревьев – I, II, возраст – до 62 лет, средняя высота 16,4 м, диаметр на высоте 1,3 м – от 11,53 до 25,10 см, средний диаметр крон – 5 м, положение в пологе – ступенчатое, санитарное состояние – здоровые. Деревья расположены куртинно на площади 100×200 м, без затенения в течение всего солнечного периода.

Участок 3 находится в районе ул. 22 Декабря на расстоянии около 300 м от аэропорта им. Д.М. Карбышева, на уступе 3-й надпойменной террасы. Выбрано 10 модельных деревьев. Год посадки – 1984 г., размещение – 2-рядное (между рядами – 3 м, в ряду – 2 м), густота посадки – 1667 шт./га, технология посадки – ручным способом под меч Колесова 2-летними саженцами. Деревья имеют I, II классы роста по Крафту, возраст – до 50 лет, среднюю высоту – 12,9 м, диаметр на высоте 1,3 м – от 16,24 до 27,52 см, средний диаметр крон – от 5 до 7 м, положение в пологе – ступенчатое, санитарное состояние – здоровые. Деревья расположены единично с севера на юг в 2 ряда вдоль автодороги, без затенения на протяжении всего солнечного периода. У изученных деревьев наблюдается очищение от сучьев на высоту ствола от 1,5 до 2 м. Ветви для замеров находились на высоте 1,8–2,2 м и сформировались в пределах 7–9 лет после посадки саженцев.

Для анализа гидротермического режима воздушной среды в период роста побегов сосны в отдельные годы с 1960 по 2024 гг. на основе данных агрометеорологических бюллетеней Омского гидрометцентра построены климадиаграммы по Госсену–Вальтеру с учетом дополнений Г.Б. Гортинского [2, 3].

Сроки начала и окончания периода роста побегов у деревьев являются важными показателями годичного прироста, т. е. реакции особи на гидротермические условия, поскольку напрямую связаны с переходом температуры воздуха и почвы через пороговые количества тепла, получаемого растением за период, предшествующий наступлению фенофазы [2].

В качестве срока начала вегетации – видимого роста побегов – была принята середина апреля, т. к. именно в этот период произошел переход среднесуточной температуры через +5 °С в сторону повышения; за окончание приняты середина июня, когда завершается прирост побегов у сосны. Таким образом, климадиаграммы были построены для апреля, мая и июня, а также для суммарных значений апрель+май, апрель+май+июнь и май+июнь 1960–2024 гг. Используются гидротермические данные по рассматриваемому месяцу за соответствующий год. На рис. 1 представлена климадиаграмма за май как месяц, характеризующийся наибольшим приростом сосны [2]. Изучение климадиаграмм показало высокую степень соответствия гидротермического режима воздушной среды г. Омска потребностям древесных растений. Это означает, что территория города является перспективной для интродукции хвойных видов.

Климадиаграмма мая за рассматриваемые 63 года включает в себя как отдельные засушливые промежутки в 1–4 года с преобладанием жаркой сухой погоды, так и периоды избыточного увлажнения при положительных температурах. Засушливыми и наиболее жаркими оказались 1961–1965, 1967, 1972, 1978, 1980–1981, 1991–1993, 1997–1999, 2001, 2003–2006, 2016, 2020–2023 гг. – всего около 39,68 % рассматриваемого временного отрезка. Средние температуры мая за изучаемые годы находятся в пределах от +7 до +15 °С.

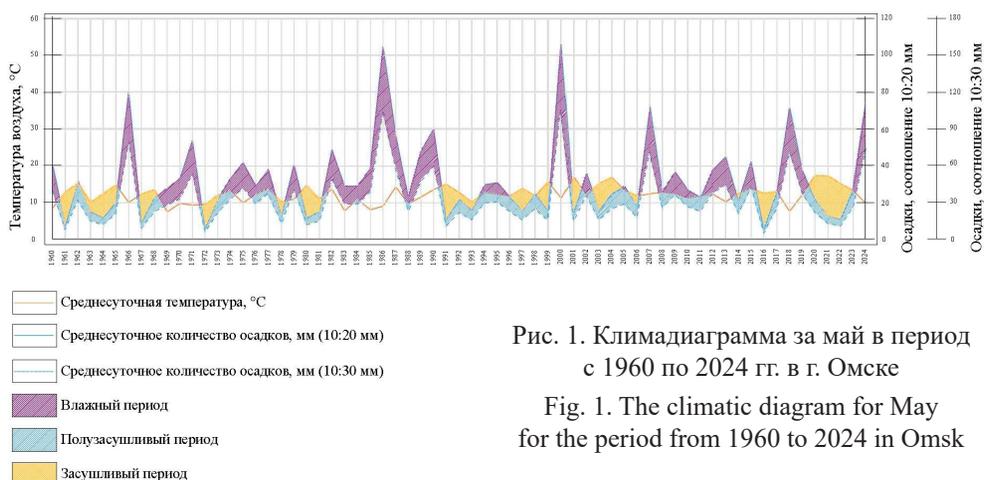


Рис. 1. Климадиаграмма за май в период с 1960 по 2024 гг. в г. Омске

Fig. 1. The climatic diagram for May for the period from 1960 to 2024 in Omsk

На всех участках у модельных деревьев сосны установление годично-го прироста производилось в нижней части кроны на боковых побегах. Побеги были замерены с использованием металлической линейки с точностью до 0,1 см. Далее с помощью метода сравнений рассчитывали коэффициенты синхронности по С.Г. Шиятову для оценки сходства годовичных приростов сосны обыкновенной на выбранных участках и выявления отличий зависимости прироста от осадков и температур в разных условиях произрастания деревьев [11].

Для анализа динамики годичного прироста побегов сосны обыкновенной вычислены индексы с периодом осреднения 5 лет. Для выявления связей годичного прироста побегов сосны с гидротермическим режимом воздушной среды использованы статистические методы и корреляционный анализ. При вычислении корреляционного отношения для оценки связи между признаками применена шкала Чеддока.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для расчетов коэффициента синхронности построены графики годовичных приростов побегов исследуемых деревьев (рис. 2).

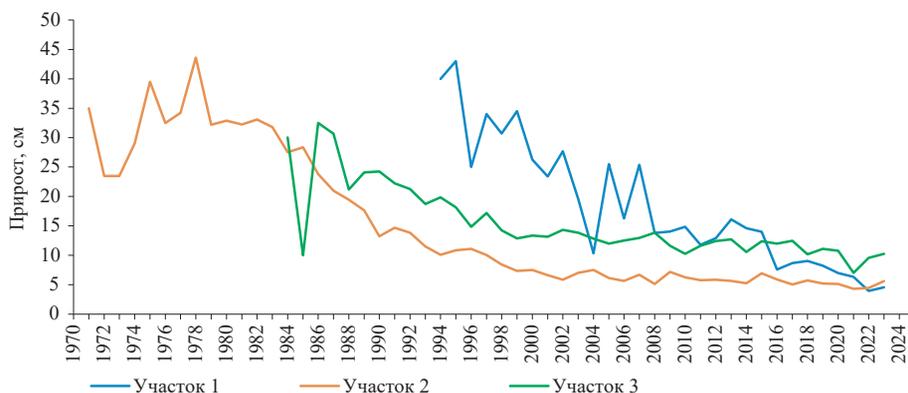


Рис. 2. Динамика годовичного прироста модельных деревьев сосны на различных участках в условиях г. Омска

Fig. 2. The dynamics of annual increment of model pine trees in various sites in the city of Omsk

Для участков 1–3 получены следующие коэффициенты синхронности приростов (%):

Участки 1 и 2.....	26,32
Участки 1 и 3.....	32,14
Участки 2 и 3.....	32,14

Уровень синхронности годовых приростов модельных деревьев на площадках составляет менее 45 %, т. е. синхронность в динамике годового прироста побегов отсутствует. Это связано с различным геоморфологическим положением участков исследования и, соответственно, с особенностями в гидрологическом режиме почвенно-грунтовых условий.

В табл. 1 представлен расчет коэффициента синхронности годового прироста побегов с количеством осадков и температурами.

Таблица 1

**Коэффициенты синхронности годового прироста побегов модельных деревьев с количеством осадков и температурами**  
**The synchronicity coefficients of the annual shoot increment of model trees with precipitation and temperatures**

Месяц	Участок	Параметр сравнения	Коэффициент синхронности
Апрель	1	Осадки	14,29
		Температура	<b>57,14</b>
	2	Осадки	25,49
		Температура	37,25
	3	Осадки	28,95
		Температура	28,95
Май	1	Осадки	<b>67,86</b>
		Температура	25,00
	2	Осадки	23,53
		Температура	29,41
	3	Осадки	52,63
		Температура	47,37
Апрель+май	1	Осадки	46,43
		Температура	<b>57,14</b>
	2	Осадки	39,12
		Температура	35,29
	3	Осадки	42,11
		Температура	31,58
Июнь	1	Осадки	50,00
		Температура	28,57
	2	Осадки	9,80
		Температура	31,37
	3	Осадки	52,63
		Температура	23,68
Апрель+май+июнь	1	Осадки	42,86
		Температура	28,57
	2	Осадки	29,41
		Температура	13,73

Окончание табл. 1

Месяц	Участок	Параметр сравнения	Коэффициент синхронности
Апрель+май+ +июнь	3	Осадки	52,63
		Температура	23,68
Май+июнь	1	Осадки	32,14
		Температура	14,29
	2	Осадки	39,22
		Температура	35,19
	3	Осадки	50,00
		Температура	26,32

Примечание: Полужирным шрифтом выделены коэффициенты, показывающие низкий уровень синхронности.

Выявлено отсутствие синхронности годового прироста побегов модельных деревьев с одной стороны и осадков и температур с другой в апреле – в этот период только начинается фенофаза, влияния на которую приоритетно оказывают температуры [2, 13, 16–18]. Исключением стал участок 1, для которого показана низкая синхронность в отношении температуры, что объясняется произрастанием модельных деревьев в условиях окружения другими высокоствольными деревьями лиственных и хвойных пород, что создает свой, более стабильный, микроклимат, менее реагирующий на кратковременное изменение температуры окружающей среды.

Для мая также зафиксировано отсутствие синхронности годового прироста с осадками и температурами. Исключением вновь является участок 1 с низкой синхронностью в отношении осадков, поскольку в мае фенофаза в регионе уже начинается, влияние осадков становится приоритетным, что можно объяснить произрастанием модельных деревьев в условиях окружения другими высокоствольными деревьями.

Деревья на участке 1 за период апрель+май показали низкую синхронность в отношении температуры. Остальные участки также характеризуются отсутствием синхронности как отклика не только на температуру, но и на осадки.

В июне, а также в периоды апрель+май+июнь и май+июнь на всех участках отсутствует синхронность годового прироста побегов модельных деревьев с уровнем осадков и температурами.

Также необходимо отметить, что на участке 2 складываются относительно более благоприятные гидротермические условия для роста и развития сосны: на 1-й надпойменной террасе формируется благоприятный баланс влаги в почве за счет поверхностного стока и подпора уровня зеркала грунтовых вод.

Поскольку закономерности в развитии модельных деревьев на различных площадках при помощи коэффициентов синхронности не выявлены, далее использован способ скользящей средней как основной и наиболее простой способ технического анализа, позволяющий нивелировать различия возраста исследуемых деревьев и неучтенных факторов (рис. 3).

По данным рис. 3 можно отметить среднюю периодичность минимальных и максимальных индексов годового прироста по каждому участку (табл. 2).

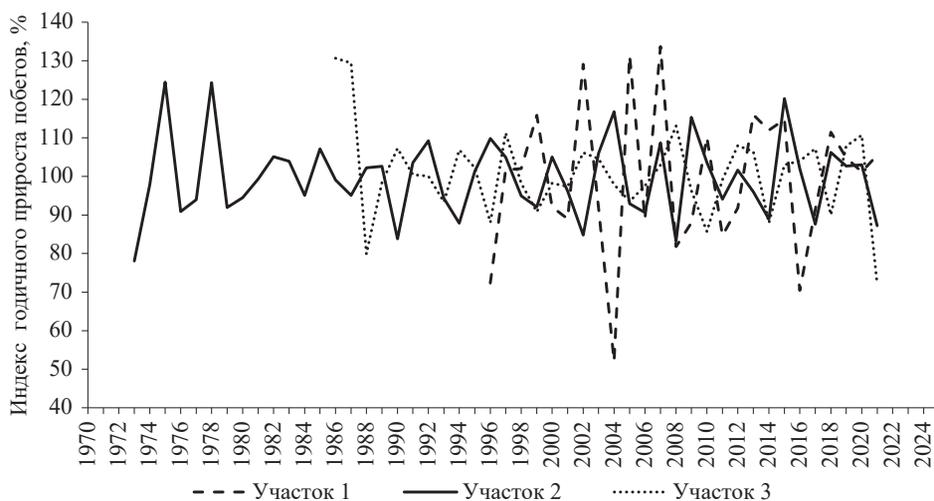


Рис. 3. Динамика индексов годичного прироста побегов деревьев сосны на территории г. Омска

Fig. 3. The dynamics of annual increment of Scots pine shoots in the city of Omsk

Таблица 2

**Динамика периодичности индексов минимального  
и максимального годичных приростов побегов  
The dynamics of the periodicity of indices of the minimum  
and maximum annual shoot growth**

Участок	Год(ы)	Максимум прироста, см	Год(ы)	Минимум прироста, см
1	1999	2	1996	8
	2001		2004	
	2001	3	2004	12
	2004		2016	
	2004, 2006, 2008, 2009, 2011	2	–	
	2013	5	–	–
2018	–		–	
<i>Среднее</i>	2,7		10,0	
2	1975	3	1976	3
	1978		1979	
	1978	26	1979	11
	2004		1990	
	2004	5	1990	12
	2009		2002	
	2009	6	2002	6
2015	2008			
<i>Среднее</i>	6,7		6,8	
3	1990	7	1988	8
	1997		1996	
	1997	11	1996	14
	2008		2010	

Окончание табл. 2

Участок	Год(ы)	Максимум прироста, см	Год(ы)	Минимум прироста, см
3	2008	4	2010	4
	2012		2014	
	2012	5	2014	4
	2017		2018	
	2017	3	2018	3
	2020		2021	
<i>Среднее</i>	6,0		6,6	

Более длинные циклы по годовичному приросту побегов модельных деревьев составляют по минимальным значениям 10 лет (участок 1) и по максимальным – 6,7 лет (участок 2). Наиболее критическими годами для всех участков по максимумам прироста являются – 1999, 2002, 2004, 2005, 2007, 2009 и 2015 гг., по минимумам – 1988, 1996, 2002, 2004, 2008, 2016 и 2021 гг.

На графике рис. 2 хорошо прослеживается существенная амплитуда колебаний годовичного прироста побегов модельных деревьев. Периоды максимума характеризуются наличием теплых влажных периодов как непосредственно в момент достижения максимума, так и в предшествовавшие ему годы. Минимумы связаны с годами с наименьшими атмосферными осадками в мае или низкими температурами в апреле.

Особенности гидротермического режима периодов максимумов и минимумов для каждого участка следующие. Участок 1 отличается наибольшим периодом минимумов и наименьшим периодом максимумов среди рассматриваемых участков, но частота максимумов наибольшая. Такая реакция растений, вероятно, вызвана их произрастанием среди деревьев, которые образуют свой уникальный биогеоценоз. Участки 2 и 3 не отличаются частотой периодов минимумов и максимумов, а средняя повторяемость периодов сходная.

Для более глубокого анализа годовичного прироста побегов исследуемых модельных деревьев в зависимости от сложившегося гидротермического режима в исследуемые периоды были вычислены коэффициент корреляции и корреляционное отношение (табл. 3).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции и корреляционное отношение годовичного прироста побегов сосны обыкновенной в зависимости от гидротермического режима воздушной среды в условиях г. Омска**  
**The correlation coefficients and correlation ratio of the annual growth of Scots pine shoots depending on the hydrothermal regime of the air environment in the conditions of Omsk**

Участок	Месяц	Температура		Осадки	
		коэффициент корреляции	корреляционное отношение	коэффициент корреляции	корреляционное отношение
1	Апрель	-0,06	0,06	-0,28	0,29
	Май	-0,09	0,09	0,12	0,12
	Апрель+май	-0,10	0,10	-0,02	0,02

Окончание табл. 3

Участок	Месяц	Температура		Осадки	
		коэффициент корреляции	корреляционное отношение	коэффициент корреляции	корреляционное отношение
1	Июнь	-0,33*	0,34*	0,10	0,10
	Апрель+июнь	-0,33*	0,35*	0,03	0,03
	Май+июнь	-0,32*	0,34*	0,15	0,15
	Июль со сдвигом на 1 год	-0,08	0,08	0,14	0,14
2	Апрель	-0,14	0,14	-0,22	0,22
	Май	-0,38*	0,42**	0,07	0,07
	Апрель+май	-0,31*	0,33*	-0,04	0,04
	Июнь	-0,14	0,14	0,01	0,01
	Апрель+июнь	-0,25	0,26	-0,03	0,03
	Май+июнь	-0,30*	0,32*	0,06	0,06
	Июль со сдвигом на 1 год	-0,16	0,16	-0,04	0,04
3	Апрель	-0,22	0,22	-0,14	0,15
	Май	-0,20	0,20	0,32*	0,34*
	Апрель-май	-0,28	0,29	0,24	0,25
	Июнь	-0,33*	0,35*	0,11	0,11
	Апрель+июнь	-0,39*	0,42**	0,25	0,26
	Май+июнь	-0,36*	0,38*	0,31*	0,33*
	Июль со сдвигом на 1 год	0,05	0,05	-0,01	0

Примечание: Коэффициенты значимы на уровне: \* -  $t_{\text{факт}} > t_{05}$ ; \*\* -  $t_{\text{факт}} > t_{01}$ .

Согласно данным табл. 3, наблюдается несогласованность прироста выбранных модельных деревьев на участках с количеством осадков и температурами. Такая особенность изученных деревьев определяется геоморфологическими характеристиками местности, обусловленными антропогенным влиянием в условиях городской среды, в итоге проявилось косвенное воздействие на прирост температур и осадков и понижена реакция деревьев в этих условиях.

На участке 1 выявлена низкая синхронность в апреле и апреле+мае с температурами (57,14 и 52,63 % соответственно), при этом в мае наблюдается низкая синхронность с осадками (67,86 %), что подтверждено данными табл. 3. Так, годичный прирост находится в умеренной зависимости (от 0,34 до 0,35) с температурой воздушной среды для периодов апрель+июнь и май+июнь, а также июня, но вместе с тем в эти же периоды наблюдается в средней степени отрицательная зависимость прироста от температуры (0,33, 0,33 и 0,32).

Деревья на участке 3 реагируют на внешние факторы сходно с участком 1, т. е. выявлена умеренная связь с температурой для июня, апреля+июня и мая+июня. Также обнаружена умеренная связь с суммой осадков за май (0,34) и май+июнь (0,33); при этом коэффициенты корреляции (0,32 и 0,31) показали положительный средний уровень связи, достоверность при 5%-м уровне значимости критерия Стьюдента.

На участке 2 связь прироста с осадками не выявлена. Наблюдается умеренная связь с температурой (от 0,32 до 0,42) для мая, апреля+мая и мая+июня, достоверно при 5%-м и 1%-м уровнях значимости, но вместе с тем в эти же периоды отмечена в средней степени отрицательная зависимость прироста от температурного фактора в мае, апреле+мае и мае+июне (0,38, 0,31 и 0,30 соответственно), достоверность при 5%-м уровне значимости.

На всех участках обнаружено очень слабое влияние гидротермического режима воздушной среды в период формирования почки (июль предыдущего года) на сезонный прирост побегов (осадки – от –0,01 до 0,14 и от 0 до 0,14; температура – от –0,08 до 0,05 и от 0,05 до 0,16), значения недостоверны.

### Заключение

Изученные культуры сосны обыкновенной на территории г. Омска испытывают воздействие различных сочетаний экологических факторов, что подтверждается низким уровнем синхронности в динамике годичного прироста побегов по участкам.

Анализ климадиаграмм позволил установить периодичность засушливых и влажных лет, наступления минимальных температур в мае. Особенностью климадиаграммы за май является то, что средняя продолжительность влажных периодов с 1960 г. составила 11,6 лет, засушливых – 5,5 лет, минимальных температур – 10,3 года. Также необходимо отметить, что частота влажных периодов за последние 3 десятилетия увеличивается, а продолжительность периода сокращается.

Очень низкие коэффициенты корреляции годичного прироста сосны с температурами и количеством осадков за весенне-летние месяцы (апрель–июнь) вегетационного периода являются подтверждением отсутствия прямолинейных связей между этими показателями.

Выявлена умеренная связь для мая–июня и всех участков между годичным приростом и температурой воздушной среды и только на одном участке для мая и мая–июня – с суммой осадков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Афонин А.А. Динамика развития побегов ивы трехтычинковой при разном атмосферном увлажнении // Лесоведение. 2023. № 1. С. 44–51.

Afonin A.A. Development Dynamics of the Almond Willow's Shoots on Different Levels Atmospheric Moisture. *Lesovedenie*, 2023, no. 1, pp. 44–51. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31857/S0024114823010023>

2. Бабарыкина И.В. Сезонный рост хвойных растений в условиях Дендропарка ОмГАУ (г. Омск) // Естественные науки и экология. Ежегодник. Вып. 10: межвуз. сб. науч. тр. Омск: ОмГПУ, 2006. С. 46–49.

Babarykina I.V. Seasonal Growth of Coniferous Plants in the Conditions of the Omsk State Agrarian University Arboretum (Omsk). *Natural Sciences and Ecology: Yearbook*. Iss. 10: Interuniversity Collection of Scientific Papers. Omsk, Omsk State Pedagogical University Publ., 2006, pp. 46–49. (In Russ.).

3. Гортинский Г.Б. Модификация климадиаграмм по Госсену-Вальтеру для решения оперативных экологических задач // Экология и защита леса. Лесные экосистемы и их защита. Л.: ЛТА, 1984. С. 142–146.

Gortinskij G.B. Modification of Gossen-Walter Climatic Diagrams for Solving Operational Environmental Problems. *Ekologiya i zashchita lesa. Lesnye ekosistemy i ikh zashchita*. Leningrad, Forest Technology Academy Publ., 1984, pp. 142–146. (In Russ.).

4. Григорьев А.И. Закономерности адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук. Омск, 2000. 392 с.

Grigor'ev A.I. *Patterns of Adaptation of Woody Plants in the Forest-Steppe of Western Siberia*: Doc. Biol. Sci. Diss. Omsk, 2000. 392 p. (In Russ.).

5. Григорьев А.И. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири: моногр. Омск: ОмГПУ, 2008. 196 с.

Grigor'ev A.I. *Ecological and Physiological Foundations of Adaptation of Woody Plants in the Forest-Steppe of Western Siberia*: Monograph. Omsk, Omsk State Pedagogical University Publ., 2008. 196 p. (In Russ.).

6. Кладько Ю.В., Бенькова А.В., Скрипальщикова Л.Н. Влияние климатических факторов на радиальный рост сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения г. Красноярска // Сиб. лесн. журн. 2023. № 5. С. 91–99.

Klad'ko Yu.V., Ben'kova A.V., Skripal'shchikova L.N. Influence of Climatic Factors on Radial Growth of Scots Pine under the Conditions of Technogenic Pollution in the City of Krasnoyarsk. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*, 2023, no. 5, pp. 91–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/SJFS20230512>

7. Лисеев А.С. Влияние климатических факторов на прирост сосны в Бузулукском бору // Исследования по лесной таксации и лесоустройству. М., 1968. С. 200–208.

Liseev A.S. The Influence of Climatic Factors on Pine Growth in the Buzuluk Pine Forest. *Issledovaniya po lesnoj taksatsii i lesoustrojstvu*. Moscow, 1968, pp. 200–208. (In Russ.).

8. Раскатов П.Б. Прирост годичных побегов сосны как показатель засухи // Докл. АН СССР. 1948. Т. 60, № 7. С. 1257–1259.

Raskatov P.B. The Increment of Annual Pine Shoots as an Indicator of Drought. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1948, vol. 60, no. 7, pp. 1257–1259. (In Russ.).

9. Тихонова И.В., Корец М.А. Изменчивость метеорологических условий произрастания хвойных пород в Средней Сибири с 1960 г. // Лесоведение. 2021. № 2. С. 173–186.

Tikhonova I.V., Korets M.A. A Variability of Meteorological Conditions for the Growth of Coniferous Species in Central Siberia since 1960. *Lesovedenie*, 2021, no. 2, pp. 173–186. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S002411482102008X>

10. Тольский А.П. К вопросу о выявлении колебаний климата по анализам хода роста деревьев // Тр. по с.-х. метеорологии. Вып. XXIV. Л.: ЦУЕГМЕ, 1936. С. 117–123.

Tol'skij A.P. On the Issue of Identifying Climate Fluctuations by Analyzing the Growth of Trees. *Trudy po sel'skokhozyajstvennoj meteorologii*. Leningrad, Central Administration of the Unified Hydro-Meteorological Network, 1936, pp. 117–123. (In Russ.).

11. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 137 с.

Shiyatov S.G. *Dendrochronology of the Upper Forest Limit in the Urals*. Moscow, Nauka Publ., 1986. 137 p. (In Russ.).

12. Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger T., Rigling A., Breshears D.D., Hogg E.H.(T.), Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.-H., Allard G., Running S.W., Semerci A., Cobb N. A Global Overview of Drought and Heat-Induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risks for Forests. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 259, iss. 4, pp. 660–684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>

13. Berlin M.E., Persson T., Jansson G., Haapanen M., Ruotsalainen S., Barring L., Andersson G.B. Scots pine transfer effect models for growth and survival in Sweden and Finland. *Silva Fennica*, 2016, vol. 50, no. 3, art. no. 1562. <https://doi.org/10.14214/sf.1562>

14. Davin E.L., Noublet-Ducoudre de N. Climatic Impact of Global-Scale Deforestation: Radiative versus Nonradiative Processes. *Journal of Climate*, 2010, vol. 23, iss. 1, pp. 97–112. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI3102.1>

15. Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. Updated High-Resolution Grids of Monthly Climatic Observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 2014, vol. 34, iss. 3, pp. 623–642. <https://doi.org/10.1002/joc.3711>

16. He Y., Huang J., Shugart H.H., Guan X., Wang B., Yu K. Unexpected Evergreen Expansion in the Siberian Forest under Warming Hiatus. *Journal of Climate*, 2017, vol. 30, iss. 13, pp. 5021–5039. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0196.1>

17. Hellmann L., Agafonov L., Ljungqvist F.C., Churakova (Sidorova) O., Dürthorn E., Esper J., Hülsmann L., Kirilyanov A.V., Moiseev P., Myglan V.S. Diverse Growth Trends and Climate Responses across Eurasia’s Boreal Forest. *Environmental Research Letters*, 2016, vol. 11, art. no. 074021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/074021>

18. Kirilyanov A.V., Hagedorn F., Knorre A.A., Fedotova E.V., Vaganov E.A., Naurzbaev M.M., Moiseev P.A., Rigling A. 20th Century Tree-Line Advance and Vegetation Changes along an Altitudinal Transect in the Putorana Mountains, Northern Siberia. *Boreas*, 2012, vol. 41, iss. 1, pp. 56–67. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2011.00214.x>

19. Martínez-Vilalta J., Lopez B.C., Adell N., Badiella L., Ninyerola M. Twentieth Century Increase of Scots Pine Radial Growth in NE Spain Shows Strong Climate Interactions. *Global Change Biology*, 2008, vol. 14, iss. 12, pp. 2868–2881. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01685.x>

20. Mitchell T.D., Jones P.D. An Improved Method of Constructing a Database of Monthly Climate Observations and Associated High-Resolution Grids. *International Journal of Climatology*, 2005, vol. 25, iss. 6, pp. 693–712. <https://doi.org/10.1002/joc.1181>

21. Rehfeldt G.E., Tchepakova N.M., Parfenova Y.I., Kuzmina N.A., Milyutin L.I. Intraspecific Responses to Climate in *Pinus sylvestris*. *Global Change Biology*, 2002, vol. 8, iss. 9, pp. 912–929. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00516.x>

22. Tchepakova N.M., Parfenova E.I., Korets M.A., Conard S.G. Potential Change in Forest Types and Stand Heights in Central Siberia in a Warming Climate. *Environmental Research Letters*, 2016, vol. 11, no. 3, art. no. 035016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035016>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest