УДК 630*181

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РОСТА ДВУХ- И ПЯТИХВОЙНЫХ СОСЕН В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ОМСКА

Е. В. Желтикова, А. И. Григорьев

Омский государственный педагогический университет
644099, Омск, Набережная Тухачевского, 14

E-mail: 89618841366@yandex.ru, aigrigoryew@mail.ru

Поступила в редакцию 09.09.2025 г.
Принята к публикации 05.11.2025 г.

Интенсивность и продолжительность роста вегетативных органов растений определяет их биологическую продуктивность, которая зависит от различных экологических факторов и климатических особенностей региона произрастания. Выявление закономерностей сезонного прироста хвойных древесных растений необходимо для определения вида и сроков проведения мероприятий, направленных на повышение продуктивности древостоев, особенно в регионах интродукции. На территории юга Западной Сибири данные исследования малочисленны и представляют интерес для обобщения итогов интродукции. Для рассмотрения этого вопроса нами были выявлены закономерности сезонного роста сосен двух- и пятихвойных видов рода сосна (*Pinus* L.) в границах селитебной территории г. Омска. В период сезонного роста побегов модельных деревьев были рассмотрены климатические особенности города, построена климадиаграмма модификации Г. Вальтера по Баньолу – Госсену (апрель – июнь 2024 и 2025 гг.), выполненная на основе данных Гидрометцентра г. Омска. Особенности динамики сезонного роста побегов изучены у деревьев двухвойных сосен: с. горная (*Pinus mugo* Turra), с. обыкновенная (*P. sylvestris* L.) и с. Банкса (*P. banksiana* Lamb.), и пятихвойных: с. Веймутова (*P. strobus* L.) и с. сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour).

Ключевые слова: *сезонный рост побегов, гидротермический режим, воздушная среда, климадиаграмма Госсена – Вальтера, коэффициент синхронности, корреляционное отношение, коэффициент корреляции.*

DOI: 10.15372/SJFS20250607

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы проявился значительный интерес у исследователей к изучению ростовых процессов и роста отдельных органов древесных растений. Для понимания устойчивости и продуктивности растений важные значения имеют сроки и динамика роста корневых систем, стволовой части деревьев, а также роста побегов, хвои и генеративных органов шишек (Кищенко, 2004; Kishchenko, 2004; Григорьев, 2008; Jiao et al., 2021; Sharma, 2023; ; He et al., 2024 Mašek et al., 2024; Orešković et al., 2024).

Сезонный рост побегов древесных растений является интегральным показателем взаимодействия как внутренних, так и внешних факторов окружающей среды, а также продуктивности и устойчивости вида в данных условиях произрастания. В некоторых работах авторы отмечают, что на начало роста деревьев существенное влияние может оказывать температура, при этом в некоторых случаях данный фактор потенциально увеличивает их рост (Jiao et al., 2022). В период роста побегов у древесных растений особо проявляется чувствительность к дефициту воды (Jiao et al., 2021; Sharma, 2023; He et al., 2024; Orešković et al., 2024). При этом засуха для хвойных видов деревьев видоспецефично (Mašek et al., 2024). Условия произрастания существенно влияют на выживаемость интродуцированных видов древесных растений и определяют успешность их адаптации в новых условиях обитания, что позволяет сделать выбор технологии по выращиванию и уходу за интродуцированными и местными видами древесных растений (Донец, 2019). Значительный

© Желтикова Е. В., Григорьев А. И., 2025

интерес в этом плане представляют виды хвойных древесных растений, востребованных в лесном хозяйстве и зеленом строительстве.

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем информации по продолжительности и интенсивности роста разных видов хвойных деревьев в различных регионах страны (Рубаник, 1974; Григорьев, Букач, 1999; Григорьев, 2000, 2008; Бабарыкина, 2006; Бабарыкина, Григорьев, 2006; Григорьев, Скосырева, 2016; Jiao et al., 2021; Sharma, 2023; He et al., 2024; Orešković et al., 2024). Однако на территории юга Западной Сибири данные исследования малочисленны, при этом они представляют большой интерес в рамках интродукции.

Цель исследования – выявление закономерностей сезонного роста деревьев двух- и пятихвойных видов рода сосна (*Pinus* L.) в границах селитебной территории г. Омска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение сезонного роста побегов модельных деревьев проведено на трех участках г. Омска. У модельных деревьев рост побегов измерялся линейкой с точностью до 0.1 см в апреле-июне 2024 и 2025 гг. Для анализа динамики роста побегов у модельных деревьев и выявления закономерностей сезонного развития двух- и пятихвойных сосен были построены сопряженные графики зависимости роста побегов от суммы осадков и средней суточной температуры за периоды между измерениями, на основании которых были проведены расчеты коэффициента синхронности (*К*с) по методике С. Г. Шиятова (1986), корреляционного отношения (η_{xy}) и коэффициентов корреляции (R_{xy}) по Пирсону. Особенностью в анализе сезонного прироста было выделение периодов увеличения и снижения средних суточных приростов.

Для изучения динамики сезонного роста побегов модельных деревьев и выявления закономерностей развития двух- и пятихвойных сосен в условиях городской среды были выбраны три участка.

Первый участок – территория дендропарка Омского государственного аграрного университета (далее дендропарк ОмГАУ), исследованы сосна Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.) в возрасте 52 лет (1 шт.), с. Веймутова (*P. strobus* L.) в возрасте 35 лет (1 шт.) и с. сибирская (*P. sibirica* Du Tour) в возрасте 33–40 лет (10 шт.). Участок расположен у подножия склона второй надпойменной террасы на правом берегу р. Иртыш. На расстоянии около 30 м от участка расположены автодороги по ул. Красный Путь и ул. Институтская. Деревья растут достаточно равномерно на расстоянии 3 м, наблюдается небольшое затенение в течение дня ввиду их близкого друг к другу произрастания.

Второй участок – в сквере им. Ф. Э. Дзержинского, исследована сосна горная (*Pinus mugo* Turra) в возрасте 12 лет (7 шт.). Участок расположен на правом берегу Иртыша, на второй надпойменной террасе, в границах оживленной городской территории, ограничен транспортными магистралями высокой интенсивности движения. Сосны расположены на расстоянии 5–6 м, при этом наблюдается небольшое затенение в течение дня ввиду их произрастания под кронами деревьев.

Третий участок – в районе ул. 22 Декабря (далее «Мега»), исследована сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) в возрасте 30–37 лет (11 шт.). Расположен на расстоянии около 300 м от территории международного аэропорта «Омск Центральный им. Д. М. Карбышева», относится к склону третьей надпойменной террасы Иртыша. На расстоянии около 42 м от участка расположена автодорога по ул. 22 Декабря. Деревья расположены в однорядную аллею с расстоянием между ними 3.5–4 м вдоль автодороги, без затенения в течение дня.

В районе участков исследований почвенный покров представлен выщелоченными черноземами, развитыми на делювиальных карбонатных суглинках (Григорьев, 2008).

Замеры суточных приростов у сосны Веймутова и с. Банкса проводились на всех доступных побегах в числе 13 и 50 шт. соответственно, у сосны сибирской и с. обыкновенной – по 5 побегов с каждого модельного дерева, у сосны горной – по 7 побегов. Для измерений прироста побегов использовались ветви первого порядка в нижней части кроны по ее окружности.

Поскольку динамика роста древесных растений определяется в основном гидротермическим режимом воздушной среды, а фаза набухания почек начинается при повышении среднесуточной температуры до 5 °С, для анализа метеорологических условий (метеостанция Омск) нами была построена климадиаграмма по Госсену – Вальтеру с учетом дополнений Г. Б. Гортинского (1984; Гортинский и др., 1984). С помощью климадиаграмм оперативно может быть определена степень пригодности выбранной террито-

рии для произрастания интродуцируемого вида древесного растения.

О высокой эффективности использования климадиаграмм по Госсену – Вальтеру при анализе гидротермического режима отдельных вегетационных сезонов свидетельствуют также работы других авторов (Ваганов, Терсков, 1977; Гортинский, 1984; Гортинский и др., 1984; Кузьмин, 2008; Куликов и др., 2014; Kulikov et al., 2014; Салтыков и др., 2018).

Сроки начала и окончания роста побегов модельных деревьев – характерные показатели сезонного прироста растений, т. е. их реакции на гидротермические условия, поскольку сроки фенофаз напрямую связаны с переходом температуры воздуха и почвы через определенные пороговые значения, с количеством тепла, получаемым растением за период, предшествующий наступлению фенофазы (Патов, 1985; Григорьев, Букач, 1999; Бабарыкина, 2006; Григорьев, Скосырева, 2016; Донец, 2019).

Рассмотрены климатические особенности г. Омска в период роста модельных деревьев, построена климадиаграмма модификации Г. Вальтера по Баньолу – Госсену за период апрель – июнь 2024 и 2025 гг., выполненная на основе данных Гидрометцентра г. Омска по метеостанции Омск (Bagnouls, Gaussen, 1953; Walter, 1955; Погода …, 2025).

Проведено изучение особенностей динамики сезонного роста двухвойных сосен: с. горной, с. обыкновенной и с. Банкса и пятихвойных: с. Веймутова и с. сибирской.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За начало периода сезонного роста побегов выбранных модельных деревьев был принят апрель, так как именно в этот период происходит переход среднесуточной температуры через 5 °С в сторону повышения, а в качестве срока окончания – конец июня, когда завершается видимый рост побегов. Таким образом, были построены климатодиаграммы для апреля – июня 2024 и 2025 гг. (рис. 1).

Переход среднесуточной температуры воздуха в 2024 г. выше 5 °С с дальнейшим повышением наблюдался с 5 апреля, что на 12–19 дней раньше обычного (Бабарыкина, 2006), в связи с чем замеры вегетативных почек выбранных модельных деревьев были выполнены 10.04, а непосредственно замеры прироста побегов – с 18.04. До 21.04 в основном преобладала влажная прохладная погода с переходом среднего суточного минимума температуры ниже 0 °С 07.04, а переход с абсолютным минимумом температур произошел 16.04. До 20 чисел мая в основном преобладала полузасушливая и влажная теплая погода, далее влажный теплый период наблюдался с 22.05 по 30.05, в остальное время – полузасушливый теплый. Во второй половине II декады апреля в регионе установилась средняя температура выше 5 °С. Рост побегов у модельных деревьев проходил в основном в условиях полузасушливого и влажного периодов.

В 2025 г. переход среднесуточной температуры воздуха выше 5 °С наблюдался с 29 марта, что на 23–27 дней раньше обычного (Бабарыкина, 2006), в результате чего замеры вегетативных почек выбранных модельных деревьев выполнялись с 01.04, а непосредственно прирост побегов зафиксирован с 12.04. До 22.04 в основном преобладал полузасушливый период, переход среднего суточного минимума температуры ниже 0 °С наблюдался только 18 и 19.04, а в остальное время средние температуры были в основном выше 5 °С. С 22 по 24.04, а также с 15 по 19.05 наблюдался влажный теплый период. В остальное время до 20 чисел июня в основном преобладала полузасушливая теплая погода. Рост побегов у модельных деревьев проходил в 2025 г. в основном в условиях полузасушливого периода, но гораздо более теплого чем в 2024 г.

Сложившийся гидротермический режим в 2025 г. обеспечил начало более раннего роста побегов и прохождение фенологических фаз с опережением, чем в обычные годы по результатам замеров с 1980 г. (в пределах 2 нед) (Бабарыкина, Григорьев, 2006). Особый режим осадков и температур в 2025 г. оказался уникальным за все годы, опережение сроков прохождения основных фенологических фаз роста и развития исследованных видов хвойных древесных растений наблюдалось в пределах месяца (рис. 1). Нашими исследованиями установлено, что гидротермический режим в период роста побегов изученных видов хвойных древесных растений не имеет аналогов за весь период наблюдений с конца 1880-х годов (Желтикова, Григорьев, 2024)

В табл. 1 и 2 представлены основные характеристики сезонного роста побегов хвойных древесных растений за период исследований в 2024 и 2025 гг.

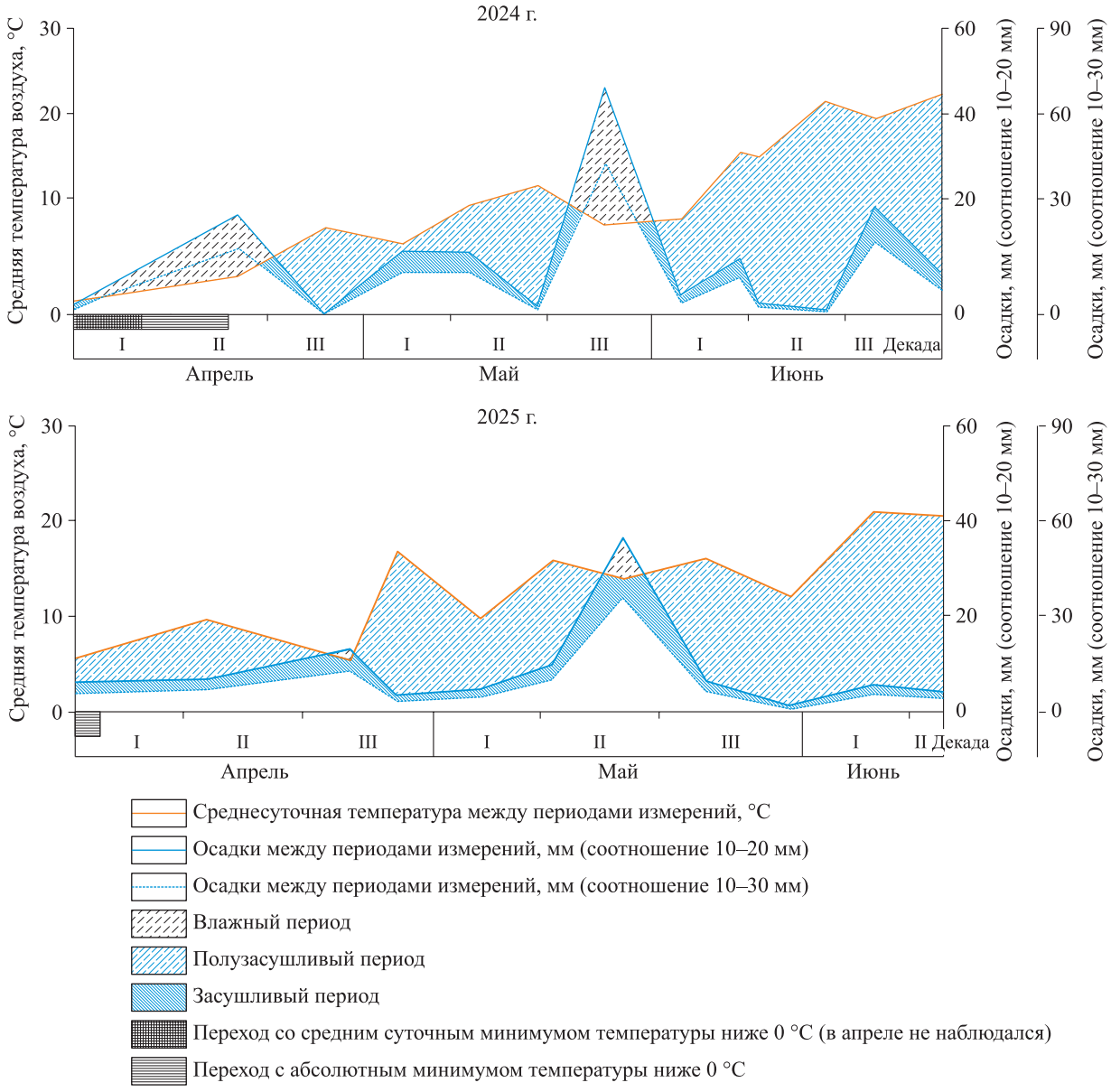

Рис. 1. Климатодиаграмма первой половины вегетационного периода 2024, 2025 гг. во время роста побегов древесных растений видов сосен в г. Омске.

Таблица 1. Даты начала и окончания сезонного роста побегов хвойных видов древесных растений

Растение	Дата начала роста побегов			Дата окончания роста побегов		
	первая	последняя	средняя	первая	последняя	средняя
2024 г.						
Сосна Банкса	13.04			11.06		
С. Веймутова	20.05			30.06		
С. горная	06.04	18.04	13.04	11.06	18.06	17.06
С. обыкновенная	11.04	18.04	13.04	11.06	18.06	14.06
С. сибирская	07.04	18.04	13.04	11.06	18.06	15.06
2025 г.						
С. Банкса	12.04			27.05		
С. Веймутова	09.05			10.06		
С. горная	05.04	12.04	12.04	24.05	28.05	28.05
С. обыкновенная	05.04	12.04	10.04	26.05	28.05	28.05
С. сибирская	05.04	12.04	10.04	25.05	29.05	29.05

Таблица 2. Основные характеристики сезонного роста побегов хвойных видов древесных растений

Растение	Продолжительность роста побегов, дней	Прирост, см	
		средний сезонный	среднесуточный
2024 г.			
Сосна Банкса	60	17.00 ± 0.32	0.28 ± 0.005
С. Веймутова	42	4.30 ± 0.05	0.10 ± 0.001
С. горная	65–69	17.89 ± 0.25	0.27 ± 0.004
С. обыкновенная	61–65	10.27 ± 0.08	0.16 ± 0.002
С. сибирская	62–66	4.58 ± 0.04	0.07 ± 0.001
2025 г.			
С. Банкса	46	5.40 ± 0.08	0.12 ± 0.003
С. Веймутова	33	3.90 ± 0.07	0.12 ± 0.002
С. горная	47 ± 2	10.45 ± 0.38	0.22 ± 0.003
С. обыкновенная	49 ± 2	7.48 ± 0.21	0.15 ± 0.002
С. сибирская	50 ± 3	5.04 ± 0.23	0.10 ± 0.002

Согласно данным табл. 1 и 2 отмечается сходная продолжительность роста изученных видов сосен за исключением сосны Веймутова, которая связана с сильным отставанием в сроках начала видимого роста побегов. Наиболее высокая интенсивность роста побегов была отмечена у сосны Банкса (в 2024 г.) и с. горной (в 2024 и 2025 гг.), наименьшая – у пятихвойных сосен: сосны Веймутова и с. сибирской в 2024 г. Также в результате уникальности температурных режимов в апреле 2025 г. отмечено раннее начало видимого роста побегов и сокращение его продолжительности. В сравнении с 2024 г. в 2025 г. наблюдается смещение начала прироста модельных видов деревьев в среднем на 1–11 дней с изменением среднесуточных приростов в пределах до 0.16 см и общего сезонного прироста до 11.6 см, а именно:

– сосна Банкса – начало видимого роста на 1 день раньше, чем в 2024 г., продолжительность роста на 14 дней меньше, чем в 2024 г., среднесуточный прирост на 0.16 см меньше 2024 г., средний сезонный прирост меньше на 11.6 см в сравнении с 2024 г.;

– сосна Веймутова – видимый рост на 11 дней раньше, продолжительность уменьшилась на 9 дней, среднесуточный прирост увеличился на 0.02 см, средний сезонный прирост уменьшился на 0.4 см в 2025 г.;

– сосна горная – в 2025 г. начало роста наблюдалось на 1 день раньше, продолжительность уменьшилась на 18 дней, среднесуточный прирост уменьшился на 0.05 см, средний сезонный прирост уменьшился на 7.44 см в сравнении с данными 2024 г.;

– сосна обыкновенная – видимый рост отмечен в 2025 г. на 3 дня раньше, чем в 2024 г., период продолжительности роста на 12 дней меньше, при этом среднесуточный прирост уменьшился на 0.01 см, общий сезонный прирост уменьшился на 2.79 см;

– сосна сибирская – в 2025 г. начало видимого роста отмечено на 3 дня раньше, продолжительность роста – на 12 дней меньше, при этом среднесуточный прирост увеличился на 0.03 см, общий сезонный прирост уменьшился на 0.46 см.

В ряде работ зарубежных авторов также отмечается закономерное смещение сроков фенофаз в зависимости от гидротерического режима воздушной среды (Bradley et al., 1999; Royce, Barbour, 2001; Zhang, Cregg, 2005).

По результатам измерений построены графики роста побегов исследуемых видов сосен, на основании которых отмечен ряд закономерностей, свидетельствующих о температурном режиме как о критически важном параметре, влияющем на динамику и длительность сезонного прироста исследуемых модельных деревьев (Бабарыкина, Григорьев, 2006; Jiao et al., 2021; Sharma, 2023; Orešković et al., 2024; He et al., 2024; Mašek et al., 2024) (рис. 2, 3).

Рост выбранных двухвойных видов модельных деревьев в 2024 и 2025 гг. проходил синхронно с разницей исключительно в суточном приросте. Темпы роста сосны обыкновенной и с. горной сохранялись на протяжении всего периода замеров, ввиду отсутствия сильных перепадов среднесуточных температур и засушливого периода. Видимый рост почек выбранных

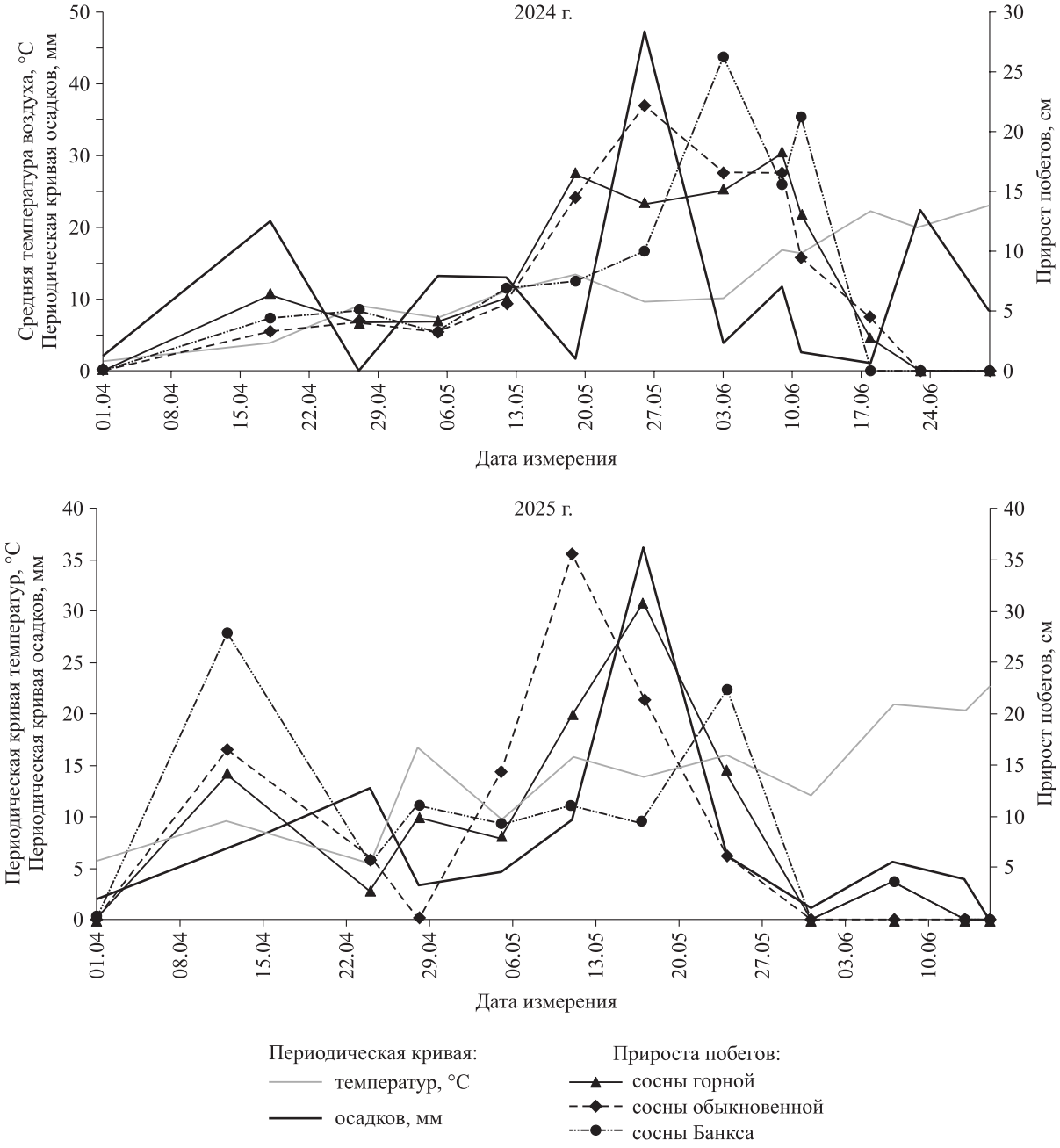

Рис. 2. Сезонный рост побегов двухвойных видов сосен в условиях г. Омска в вегетационный период 2024 и 2025 гг.

модельных деревьев хвойных видов наблюдался в I декаде апреля.

Распускание почек обоих видов началось со второй половины II декады апреля в 2024 г. и с середины I декады апреля в 2025 г., видимое увеличение пыльников отмечено в конце мая – начале июня в 2024 г., при этом в 2025 г. в середине I декады мая. К началу II декады мая в 2024 г. и в начале I декады мая в 2025 г. у обоих видов отмечено раскрытие шишек третьего года и начало роста зеленых шишек второго года. Рост побегов значительно замедлился у обоих видов с 12.06.2024 г., а к 20.06.2024 г. прекратился. В 2025 г. рост побегов замедлился с 21.05, окончание его отмечено 30.05.

Начало и рост почек сосны Банкса отмечен в начале II декады апреля 2024 и в 2025 гг. При этом сезонный прирост сосны Банкса был скачкообразным, а именно в конце II декады мая 2024 г. первый прирост составил 4.1 см, второй – на 2.8 см в конце III декады мая, третий – на 10.1 см – к началу II декады июня. Завершение видимого роста побегов сосны Банкса произошло 11.06.24 г., в близкие сроки с предыдущими двухвойными видами сосен. В 2025 г. рост сосны Банкса был более плавным, без скачков и

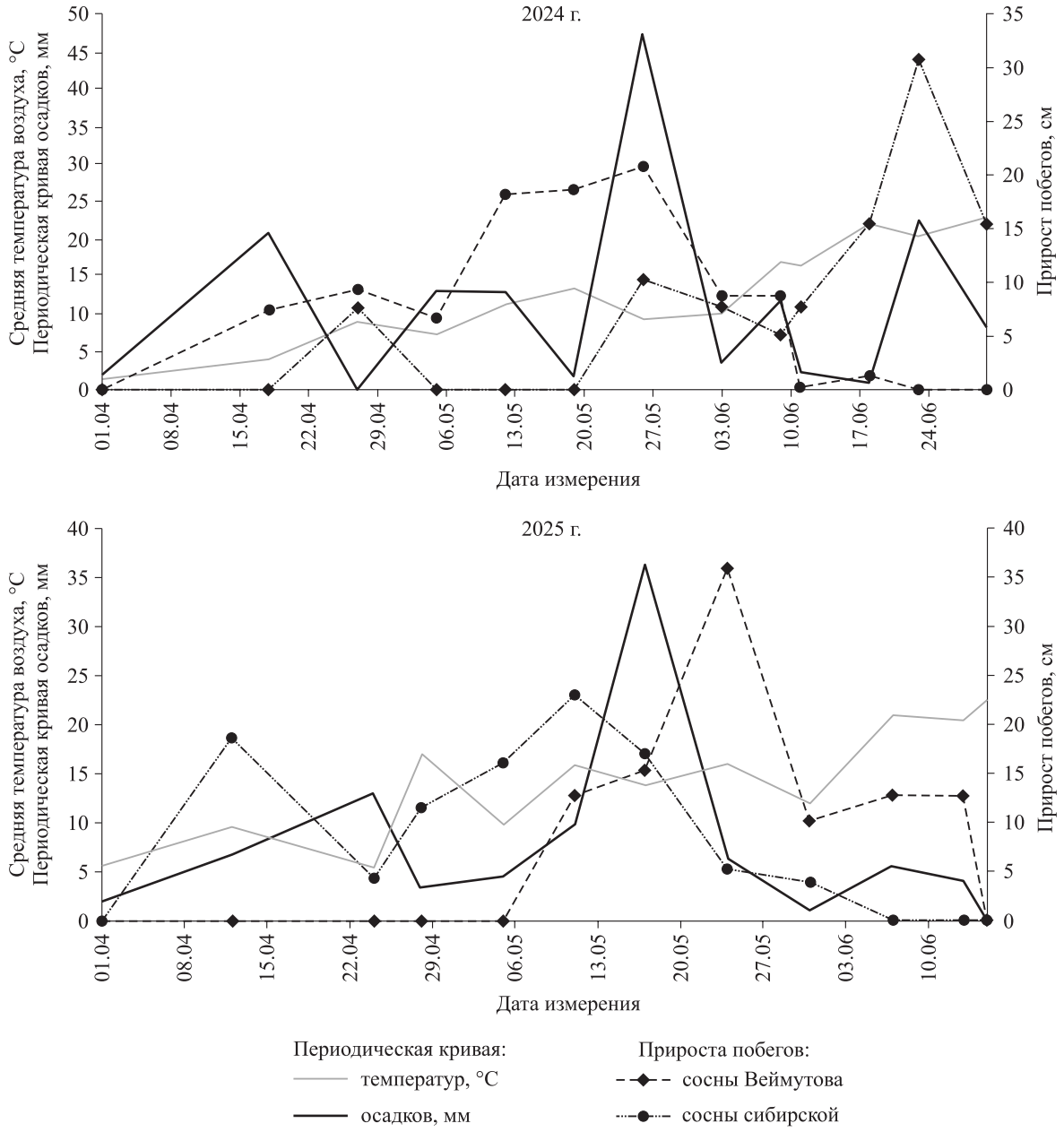

Рис. 3. Сезонный рост побегов пятихвойных видов сосен в условиях г. Омска в вегетационный период 2024 и 2025 гг.

без образования приростов разного порядка, что в целом уменьшило общий прирост на 68.24 %.

Видимый рост почек сосны сибирской отмечался в I декаде апреля 2024 и 2025 гг., а у сосны Веймутова – только в начале III декады мая 2024 г. и в конце I декады мая 2025 г. Также необходимо отметить, что темпы роста сосны сибирской сохранялись на протяжении всего периода измерений. Аналогичный рост побегов наблюдался и у сосны Веймутова, у которой проявилось его небольшое повышение кратковременно в конце II – начале III декады июня и в конце завершения их роста в 2024 г., а в 2025 г. повышенный прирост кратковременно зафиксирован разово в середине II – конце III декады мая. Рост побегов у деревьев сосны сибирской прекратился в конце II декады июня 2024 г. и в конце III декады мая 2025 г.

Начало роста побегов деревьев сосны Веймутова отмечено с задержкой (20.05.2024 г. и 09.05.2025 г.), по сравнению с другими исследуемыми видами сосен, а завершение его произошло в конце III декады июня 2024 г. и в конце I декады июня 2025 г.

Прирост побегов выбранных модельных деревьев отражает взаимосвязь высокой скорости их видимого роста с температурой в начале вегетационного периода, что соотносится с резуль-

Таблица 3. Коэффициент синхронности сезонного прироста побегов хвойных древесных растений с характеристиками гидротермического режима за периоды роста побегов в 2024 и 2025 гг.

Растение	Характеристики гидротермического режима	Синхронность	
		2024 г.	2025 г.
Сосна Банкса	Сумма осадков за период, мм	18.18	22.22
	Среднесуточная температура за период, °С	45.45	**66.67**
С. Веймутова	Сумма осадков за период, мм	40.00	**60.00**
	Среднесуточная температура за период, °С	20.00	**60.00**
С. горная	Сумма осадков за период, мм	45.45	**66.67**
	Среднесуточная температура за период, °С	54.55	55.56
С. обыкновенная	Сумма осадков за период, мм	36.36	33.33
	Среднесуточная температура за период, °С	45.45	55.56
С. сибирская	Сумма осадков за период, мм	45.45	22.22
	Среднесуточная температура за период, °С	**63.64**	33.33

татами других исследований (Кищенко, 2004; Kishchenko, 2004) (рис. 2, 3).

Далее нами был проведен сопряженный анализ зависимости сезонного роста побегов модельных деревьев хвойных видов от гидротермического режима воздушной среды. В соответствии с данными, представленными на рис. 1–3, проведены вычисления коэффициентов синхронности по методике С. Г. Шиятова (1986). Значения *К*с сезонного прироста побегов хвойных древесных растений с характеристиками гидротермического режима за 2024 и 2025 гг. представлены в табл. 3.

На основании результатов расчетов выявлена низкая синхронность роста побегов к показателям гидротермического режима воздушной среды в годы наблюдений.

Реакция на показатели гидротермического режима в изученный период роста – скорее особенность эволюционно закрепленной адаптации в условиях естественного произрастания указанных видов интродуцированных растений. В связи с полученными данными Кс мы вынуждены были рассмотреть рост побегов данных видов более тщательно с использованием других показателей зависимости процесса роста от рассматриваемых экологических факторов.

Сезонный прирост побегов двух- и пятихвойных видов сосен (в % соотношении) в зависимости от условий г. Омска в вегетационный период 2024 и 2025 гг. представлен на рис. 4, 5.

На представленных рисунках отмечается смещение начала роста сосны Веймутова в 2025 г., а также сокращение продолжительности

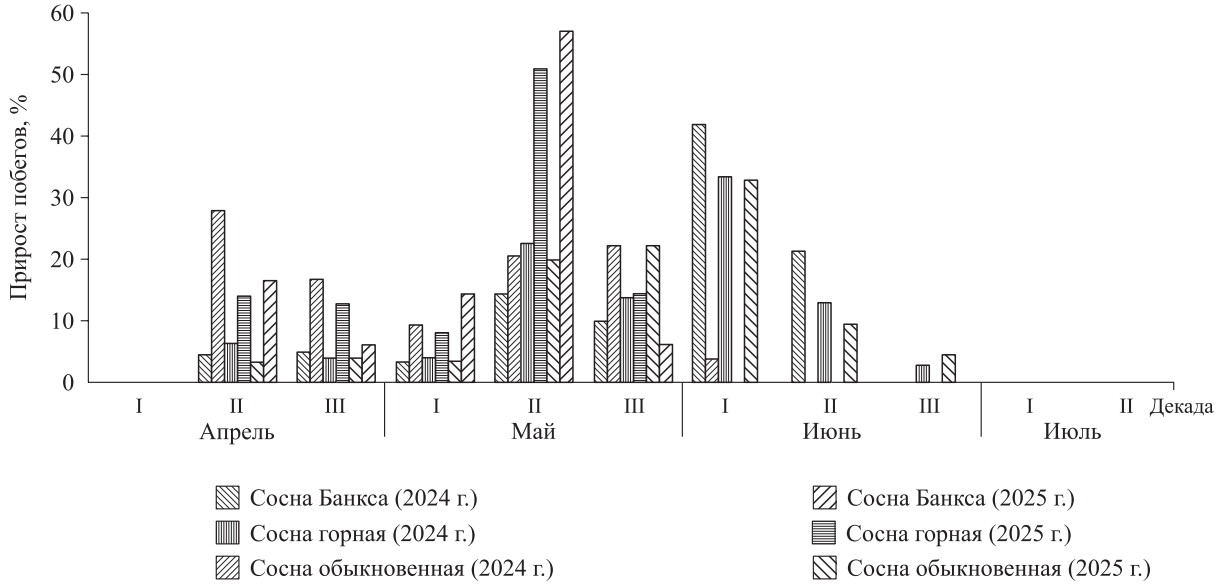

Рис. 4. Зависимость сезонного роста побегов двухвойных видов сосен от условий г. Омска в вегетационный период 2024 и 2025 гг.

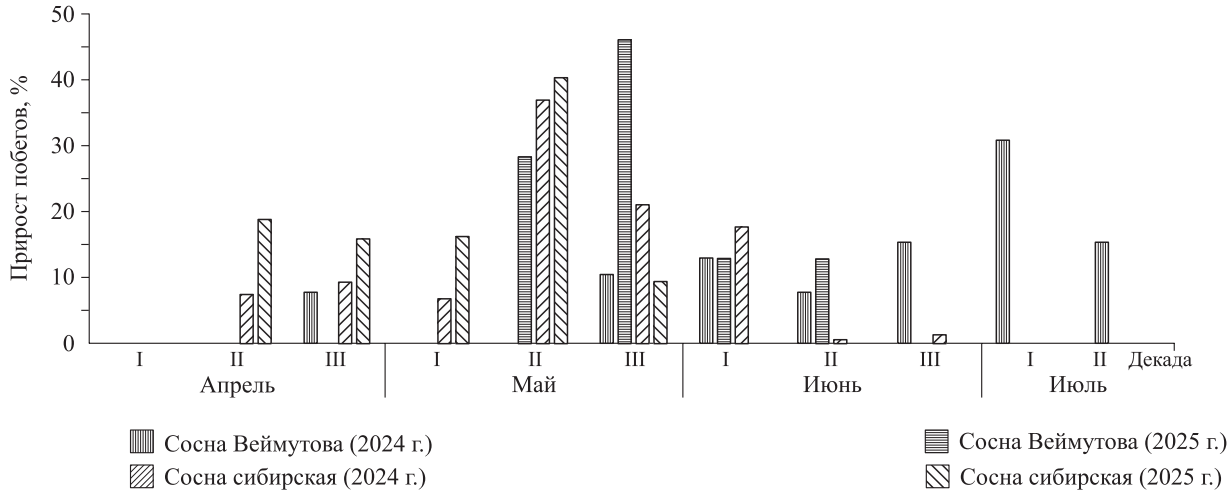

Рис. 5. Зависимость сезонного роста побегов пятихвойных видов сосен от условий г. Омска в вегетационный период 2024 и 2025 гг.

периода роста двух- и пятихвойных видов модельных деревьев. Наибольший прирост в 2024 и 2025 гг. выявлен во II и III декадах мая, при этом в 2025 г. он был большим.

Результаты согласуются с выводами других авторов о степени влияния повышенных температур на начало и продолжительность роста хвойных видов деревьев (Jiao et al., 2021; Jiao et al., 2022; Sharma, 2023; He et al., 2024; Orešković et al., 2024).

Коэффициент корреляции (R_{xy}) температуры по всем видам оказался положительным в пределах от 0.27 до 0.87 при увеличении среднего ежесуточного прироста, по суммам осадков коэффициент (R_{xy}) был отрицательным в пределах от –0.09 до –0.55. Аналогичная закономерность подтверждена и значениями корреляционного отношения (η_{xy}). Так, при подъеме графика корреляционное отношение (η_{xy}) по температурному режиму составляет от 0.81 до 0.97, по осадкам – от 0.12 и до 0.95 (табл. 4). При снижении среднего суточного прироста влияние температурного режима проявляется отрицательно в виде сдерживающего фактора (η_{xy} от 0 до 1), тогда как на осадки растения в период снижения прироста реагируют положительно (η_{xy} от 0.58 до 0.99). В этом случае коэффициент корреляции (R_{xy}) по температуре составлял от –0.94 до 0.27, по осадкам – от –0.55 до 0.97.

Таблица 4. Степень корреляции сезонного прироста побегов хвойных древесных растений с характеристиками гидротермического режима за периоды роста побегов в 2024 и 2025 гг.

Месяц	Среднесуточная температура за период, °C		Сумма осадков за период, мм	
	R_{xy}	η_{xy}	R_{xy}	η_{xy}
1	2	3	4	5
Сосна Банкса				
2024 г.				
IV	0.83**	**0.85****	0.32*	**0.68****
V	0.46*	**0.73****	0.59*	0.22
VI	–0.93**	**0.99****	–0.39*	**0.98****
До перегиба графика	0.46*	**0.97****	0.59*	**0.12**
После перегиба графика	–0.94**	**1.00****	–0.39*	**0.98****
2025 г.				
IV	0.35*	**0.89****	0.11	**0.83****
V	0.60*	**0.97****	0.06	**0.55****
VI	–0.31*	0.00	0.72**	0.00
До перегиба графика	0.40*	**0.77****	–0.09	**0.29**
После перегиба графика	0.27	0.00	0.76**	0.00

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
Сосна горная				
2024 г.				
IV	0.46*	**0.82****	0.73**	**0.45***
V	0.65*	**0.97****	0.15	**0.71****
VI	–0.79**	**0.99****	–0.31*	**0.95****
До перегиба графика	0.80**	**0.87****	0.20	**0.68****
После перегиба графика	–0.89**	**0.99****	–0.55*	**0.99****
2025 г.				
IV	0.65*	**0.82****	–0.04	**0.73****
V	0.52*	**0.99****	0.89**	**0.82****
VI	*Рост прекратился*			
До перегиба графика	0.68*	**0.95****	0.78**	**0.24**
После перегиба графика	–0.31*	0.00	0.60*	0.00
Сосна обыкновенная				
2024 г.				
IV	0.85**	**0.98****	0.28	**0.95****
V	0.24	**0.95****	0.65*	**0.26**
VI	–0.85**	**0.94****	–0.35*	**0.58****
До перегиба графика	0.59*	**0.86****	0.66*	**0.51****
После перегиба графика	–0.84**	**0.94****	–0.35*	**0.58****
2025 г.				
IV	–0.16	**0.98****	0.43*	**0.96****
V	0.35*	**0.99****	0.42*	**0.63****
VI	*Рост прекратился*			
До перегиба графика	0.41*	**0.96****	0.46*	**0.93****
После перегиба графика	–0.49*	**0.99****	0.97**	**0.90****
Сосна Веймутова				
2024 г.				
IV	0.94**	0.00	–0.57*	0.00
V	–0.25	0.00	0.96**	0.00
VI	0.55*	**0.95****	0.70*	**0.70****
До перегиба графика	0.68*	**0.98****	0.23	**0.92****
После перегиба графика	*Рост прекратился*			
2025 г.				
IV	*Рост прекратился*			
V	0.80**	**0.97****	0.08	**0.54****
VI	–0.98**	**0.99****	0.96**	**0.94****
До перегиба графика	0.59*	**0.99****	0.25	**0.94****
После перегиба графика	–0.32*	**0.99****	0.80**	**0.91****
Сосна сибирская				
2024 г.				
IV	0.19	**0.98****	0.23	**0.97****
V	0.67*	**0.96****	0.34*	**0.64****
VI	–0.74**	**0.99****	–0.11	**0.99****
До перегиба графика	0.87**	**0.94****	0.46*	**0.79****
После перегиба графика	–0.75**	**0.99****	–0.11	**0.99****
2025 г.				
IV	0.56*	**0.94****	0.04	**0.91****
V	0.08	**0.91****	0.42*	**0.43***
VI	*Рост прекратился*			
До перегиба графика	0.67*	**0.81****	0.20	**0.68****
После перегиба графика	–0.67*	**0.99****	0.94**	**0.93****

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$.

Особенностью роста побегов сезона 2024 г. является отрицательное влияние суммы осадков (коэффициент корреляции (R_{xy}) составил от –0.55 до –0.11) вместе с температурой (коэффициент корреляции (R_{xy}) составил от –0.94 до –0.75), однако влияние среднесуточной температуры воздуха более значимо при завершении роста побегов. Характер зависимости мы связываем со сложившимся в этот период гидротермическим режимом воздушной среды.

Наибольший прирост особенно в начале вегетационного периода отмечается в результате значительного подъема температуры. При этом во второй половине периода вегетации взаимосвязь с температурой не так сильна, прирост снижается и отражает высокую взаимосвязь с осадками, что подтверждается более ранними работами (Фролова, 1979).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом необходимо отметить, что первая половина вегетационного периода 2024 и 2025 гг. сложилась благоприятно – с оптимальным гидротермическим режимом воздушной среды для роста побегов хвойных видов древесных растений, с отсутствием аномально резких перепадов температур и наличием достаточного количества осадков. Рост побегов у выбранных модельных деревьев начинался одновременно со второй половины II декады апреля в 2024 г. и I декады апреля в 2025 г., за исключением сосны Веймутова. Сосна Банкса показала три прироста за сезон 2024 г., что свидетельствует об оптимальных условиях для ее роста и развития, а в 2025 г. наблюдался один прирост, что связано с экстремальными условиями вегетационного периода.

Низкая степень синхронности между сезонным приростом побегов модельных деревьев и осадками свидетельствует не столько об отсутствии такой зависимости, сколько о достаточном уровне увлажнения в период вегетации текущего года. При этом начало видимого роста побегов модельных деревьев у большинства видов сосен зафиксировано одновременно, при переходе среднесуточных температур выше 5 °C со второй половины II декады апреля 2024 г. и I декады апреля 2025 г., тогда как у сосны Веймутова – при выше 10 °C в начале III декады мая 2024 г. и конца I декады мая 2025 г.

Сезонный рост побегов у изученных видов сосен наблюдался в основном в апреле – июне в условиях полузасушливого и влажного гидротермического режимов воздушной среды в 2024 г. и в тот же временной период в условиях в основном полузасушливого гидротермического режима в 2025 г. Наибольшая интенсивность среднесуточного роста побегов была характерна для двухвойных видов сосен: с. Банкса, с. горной и с. обыкновенной, наименьшая – у пятихвойных видов: с. Веймутова и с. сибирской. По результатам наблюдений выявлено повсеместное сокращение общего периода роста и среднего сезонного прироста в сравнении с 2024 г., но интенсивность среднесуточного прироста двухвойных видов в 2025 г. уменьшилась в пределах 0.01–0.16 см, а пятихвойных видов увеличилась на 0.02–0.03 см.

Выявлена особенность влияния температурного режима и режима суммы осадков на сезонный прирост. В период нарастания прироста температура воздушной среды оказывает положительное детерминирующее влияние, тогда как осадки – отрицательное. В период спада динамики среднесуточного прироста влияние этих показателей гидротермического режима меняется на противоположные знаки, т. е. сумма осадков усиливает прирост, а уровень температуры воздушной среды оказывает сдерживающее влияние.

Поскольку в рамках интродукции приоритетным является внешний вид растений, а именно рост и их эстетическая составляющая, то необходимо отметить, что изменения температурного режима в сторону потепления способствовали большему общему росту сосны сибирской – на 10 %, при этом прирост остальных модельных деревьев значительно снижается – от 9.3 до 68 %. Наиболее угнетенный рост двухвойных видов: сосна Банкса – 68.24 %, с. горная – 41.56 %, с. обыкновенная – 27.17 %. При этом выявлена более высокая устойчивость к сухости в период роста побегов у сосны обыкновенной. Полученные данные можно рассматривать как следствие адаптационных возможностей изучаемых видов и как отражение особенностей ареалов их естественного произрастания, что согласуется с выводами некоторых авторов (Mašek et al., 2024).

Исследование выполнено за счет собственных средств авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Бабарыкина И. В., Григорьев А. И. Экологические особенности сезонного роста побегов хвойных видов древесных растений в г. Омске // Омск. науч. вестн. 2006. № 3 (36). С. 161–164.

Ваганов Е. А., Терсков И. А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 94 с.

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

Гортинский Г. Б., Жирина Л. С., Самарова З. С. Погодичная динамика влагообеспеченности и ее влияние на прирост древесины дуба в Брянской области // Лесоводство, лесн. культуры, почвоведение (Рациональное использование и восстановление лесных ресурсов). Л.: ЛЛТА им. С. М. Кирова, 1984. С. 36–40. (Межвуз. сб. науч. тр.)

Григорьев А. И. Закономерности адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. … д-ра биол. наук: 03.00.16. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2000. 40 с.

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

Григорьев А. И., Букач В. А. Особенности природных условий лесостепи Западной Сибири для интродукции древесных растений лиственных лесов Северной Америки // Природа и природопользование на рубеже XXI века: Материалы межрегион. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. Д. Н. Фиалкова и 75-летию ВООП. Омск: Курьер, 1999. С. 74–78.

Григорьев А. И., Скосырева И. Г. Особенности сезонного роста побегов у видов и форм роде ель, интродуцированных в лесостепной зоне Западной Сибири // Естественные науки и экология. Ежегодник. Омск: ОмГПУ, 2016. С. 7–10. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 20).

Донец Е. В. Особенности динамики сезонного прироста побегов хвойных видов древесных растений в бассейне буферного пруда АО «Газпромнефть – ОНПЗ» // Естеств. науки и экол. Ежегодник. Омск: ОмГПУ, 2019. С. 113–116. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 23).

Желтикова Е. В., Григорьев А. И. Особенности режима атмосферных осадков в первой половине вегетационного периода в условиях г. Омска // Экологические чтения. 2024: Сб. материалов XV Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участ.), Омск, 04–05 июня 2024 г. Омск: ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2024. С. 440–444.

Кищенко И. Т. Влияние климатических факторов на рост представителей рода *Pinus* (Pinaceae) в условиях интродукции // Экология. 2004. № 4. С. 249–254.

Кузьмин С. Р. Влияние географического происхождения сосны обыкновенной на морфоанатомические признаки культур в Приангарье: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2008. 20 с.

Куликов А. И., Убугунов Л. Л., Мангатаева А. Ц. О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях // Арид. экосист. 2014. Т. 20. № 3 (60). С. 5–13.

Патов А. И. Сезонная динамика роста надземных органов сосны и ели // Комплексные биогеоценологические исследования хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1985. С. 15–25. (Тр. Коми фил. АН СССР; Вып. 73).

Погода и климат, 2025. http://www.pogodaiklimat.ru

Рубаник В. Г. Интродукция голосеменных в Казахстане. Алма-Ата: Изд-во Наука Каз. ССР, 1974. 263 с.

Салтыков А. Н., Разумный В. В., Жапарова И. В. Погодные условия и естественное возобновление сосны крымской // Изв. сельхоз. науки Тавриды. 2018. № 16 (179). С. 40–51.

Фролова Л. А. Термический фактор и фазы сезонного развития представителей рода ель в Ботаническом саду МГУ на Ленинских горах // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: Материалы Всесоюз. конф., Москва, 29–31 янв. 1979 г. М.: Моск. фил. геогр. об-ва СССР, 1979. С. 32–34.

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

Bagnouls F., Gaussen H. Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte port. Vég. Art. 8. Toulouse. 47 p.

Bradley N. L., Leopold C. A., Ross J., Huffaker W. Phenological changes reflect climate changes in Wisconsin // PNAS. 1999. V. 96. Iss. 17. P. 9701–9704.

He J., Shen Z., Ning C., Zhang W., Halik Ü. Elevational effects of climate warming on tree growth in a *Picea schrenkiana* forest in the eastern Tianshan Mountains // Forests.2024. V. 15. Iss. 12. Article 2052. 12 p.

Jiao L., Wang S., Chen K., Liu X. Dynamic response to climate change in the radial growth of *Picea schrenkiana* in western Tien Shan, China // J. For. Res. 2022. V. 33. Iss. 3. P. 147–157.

Jiao L., Xue R., Qi C., Chen K., Liu X. Comparison of the responses of radial growth to climate change for two dominant coniferous tree species in the eastern Qilian Mountains, northwestern China // Int. J. Biometeorol. 2021. V. 65. Iss. 11. P. 1823–1836.

Kishchenko I. T. Effect of climatic factors on the growth of representatives of the genus *Pinus* (Pinaceae) under conditions of introduction // Rus. J. Ecol. 2004. V. 35. Iss. 4. P. 214–219 (Original Rus. Text © I. T. Kishchenko, 2004, publ. in Ekologiya. 2004. N. 4. P. 249–254).

Kulikov A. I., Ubugunov L. L., Mangataev A. T. Global climate change and its impact on ecosystems // Arid. Ecosyst. 2014. V. 4. Iss. 3. P. 135–141 (Original Rus. Text © A. I. Kulikov, L. L. Ubugunov, A. T. Mangataev, 2014, publ. in Aridnye ekosistemy. 2014. V. 20. N. 3 (60). P. 5–13).

Mašek J., Dorado-Liñán I., Treml V. Responses of stem growth and canopy greenness of temperate conifers to dry spells // Int. J. Biometeorol. 2024. V. 68. Iss. 80. P. 1533–1544.

Orešković M., Trlin D., Anić I., Oršanić M., Prša L., Mikac S. Climate sensitivity and tree growth patterns in subalpine spruce-dominated forests of the north-western Dinaric Alps // Forests. 2024. V. 15. Iss. 11. Article 1972. 18 p.

Royce E. B., Barbour M. G. Mediterranean climate effects. II. Conifers growth phenology across a Sierra Nevada ecotone // Amer. J. Bot. 2001. V. 88. Iss. 5. P. 919–932.

Sharma M. Climate-sensitive diameter growth models for white spruce and white pine plantations // Forests. 2023. V. 14. Iss. 12. Article 2457.

Walter H. Die Klimatogramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für Ökologische Vegetationskundliche und Landwirtschaftliche Zwecke // Deutsch. Bot. Gas. 1955. Bd. 68. N. 8.

Zhang J., Cregg B. M. Growth and physiological responses to varied environments among populations of *Pinus ponderosa* // For. Ecol. Manag. 2005. V. 219. Iss. l. P. 1–12.

PECULIARITIES OF SEASONAL GROWTH OF TWO- AND FIVE-NEEDLE PINES IN THE CITY OF OMSK

E. V. Zheltikova, A. I. Grigor'ev

Omsk State Pedagogical University
Naberezhnaya Tukhachevsky, 14, Omsk, 644099 Russian Federation

E-mail: 89618841366@yandex.ru, aigrigoryew@mail.ru

The intensity and duration of vegetative growth of plants determines their biological productivity, which in turn depends on various environmental factors and the climatic conditions of the growing region. Therefore, identifying patterns of seasonal growth in coniferous trees is essential for determining the type and timing of measures aimed at increasing the productivity of forest stands, especially in regions of introduction. Since research data are scarce in the south of Western Siberia and are of interest for generalizing the results of introduction, the aim of this study was to identify patterns of seasonal growth of two- and five-needle pine species of the genus pines (*Pinus* L.) within the residential area of the city of Omsk. This article examines the climatic conditions of Omsk during the seasonal shoot growth period of model trees and constructs a climatic diagram of the G. Walter modification according to Bagnoul-Gossen for April-June 2024 and 2025. A study based on data from the Omsk Hydrometeorological Center examined the dynamics of seasonal shoot growth in two-needle pine trees: mountain pine (*Pinus mugo* Turra), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.), and five-needle pine trees: white pine (*Pinus strobus* L.) and Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour).

Keywords: *seasonal growth of shoots, hydrothermal regime, air environment, Gossen-Walter climate diagram, synchronicity coefficient, correlation ratio, correlation coefficient.*

How to cite: *Zheltikova E. V., Grigor'ev A. I.* Peculiarities of seasonal growth of two- and five-needle pines in the city of Omsk // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2025. N. 6. P. 90–102 (in Russian with English abstract and references).