

УДК 58.056, 58.01
DOI 10.52575/2712-9047-2022-4-2-119-136

Феноклиматическая характеристика 2021 года в Воронежском заповеднике

И.И. Сапельникова

Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова,
Россия, 394080, г. Воронеж, Госзаповедник
E-mail: is@reserve.vrn.ru

*Поступила в редакцию 30.03.2022; поступила после рецензирования 18.05.2022;
принята к публикации 20.05.2022*

Аннотация. Представлены данные по фенологии около 80 травянистых и древесно-кустарниковых видов (начало цветения, начало облиствения, осенние сезонные явления) в Воронежском заповеднике за 2021 год. Дана качественная и количественная характеристика сезонного развития растений на фоне гидротермического режима 2021 года. Нормированное отклонение используется в качестве оценки фенологических событий текущего года в сравнении с многолетними данными. Даны схемы аномалий гидротермического режима года. Массив фенологических данных за 2021 год визуализирован в сравнении с многолетними характеристиками развития природы заповедника.

Ключевые слова: фенология, растения, нормированное отклонение, фенологическое явление

Для цитирования: Сапельникова И.И. 2022. Феноклиматическая характеристика 2021 года в Воронежском заповеднике. *Полевой журнал биолога*, 4(2): 119–136.
DOI: 10.52575/2712-9047-2022-4-2-119-136

Phenoclimatic Characteristics of 2021 in Voronezh State Nature Biosphere Reserve (Russia)

Inna I. Sapelnikova

Voronezh State Natural Biosphere Reserve named after V.M. Peskova,
Goszapovednik, Voronezh 394080, Russia
E-mail: is@reserve.vrn.ru

Received March 30, 2022; Revised May 18, 2022; Accepted May 20, 2022

Abstract. Data on the phenology of about 80 herbaceous and tree-shrub species (the beginning of flowering, the beginning of leafing, autumn seasonal phenomena) in the Voronezh State Nature Biosphere Reserve for 2021 are presented. A qualitative and quantitative characteristic of the seasonal development of plants against the background of the hydrothermal regime of 2021 is given. The normalized deviation is used as assessment of phenological events of the current year in comparison with long-term data. Schemes of anomalies of the hydrothermal regime of the year are given. The array of phenological data for 2021 is visualized in comparison with the long-term characteristics of the nature development of the reserve.

Keywords: phenology, plants, normalized deviation, phenological event

For citation: Sapelnikova I.I. 2022. Phenoclimatic Characteristics of 2021 in Voronezh State Nature Biosphere Reserve (Russia). *Field Biologist Journal*, 4(2): 119–136 (in Russian).
DOI: 10.52575/2712-9047-2022-4-2-119-136

Введение

Воронежский биосферный природный государственный заповедник был создан 3 декабря 1923 года. Это одна из старейших особо охраняемых территорий России. Заповедник расположен в подзоне типичной лесостепи в северной части Усманского леса на границе Воронежской и Липецкой областей. Усманский лесной массив представляет собой большой лесной остров среди агроландшафтов и расположенных по его границе населенных пунктов. Географические координаты центра территории 51°55′ с. ш. 39°30′ в. д. Общая площадь заповедника составляет 31 053 га, покрытая лесом – 28 893 га. Территория заповедника компактна и находится примерно в одинаковых климатических условиях. Через заповедник проходит граница атлантико-континентальной и континентальной климатических областей, поэтому он подвержен влиянию воздушных масс с Атлантического океана и циклонов, приходящих со Средиземноморья [Лавров и др., 1989, Сапельникова, 2018]. Климат заповедника умеренно-континентальный – с относительно жарким летом и умеренно-холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха 5,6 °С, средняя температура июля (самого теплого месяца) 19,5 °С, января (самого холодного) минус 8,7 °С. В зимние сезоны нередко оттепели, а летом – продолжительные сухие периоды. Годовая сумма осадков меняется от 427 до 890 мм, в среднем выпадает 638 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в летний и зимний фенологические сезоны, однако интенсивность осадков (мм/сутки) преобладает в летний и осенний сезоны. Влагонакопительным является осенний сезон, когда интенсивность испарения значительно снижается, а количество выпавших осадков остается наиболее высоким в году. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом 120 дней: от 54 (2019–2020 гг.) до 155 дней (1993–1994 гг.); период с суточными температурами выше 0° продолжается в среднем 237 дней (197 дней – 1976 г.; 292 дня – 2008 г.); период с минимальными температурами выше 0° продолжается около 200 дней: от 152 дней (1949 г.) до 242 дней (2010 г.) [Сапельникова, Базильская, 2015; Сапельникова, 2020].

Воронежский заповедник является природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением, имеющим целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем¹. Одна из основных задач заповедника – организация и проведение научных исследований. В методическом пособии для особо охраняемых природных территорий СССР К.П. Филоновым и Ю.Д. Нухимовской [1990] было показано, «что документом, аккумулирующим всю информацию о состоянии экосистем и их компонентов, служит принятая в системе советских заповедников "Летопись природы". Особое значение имеет и то, что она включает результаты сбора и первичной обработки материалов...» [Филонов, Нухимовская, 1990, с. 3]. Важной частью ежегодных материалов о состоянии экосистем являются фенологические наблюдения.

В Воронежском заповеднике регулярные фенологические наблюдения ведутся с 1929 года, когда была организована метеостанция [Базильская, Стародубцева, 2012]. Постепенно к наблюдениям за погодой в 1936–1937 гг. добавились наблюдения за животными и растениями [Сапельникова, 2018]. За более чем 90-летнюю историю наблюдений накоплен огромный материал по фенологическим событиям, в т. ч. по наблюдениям за погодой. Это позволяет анализировать как многолетнюю динамику природных процессов, так и оценивать ежегодные сезонные особенности животных и растений в сравнении с многолетними данными [Венгеров, Сапельникова и др., 2001; Сапельникова, 2007;

¹ Положение о федеральном государственном учреждении «Воронежский государственный природный биосферный заповедник». 2009. М., 38 с.

Regulations on the federal state institution "Voronezh State Nature Biosphere Reserve". 2009. Moscow, 38 p.

Сапельникова, 2015; Минин, Ранькова и др., 2017; Delgado et al., 2020; Ovaskainen et al., 2020; Sapelnikova, Prokosheva et al., 2021; и др.].

Целью настоящей статьи является представление данных о сезонном развитии растений в Воронежском заповеднике в 2021 году и оценка наблюдаемых явлений в зависимости от особенностей гидротермического режима года и в сравнении с многолетними данными.

Объекты и методы исследования

Материалы по фенологии растений в Воронежском заповеднике собираются с 1937 года. Первым фитофенологом была ботаник М.В. Николаевская (данные за 1937–1949 гг.), проводившая наблюдения в районе п. Чистое – Центральной усадьбе заповедника. Позднее в районе Центральной усадьбы заповедника наблюдения вели Л.А. Гоббе (1950–1956), Н.И. Лаврова (1957), Е.В. Кузнецова (1958–1987), Е.А. Стародубцева (1988), А.С. Сапельникова (2012). С 1989 года по настоящее время (кроме 2012 года) фенологические наблюдения за растениями ведутся автором статьи.

По всей видимости, строгой преемственности между первыми наблюдателями не было, так как фенологические объекты располагались на участках и маршрутах, полностью не совпадающих. В первую очередь это касается наблюдений до и после 1950 года. Так как маршруты наблюдателей были значительной протяженности, располагались в радиусе 3–5 км от Центральной усадьбы, наблюдения проводились за массовыми видами, это позволило использовать массив феноданных как единый. Известно, что сезонное развитие растений может сильнее отличаться не из-за удаленности объектов друг от друга (как в нашем случае), а в результате произрастания в местах, разных по богатству почв, условиям освещенности, влажности и т.д. Наблюдатели на протяжении многих лет руководствовались едиными методическими пособиями [Шиманюк, 1938; Преображенский, Галахов, 1948; Жарков, 1956; Шульц, 1981]. Преемственность в наблюдениях позволяет выводить средние значения для фенологических событий.

Наблюдения в заповеднике проводятся со следующей периодичностью: в предвегетационный период – не реже одного раза в месяц, в период начала вегетации и цветения – 2 раза в неделю, со второй половины лета – не реже одного раза в неделю, в осенний сезон при наблюдении за древесно-кустарниковыми видами – 1–2 раза в неделю в зависимости от погоды.

Автором используется унифицированная терминология сезонных явлений с синонимами: начало цветения, начало развертывания листьев (начало зеленения, облиствения), начало осенней окраски, полная осенняя окраска, начало листопада, конец листопада, начало созревания плодов (первые зрелые плоды). «Началом феноявления считается день, когда явление отмечается у 10 % особей. Если растения представлены единичными экземплярами, то отмечают состояние 10 % объектов (например, почки, листья, бутоны, цветки, соцветия, плоды) в кроне для деревьев и кустарников или на особи для травянистых видов. Массовый характер феноявление приобретает, когда его признаки отмечаются у 50 % особей и более. Если растения представлены единичными экземплярами, то отмечают состояние 50 % объектов в кроне (на особи). Концом феноявления считается день, когда его признаки отмечаются у последних 10 % особей. Если растения представлены единичными экземплярами, то отмечают состояние, когда оно присутствует у последних 10 % объектов в кроне (на особи)» [Минин и др., 2020, с. 98].

В методическом руководстве для заповедников СССР [1985] приводятся только общие рекомендации по феноклиматической периодизации года. Авторами указывается, что «вопрос о разработке единых подходов к фенологической периодизации в умеренном поясе окончательно не разработан» [Филонов, Нухимовская, 1985, с. 112]. В настоящее время эта задача продолжает оставаться актуальной. В Воронежском заповеднике подробная периодизация года на основе многолетнего фактического материала с делением на сезоны и подсезоны также ещё не создана и не обоснована. Исторически границами начала и окон-

чания фенологических сезонов в Воронежском заповеднике были даты устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через следующие пороговые значения: зимний сезон – 0 °С, летний сезон – 15 °С [Базильская, Булкина, 1979; Сапельникова, Базильская, 2010]. Использование в качестве рубежа или границы сезона (зима, весна, лето, осень) одного критерия (дата устойчивого перехода температуры воздуха через определенный порог) позволяет считать количественные характеристики сезонов (температура, сумма осадков, продолжительность и т.п.) для многолетнего анализа.

Для климатической характеристики года были рассчитаны термические рубежи по методу А.В. Федорова [Гулинова, 1974; Минин и др., 2020] через пороговые значения – 5, 0, 5, 10, 15 °С для среднесуточных, минимальных и максимальных температур по данным метеостанции Воронежского заповедника.

Сезонные явления отбираются из всего массива данных, собранных за полевой сезон. Предпочтение отдаётся тем видам и фенологическим событиям, наступление которых хорошо распознается в природе и доступно ежегодно (многочисленные виды), достаточно полно отражает ход сезонного развития растительности заповедника в разных биотопах. Эти фенологические события необходимо использовать в многолетних ежегодных наблюдениях. Наиболее объективно регистрируются в природе фенологические фазы: начало цветения и начало облиствения (появление листьев), созревание плодов и ягод, полная осенняя окраска листвы, начало и конец листопада. Виды растений подобраны с учётом унификации фенологических наблюдений [Минин и др., 2020] и особенностей Воронежского заповедника. Номенклатура латинских названий видов сосудистых растений дана в соответствии с международной таксономической базой данных Plants of the World Online (POWO) (<http://www.plantsoftheworldonline.org/>). Русские названия растений приведены по П.Ф. Маевскому [2014].

Оценка вегетационного сезона 2021 года проведена по отработанной методике через нормированные отклонения с использованием средних многолетних значений фенологических дат [Сапельникова, 2000; Сапельникова, 2014; Сапельникова и др., 2020; Sapelnikova et al., 2021]. Для анализа и сравнения фенологических событий столь разных категорий (метеоданные, абиотические факторы, даты наступления сезонных явлений у растений и животных), которые значительно отличаются дисперсиями, а также единицами измерения (дни, градусы, мм и др.), используется нормированное отклонение n , вычисляемое как отношение разницы значения параметра текущего года и многолетней величины (M – средняя арифметическая) к стандартному отклонению (σ).

Г.Н. Зайцев [1984] так характеризует свойства квадратичного отклонения в распределениях, близких к нормальному: «При количественном определении понятий "типичное" и "норма" важную роль играет среднее квадратичное отклонение. На расстоянии $M - \sigma$ и $M + \sigma$ от M на графике нормальной кривой находятся абсциссы её двух точек перегиба. Точки перегиба кривых, как правило, указывают на тот момент процесса или явления, когда в нём происходят качественные изменения». И далее: «В нормальном распределении в точках перегиба может произойти лишь переход от типичных вариантов совокупности к нетипичным, хотя и принадлежащим ещё к данной совокупности. Приведем величины площади под нормальной кривой, которые соответствуют определенным значениям сигмы (стандартного отклонения), одновременно по обе стороны от M . В интервале нормы, между $M - \sigma$ и $M + \sigma$, находится 68,27 % всей площади нормального распределения, т. е. вариант, или дат совокупности; между $M - 2\sigma$ и $M + 2\sigma$ заключается 95,45 % дат от всего объема и в интервале $M - 3\sigma$ и $M + 3\sigma$ лежит 99,73 % от всего объема нормально распределенной совокупности» [Зайцев, 1984, с. 78].

Большинство анализируемых метео- и фенособытий имеют нормальное распределение или с помощью математических преобразований его можно привести к нормальному [Сапельникова, 2002а, б; Сапельникова, Базильская, 2002]. В работе «Аномалии фенологической зимы...» [Сапельникова и др., 2020] нами были выбраны следующие интервалы

для оценки фенологической даты или параметра текущего года: «типичное, норма» ($|n| < 1.0$), раннее, позднее ($|n| \leq 2,5$), аномальное ($|n| > 2,5$) [Сапельникова и др., 2020, Sapelnikova et al., 2021]. По-видимому, более правильно в качестве оценки «аномальное событие» взять интервал ($|n| > 2,0$). Г.Э. Шульц [1981] указывает, что «если не учитывать редко (не чаще 5 раз за 100 лет) наступающие крайние случаи, то амплитуда изменчивости равна $\pm 2\sigma$ [Шульц, 1981, с. 72]. До настоящего времени общепринятые критерии нормы и шкалы для разных фенологических объектов и периодов не разработаны.

Знак «-» перед численным выражением нормированного отклонения говорит об опережающем характере наступления фенологической даты, знак «+» – о задержке. Нормированные отклонения сезонных явлений 2021 года использованы в построении графиков и схем, иллюстрирующих феноклиматический год. На схеме сезонного развития растений ось абсцисс соответствует календарной шкале времени. Если символ фенологического события располагается ниже оси абсцисс, это означает, что дата наступления явления в текущем году опережает среднемноголетнее значение. Если символ располагается выше – фенологическая дата наступила позже. Степень опережения и запаздывания выражается через количественное значение нормированного отклонения. Всё, что находится между линиями с ординатами +1 и -1, относится к статистической норме, типичному.

Графическое изображение фенологических событий через феноаномалии позволяет мгновенно оценить особенности температурного режима года, количество выпавших осадков характер развития растений в сравнении с многолетней статистической нормой.

Результаты и обсуждение

Для анализа сезонного развития растений необходимы данные по температурному режиму года, распределению осадков. Данные по среднемесячным температурам воздуха (рис. 1) и сумме осадков за месяц (рис. 2) представлены в нормированных отклонениях. На графиках цифра рядом с месяцем соответствует значению в 2021 году величине температуры ($^{\circ}\text{C}$) или осадков (мм) соответственно, в скобках указано многолетнее значение.

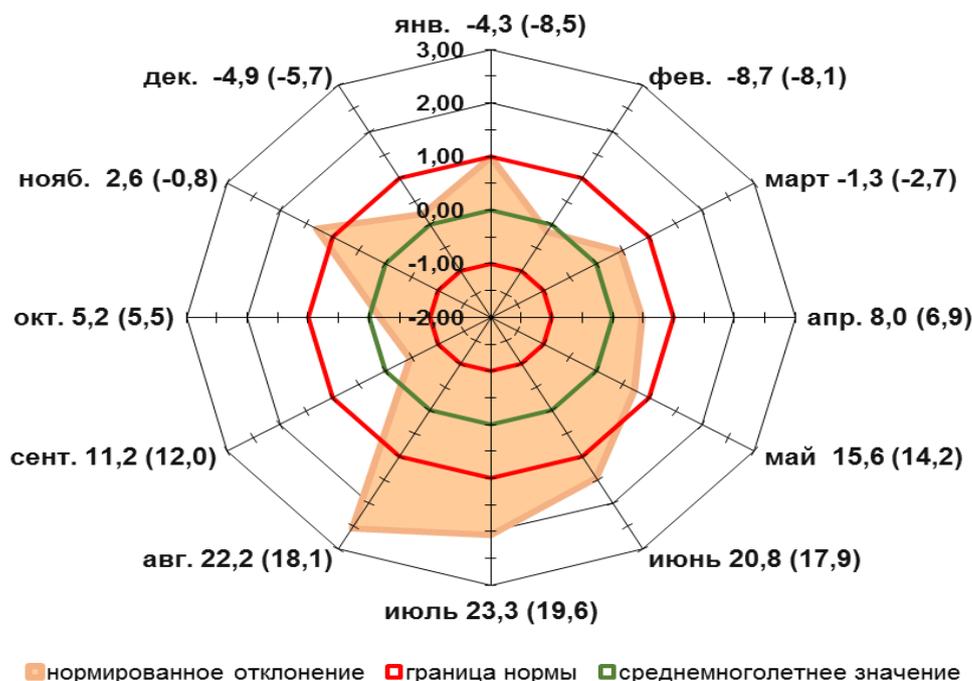


Рис. 1. Распределение среднемесячных температур в единицах нормированного отклонения в Воронежском заповеднике в 2021 году
Fig. 1. Distribution of average monthly temperatures in units of normalized deviation in Voronezh State Nature Biosphere Reserve in 2021

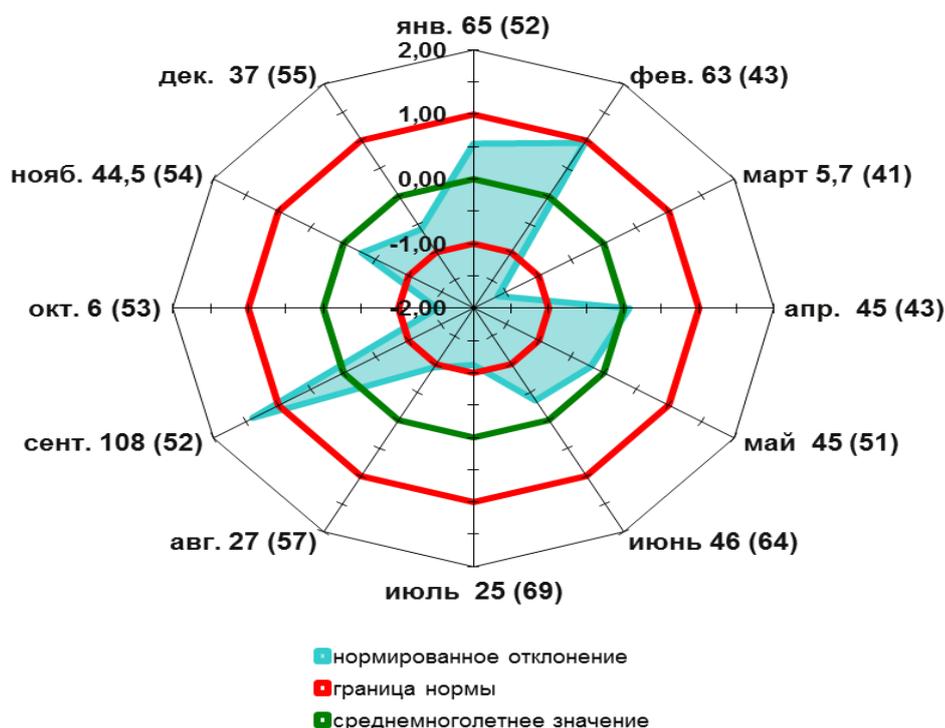


Рис. 2. Распределение сумм осадков по месяцам в единицах нормированного отклонения в Воронежском заповеднике в 2021 году
Fig. 2. Distribution of precipitation amounts by months in units of normalized deviation in Voronezh State Nature Biosphere Reserve in 2021

Среднегодовая температура в 2021 году составила 7,6 °С (n = 1,5) при среднегодовом значении 5,8 °С; 2021 год вошел в группу очень теплых лет заповедника. Количество осадков, выпавших за год, – 522 мм (n = –1,0) при среднегодовом значении 631 мм было выше прошлогоднего значения на 392 мм, но этого оказалось недостаточно, чтобы восполнить образовавшийся дефицит влаги за очень теплые и сухие летние сезоны 2019–2021 гг.

Фенологический зимний сезон 2020–2021 гг. начался в обычные сроки – 12 ноября 2020 г. (средняя дата – 17.11.2020) с устойчивым обратным переходом среднесуточных температур воздуха через 0 °С (n = –0,4). Переход максимальных температур воздуха ниже 0 °С произошёл 01.12.2020 в обычные сроки (n = 0,1). Устойчивый снежный покров образовался 15 декабря 2020 г. (n = 0,6). Продолжительность зимнего сезона составила 123 дня (n = –0,1), средняя температура за сезон – минус 5,4 °С – соответствовала обычному температурному режиму (n = 0,8). Декабрь и февраль по температурному режиму соответствовали многолетним значениям. Январские температуры отличались более высокими значениями: теплыми были первая и третья декады месяца. В эти дни дневные температуры часто были выше 0 °С. Особенностью оттепелей в феврале и марте была резкая смена температурного режима: несколько дней оттепели с таянием снега сменялись резким понижением температуры воздуха до –20...–26 °С. Возможно поэтому местами промерзание почвы было существенным, что отразилось на скорости наступления некоторых весенних явлений. Высота снежного покрова со дня его установки 15 декабря держалась в пределах 20–30 см. Максимальная высота снега была в феврале – до 41 см. Активный сход снега начался с середины марта, к 5 апреля (n = 0,2) снег растаял в лесу полностью.

Фенологическая весна началась 14 марта в обычные сроки (n = –0,75) с положительным переходом среднесуточных температур воздуха через 0 °С. Максимальные темпера-

туры воздуха стали положительными тоже 14 марта ($n = 0,4$). Продолжительность весеннего сезона составила 61 день ($n = 0,0$). По температурному режиму весенний сезон можно отнести к обычному $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($n = -0,8$), около нижней границы статистической нормы. Температуры марта, апреля и мая в целом были близки к верхней границе статистической нормы (см. рис. 1), и только температурный режим первой декады мая был более прохладным, чем обычно. Этого оказалось достаточным, чтобы в целом средняя температура за сезон стала близкой к нижней границе многолетних значений. Количество осадков в весенний период было близко к многолетней норме $79,4$ ($n = -0,3$).

Летний сезон начался 14 мая ($n = -0,7$) при устойчивом температурном переходе через границу $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пределах многолетних сроков, минимальные температуры стали выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 29 мая ($n = -0,8$) – также в пределах статистической нормы многолетней даты. Продолжительность лета составила 111 дней ($n = 0,5$), средняя температура за сезон – $21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($n = 2,3$). Летний сезон оказался очень жарким. Все среднедекадные температуры летнего сезона, за исключением 1 декады июня, были с положительными отклонениями от многолетних значений, в том числе выше верхнего предела статистической нормы. Летнее количество осадков было меньше нормы – $60,5\%$ ($n = -1,1$), при высоких температурах (см. рис. 1, 2), часто наступал дефицит влаги в почве, особенно на участках с бедными песчаными почвами и глубоким залеганием грунтовых вод.

Осенний сезон начался 2 сентября ($n = -0,1$) в день устойчивого перехода среднесуточных температур ниже $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и закончился поздно – 3 декабря ($n = 1,1$). Продолжительность его была большой – 93 дня ($n = 1,2$). Температурный режим был близким к средне-многолетним значениям ($n = -0,6$), количество осадков – в пределах статистической нормы ($n = 0,4$). 4 декабря среднесуточные температуры воздуха опустились ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, начался зимний сезон 2021–2022 гг. В этот же день завершился фенологический 2021 год, который продолжался 388 дней.

Фенологический материал по сезонному развитию растений в 2021 году и даты температурных переходов оформлены в таблице. По таблице легко определить степень сходства развития вида в текущем году в сравнении с многолетними сроками.

Феноклиматический спектр развития растений Воронежского заповедника в 2021 году
 Phenoclimatic spectrum of plant development in Voronezh State Nature Biosphere Reserve in 2021

Сезонное явление	Название вида или сезонное явление	2021 г., день, месяц (A)	$M \pm \sigma$ (B)	A-B, дни	$(A-B)/\sigma$, n
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
	Среднесуточные $t > -5^{\circ}$	26.02	02.03 ± 20	-4	-0,2
	Максимальная $t > 0^{\circ}$	14.03	08.03 ± 17	6	0,4
	Среднесуточные $t > 0^{\circ}$	14.03	23.03 ± 12	-9	-0,75
	Полный сход снега в лесу	05.04	03.04 ± 12	2	0,2
Начало цветения	<i>Tussilago farfara</i>	11.04	07.04 ± 9	4	0,4
Начало цветения	<i>Corylus avellana</i>	02.04	08.04 ± 10	-6	-0,6
Начало цветения	<i>Scilla siberica</i>	06.04	09.04 ± 7	-3	-0,4
	Среднесуточные $t > 5^{\circ}$	07.04	10.04 ± 8	-3	-0,4
Начало цветения	<i>Alnus glutinosa</i>	02.04	10.04 ± 10	-8	-0,8
	Минимальная $t > 0^{\circ}$	12.04	11.04 ± 9	1	0,1
	Последний снег	27.04	14.04 ± 15	13	0,9
Начало цветения	<i>Corydalis solida</i>	10.04	15.04 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Pulmonaria obscura</i>	14.04	16.04 ± 8	-2	-0,25
Начало цветения	<i>Gagea lutea</i>	12.04	17.04 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Corydalis marschalliana</i>	12.04	17.04 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Populus tremula</i>	12.04	18.04 ± 8	-6	-0,75
Начало цветения	<i>Ficaria verna</i>	12.04	18.04 ± 7	-6	-0,9

Продолжение таблицы / Continuation of table

1	2	3	4	5	6
Начало цветения	<i>Anemonoides ranunculoides</i>	14.04	19.04 ± 7	-5	-0,7
	Среднесуточные t > 8°	11.04	19.04 ± 10	-8	-0,8
Начало цветения	<i>Pulsatilla patens</i>	18.04	20.04 ± 6	-2	-0,3
Начало облиствения	<i>Ribes nigrum</i>	17.04	22.04 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Asarum europaeum</i>	15.04	22.04 ± 11	-7	-0,1
Начало облиствения	<i>Padus avium</i>	17.04	23.04 ± 8	-6	-0,6
Начало цветения	<i>Caltha palustris</i>	20.04	24.04 ± 7	-4	-0,6
Начало облиствения	<i>Betula sp.</i>	24.04	26.04 ± 8	-2	-0,25
	Среднесуточные t > 10°	12.04	27.04 ± 9	-15	-1,7
Начало облиствения	<i>Corylus avellana</i>	20.04	27.04 ± 9	-7	-0,8
Начало облиствения	<i>Sorbus aucuparia</i>	26.04	28.04 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Betula sp.</i>	25.04	29.04 ± 8	-4	-0,5
Начало цветения	<i>Primula veris</i>	26.04	01.05 ± 6	-5	-0,8
Начало облиствения	<i>Vaccinium myrtillus</i>	10.05	01.05 ± 7	9	1,3
Начало цветения	<i>Acer platanoides</i>	25.04	01.05 ± 8	-6	-0,75
Начало облиствения	<i>Acer tataricum</i>	04.05	02.05 ± 7	2	0,3
Начало цветения	<i>Carex pilosa</i>	н	02.05 ± 7		
Начало облиствения	<i>Acer platanoides</i>	30.04	02.05 ± 7	-2	-0,3
Начало облиствения	<i>Alnus glutinosa</i>	02.05	02.05 ± 8	0	0
Начало облиствения	<i>Quercus robur</i> (ранняя форма)	02.05	03.05 ± 8	-1	-0,2
Начало цветения	<i>Lathyrus vernus</i>	05.05	03.05 ± 7	2	0,3
Начало облиствения	<i>Populus tremula</i>	01.05	04.05 ± 7	-3	-0,4
Начало облиствения	<i>Tilia cordata</i>	04.05	04.05 ± 7	0	0
	Минимальная t > 5°	01.05	06.05 ± 12	-5	-0,4
Начало цветения	<i>Barbarea arcuata</i>	02.05	06.05 ± 6	-4	-0,7
Начало цветения	<i>Amelanchier spicata</i>	05.05	06.05 ± 7	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Padus avium</i>	04.05	06.05 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Vaccinium myrtillus</i>	11.05	06.05 ± 8	5	0,6
Начало облиствения	<i>Frangula alnus</i>	04.05	07.05 ± 9	-3	-0,2
Начало цветения	<i>Ribes nigrum</i>	04.05	07.05 ± 8	-3	-0,4
Начало цветения	<i>Quercus robur</i> (ранняя форма)	08.05	07.05 ± 8	1	0,1
Начало цветения	<i>Stellaria holostea</i>	15.05	09.05 ± 7	6	0,9
Начало цветения	<i>Sambucus racemosa</i>	08.05	10.05 ± 8	-2	-0,25
	Посл. заморозок в воздухе	29.04	11.05 ± 15	-12	-0,8
Начало цветения	<i>Chelidonium majus</i>	15.05	12.05 ± 8	3	0,4
Начало цветения	<i>Geum rivale</i>	14.05	14.05 ± 8	0	0
Начало цветения	<i>Convallaria majalis</i>	16.05	15.05 ± 6	1	0,2
Начало цветения	<i>Fragaria vesca</i>	25.05	15.05 ± 7	10	1,4
Начало цветение	<i>Caragana arborescens</i>	16.05	15.05 ± 8	1	0,1
Начало цветения	<i>Syringa vulgaris</i>	15.05	15.05 ± 8	0	0
	Посл. заморозок на почве	06.05	17.05 ± 14	-11	-0,8
Начало цветения	<i>Trientalis europaea</i>	16.05	18.05 ± 6	-2	-0,3
Начало облиствения	<i>Quercus robur</i> (поздняя форма)	17.05	18.05 ± 6	-1	-0,2
Начало цветения	<i>Euonymus verrucosa</i>	16.05	18.05 ± 9	-2	-0,2
Мас. созрев. плодов	<i>Populus tremula</i>	18.05	18.05 ± 7	0	0
Начало цветения	<i>Galium odoratum</i>	14.05	19.05 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Sorbus aucuparia</i>	17.05	19.05 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Polygonatum multiflorum</i>	18.05	19.05 ± 7	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Pinus sylvestris</i>	18.05	19.05 ± 7	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Quercus robur</i> (поздняя форма)	23.05	20.05 ± 6	3	0,5
Начало цветения	<i>Centaurea marschalliana</i>	17.05	21.05 ± 9	-4	-0,4

Продолжение таблицы / Continuation of table

1	2	3	4	5	6
Начало цветения	<i>Maianthemum bifolium</i>	18.05	23.05 ± 7	-5	-0,7
Начало цветения	<i>Ranunculus polyanthemos</i>	23.05	23.05 ± 7	0	0
	Среднесуточные $t > 15^{\circ}$	14.05	23.05 ± 13	-9	-0,7
Начало цветения	<i>Acer tataricum</i>	19.05	24.05 ± 8	-5	-0,6
Начало цветения	<i>Frangula alnus</i>	26.05	26.05 ± 9	0	0
Начало цветения	<i>Scorzonera purpurea</i>	н	28.05 ± 8		
Начало цветения	<i>Viscaria vulgaris</i>	29.05	29.05 ± 7	0	0
Начало цветения	<i>Pilosella officinarum</i>	29.05	30.05 ± 7	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Bistorta officinalis</i>	26.05	30.05 ± 7	-4	-0,6
Начало цветения	<i>Anthriscus sylvestris</i>	27.05	30.05 ± 7	-3	-0,4
Начало цветения	<i>Melampyrum pratense</i>	04.06	30.05 ± 7	5	0,7
Начало цветения	<i>Achillea millefolium</i>	05.06	31.05 ± 8	5	0,6
Начало цветения	<i>Campanula patula</i>	29.05	31.05 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Iris pseudacorus</i>	29.05	01.06 ± 7	-3	-0,4
Начало цветения	<i>Rubus ideus</i>	31.05	01.06 ± 8	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Melampyrum nemorosum</i>	н	02.06 ± 9		
Начало цветения	<i>Nuphar lutea</i>	14.06	04.06 ± 8	10	1,25
Начало цветения	<i>Nimphaea alba</i>	09.06	04.06 ± 8	5	0,6
Начало цветения	<i>Geranium sanguineum</i>	04.06	04.06 ± 9	0	0
Начало цветения	<i>Leucanthemum vulgare</i>	01.06	05.06 ± 7	-4	-0,6
Начало цветения	<i>Aegopodium podagraria</i>	06.06	08.06 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Dactylis glomerata</i>	13.06	10.06 ± 8	3	0,4
Начало цветения	<i>Genista tinctoria</i>	11.06	10.06 ± 11	1	0,1
Начало цветения	<i>Vicia cracca</i>	01.06	10.06 ± 10	-9	-0,9
	Минимальная $t > 10^{\circ}$	29.05	10.06 ± 14	-12	-0,9
Начало цветения	<i>Campanula persicifolia</i>	12.06	14.06 ± 7	-2	-0,3
Начало цветения	<i>Leonurus quinquelobatus</i>	14.06	15.06 ± 7	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Stachys sylvatica</i>	13.06	16.06 ± 9	-3	-0,3
Начало цветения	<i>Impatiens noli-tangere</i>	13.06	18.06 ± 8	-5	-0,6
Начало цветения	<i>Archangelica officinalis</i>	15.06	19.06 ± 7	-4	-0,6
Перв.зрел.плоды	<i>Fragaria vesca</i>	урожая не было			
Начало цветения	<i>Galium verum</i>	16.06	20.06 ± 7	-4	-0,6
Начало цветения	<i>Campanula latifolia</i>	21.06	23.06 ± 5	-2	-0,4
Перв. зрел. плоды	<i>Vaccinium myrtillus</i>	22.06	23.06 ± 8	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Filipendula ulmaria</i>	21.06	23.06 ± 8	-2	-0,25
Начало цветения	<i>Hypericum perforatum</i>	21.06	25.06 ± 8	-4	-0,5
Начало цветения	<i>Cichorium intybus</i>	24.06	26.06 ± 8	-2	-0,25
Мас. созр. плодов	<i>Vaccinium myrtillus</i>	26.06	26.06 ± 5	0	0
Начало цветения	<i>Tilia cordata</i>	20.06	27.06 ± 8	-7	-0,9
Перв. зрел. плоды	<i>Sambucus racemosa</i>	28.06	29.06 ± 10	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Campanula trachelium</i>	26.06	30.06 ± 9	-4	-0,4
Начало цветения	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	н	01.07 ± 11		
Перв. зрел. плоды	<i>Padus avium</i>	28.06	04.07 ± 9	-6	-0,7
Мас. созр. плодов	<i>Amelanchier spicata</i>	н	05.07 ± 10		
Начало цветения	<i>Origanum vulgare</i>	28.06	05.07 ± 9	-7	-0,8
Перв. зрел. плоды	<i>Rubus idaeus</i>	28.06	05.07 ± 9	-7	-0,8
Начало цветения	<i>Campanula rotundifolia</i>	28.06	05.07 ± 11	-7	-0,6
Начало цветения	<i>Lysimachia vulgaris</i>	28.06	07.07 ± 10	-9	-0,9
Мас. созр. плодов	<i>Sambucus racemosa</i>	н	07.07 ± 10		
Мас. созр. плодов	<i>Ribes nigrum</i>	н	09.07 ± 9		
Начало цветение	<i>Helichrysum arenarium</i>	06.07	09.07 ± 9	-3	-0,3

Продолжение таблицы / Continuation of table

1	2	3	4	5	6
Начало цветения	<i>Tanacetum vulgare</i>	06.07	13.07 ± 7	-7	-1
Начало цветение	<i>Solidago virgaurea</i>	12.07	13.07 ± 9	-1	-0,1
Мас. созр. плодов	<i>Padus avium</i>	05.07	13.07 ± 11	-8	-0,7
Начало цветения	<i>Eupatorium cannabinum</i>	14.07	14.07 ± 9	0	0
Начало цветения	<i>Centaurea jacea</i>	16.07	17.07 ± 13	-1	-0,1
Начало цветения	<i>Sanguisorba officinalis</i>	н	20.07 ± 6		
Перв. зрел. плоды	<i>Frangula alnus</i>	21.07	23.07 ± 11	-2	-0,2
Начало цветения	<i>Artemisia absinthium</i>	н	25.07 ± 6		
Начало цветения	<i>Artemisia vulgaris</i>	н	26.07 ± 7		
Начало цветения	<i>Calluna vulgaris</i>	н	04.08 ± 9		
Начало цветения	<i>Hylotelephium maximum</i>	09.08	05.08 ± 11	4	0,4
Начало цветения	<i>Molinia caerulea</i>	н	07.08 ± 6		
Перв. зрел. плоды	<i>Corylus avellana</i>	04.08	09.08 ± 9	-5	-0,6
Перв. зрел. плоды	<i>Euonymus verrucosa</i>	н	11.08 ± 10		
Мас. созр. плодов	<i>Sorbus aucuparia</i>	16.08	18.08 ± 13	-2	-0,15
Начало цветения	<i>Phragmites australis</i>	н	19.08 ± 9		
Начало осенней окраски	<i>Padus avium</i>	23.08	25.08 ± 12	-2	-0,2
	Минимальная t < 10°	02.09	27.08 ± 11	5	0,5
Начало осенней окраски	<i>Tilia cordata</i>	09.08	31.08 ± 13	-22	-1,7
Начало листопада	<i>Padus avium</i>	23.08	31.08 ± 14	-8	-0,6
Мас. созр. плодов	<i>Euonymus europaea</i>	н	02.09 ± 11		
Начало осенней окраски	<i>Betula sp.</i>	12.09	02.09 ± 14	10	0,7
	Среднесуточные t < 15°	02.09	03.09 ± 10	-1	-0,1
Начало листопада	<i>Betula sp.</i>	12.09	05.09 ± 13	7	0,5
Начало осенней окраски	<i>Corylus avellana</i>	13.09	06.09 ± 12	7	0,6
Начало осенней окраски	<i>Sorbus aucuparia</i>	11.09	06.09 ± 13	5	0,4
Начало осенней окраски	<i>Frangula alnus</i>	09.08	07.09 ± 14	-29	-0,8
Начало осенней окраски	<i>Populus tremula (рф)</i>	06.09	08.09 ± 12	-2	-0,2
Начало осенней окраски	<i>Acer tataricum</i>	13.09	08.09 ± 13	5	0,4
Начало листопада	<i>Populus tremula (рф)</i>	06.09	08.09 ± 14	-2	-0,1
Начало осенней окраски	<i>Quercus robur (ранняя форма)</i>	13.09	09.09 ± 9	4	0,4
Начало осенней окраски	<i>Acer platanoides</i>	23.09	09.09 ± 7	4	0,6
Начало листопада	<i>Tilia cordata</i>	09.08	09.09 ± 12	-31	-2,6
Полн. осен. окраска	<i>Pinus sylvestris</i>	21.09	11.09 ± 13	10	0,8
Перв. зрел. плоды	<i>Quercus robur (поздняя форма)</i>	нет урожая	12.09 ± 7		
Начало листопада	<i>Corylus avellana</i>	15.09	14.09 ± 10	1	0,1
Начало осенней окраски	<i>Quercus robur (поздняя форма)</i>	13.09	14.09 ± 9	-1	-0,1
Начало листопада	<i>Acer platanoides</i>	н	15.09 ± 9		
Полн. осен. окраска	<i>Padus avium</i>	не выражено	17.09 ± 10		
Начало листопада	<i>Alnus glutinosa</i>	15.09	18.09 ± 13	-3	-0,2
	Первый заморозок на почве	07.09	19.09 ± 11	-12	-1,1
Начало листопада	<i>Fraxinus excelsior</i>	06.09	20.09 ± 12	-14	-1,2
Начало листопада	<i>Quercus robur (поздняя форма)</i>	не выражено	21.09 ± 11		
Полн. осен. окраска	<i>Sorbus aucuparia</i>	не выражено	21.09 ± 14		
	Первый заморозок в воздухе	06.09	22.09 ± 10	-16	-1,6
	Минимальная t < 5°	29.09	25.09 ± 10	4	0,4
Полн. осен. окраска	<i>Acer platanoides</i>	29.09	25.09 ± 8	4	0,5
Полн. осен. окраска	<i>Acer tataricum</i>	н	26.09 ± 8		
	Среднесуточные t < 10°	28.09	26.09 ± 8	2	0,25
Полн. осен. окраска	<i>Tilia cordata</i>	05.10	27.09 ± 10	8	0,8
Полн. осен. окраска	<i>Betula sp.</i>	11.10	28.09 ± 11	13	1,2

Окончание таблицы / End of table

1	2	3	4	5	6
Полн. осен. окраска	<i>Corylus avellana</i>	05.10	29.09 ± 9	6	0,7
Полн. осен. окраска	<i>Populus tremula</i>	08.10	30.09 ± 8	8	1
Полн. осен. окраска	<i>Fraxinus excelsior</i>	лист зеле- ный	30.09 ± 9		
Полн. осен. окраска	<i>Euonymus europaea</i>	06.10	01.10 ± 9	5	0,6
Полн. осен. окраска	<i>Euonymus verrucosa</i>	13.09*	01.10 ± 8	-18	-2,25*
Полн. осен. окраска	<i>Quercus robur</i> (поздняя форма)	14.10	02.10 ± 10	12	1,2
Конец листопада	<i>Padus avium</i>	06.10	08.10 ± 8	-2	-0,25
Конец листопада	<i>Sorbus aucuparia</i>	н	10.10 ± 10		
Конец листопада	<i>Fraxinus excelsior</i>	05.10	13.10 ± 6	-8	-1,3
Конец листопада	<i>Tilia cordata</i>	15.10	13.10 ± 6	2	0,3
Конец листопада	<i>Vaccinium myrtillus</i>	н	13.10 ± 10		
Конец листопада	<i>Acer platanoides</i>	15.10	15.10 ± 6	0	0
Конец листопада	<i>Populus tremula</i> (р.ф)	15.10	15.10 ± 7	0	0
Конец листопада	<i>Acer tataricum</i>	21.10	15.10 ± 8	6	0,75
Конец листопада	<i>Corylus avellana</i>	18.10	17.10 ± 5	1	0,2
	Первый снег	09.11	20.10 ± 15	20	1,3
	Среднесуточные $t < 5^{\circ}$	09.11	20.10 ± 11	20	1,8
Конец листопада	<i>Ribes nigrum</i>	16.10	20.10 ± 11	-4	-0,4
Конец листопада	<i>Frangula alnus</i>	16.10	20.10 ± 11	-4	-0,4
Конец листопада	<i>Alnus glutinosa</i>	21.10	21.10 ± 6	0	0
Конец листопада	<i>Quercus robur</i> (ранняя форма)	23.10	21.10 ± 10	2	0,2
Конец листопада	<i>Betula sp.</i>	25.10	22.10 ± 7	3	0,1
Конец листопада	<i>Syringa vulgaris</i>	22.10	25.10 ± 6	-3	-0,5
Конец листопада	<i>Quercus robur</i> (поздняя форма)	23.10	26.10 ± 12	-3	-0,25
	Минимальная $t < 0^{\circ}$	10.11	29.10 ± 15	12	0,8
	Среднесуточные $t < 0^{\circ}\text{C}$	04.12	18.11 ± 14	16	1,1
	Максимальная $t < 0^{\circ}$	11.12	30.11 ± 15	11	0,7
	Залегание снега на зиму	15.12	05.12 ± 17	10	0,6
	Среднесуточные $t < -5^{\circ}\text{C}$	21.12	17.12 ± 21	4	0,2

Примечание: н – нет наблюдений; * – листья бересклета бородавчатого приняли осеннюю окраску, потеряли тургор и опали из-за теплой сухой погоды.

Note: n – no observations; * – the leaves of the warty euonymus took on an autumn color, lost their turgor and fell off due to warm, dry weather.

В фенологии широко используют графики феноаномалий, которые хорошо иллюстрируют особенности сезонных явлений определенного года или нескольких лет в сравнении со среднемноголетними данными. Феноаномалии рассчитывают в днях [Щульц, 1981], а можно в нормированных отклонениях [Сапельникова, 2014]. Для визуализации данных 2021 года (см. таблицу) были взяты феноаномалии в виде нормированных отклонений (рис. 3). В странах умеренного и холодного климата первым и самым важным фактором сезонной динамики природы является температурный режим [Щульц, 1981], поэтому для понимания причин изменения или стабильности характера распределения данных по фенологии растений присутствие феноаномалий температурных переходов необходимо.

За начало безморозного периода в Воронежском заповеднике принята дата устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через 0°C . С этого дня начинается весенний сезон. В 2021 году фенологическая весна началась в обычные сроки. В весенний период вегетационного сезона температурный режим соответствовал среднемноголетним характеристикам.

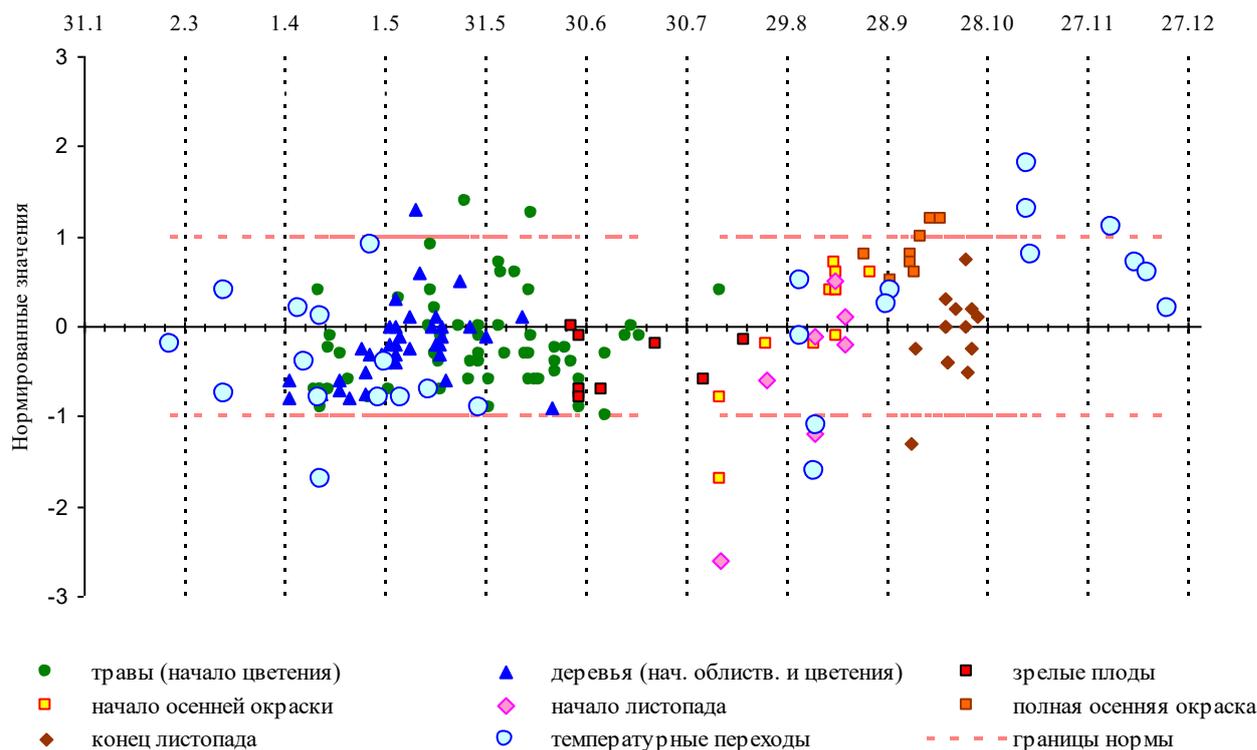


Рис. 3. Схема сезонного развития растений в Воронежском заповеднике в 2021 году
Fig. 3. Scheme of seasonal plant development in Voronezh State Nature Biosphere Reserve in 2021

Даты температурных переходов и некоторых абиотических событий наступали в пределах статистической нормы годового хода температур в сравнении с многолетними показателями, как правило, ближе к нижней (опережающей) границе.

В соответствие с таким погодным режимом сезонный ритм растений в этот период также соответствовал среднемноголетним значениям (см. рис. 3). Даты начала цветения в апреле практически всех трав, начало облиствения и начало цветения у древесно-кустарниковых видов (см. таблицу) наступали с отрицательными отклонениями от многолетней даты в пределах статистической нормы. Как было указано выше, похолодание в первой декаде мая сразу же сказалось на скорости развития. Наблюдалось более длительное прохождение фаз бутонизации или разворачивания почек (древесно-кустарниковые виды): с начала мая до середины месяца отклонения фенологических дат от многолетних значений становятся у некоторых видов положительными в пределах статистической нормы. В целом отставание или опережение начала цветения и облиствения видов в весенний период не выходило за границы нормы и согласуется с гидротермическими особенностями погоды в это время.

Ранее для Воронежского заповедника было показано [Сапельникова, Базильская и др, 2012], что такие фенологические события, как начало облиствения и цветения у лещины (*Corylus avellana*), черёмухи (*Padus avium*), берёзы (*Betula sp.*), рябины (*Sorbus aucuparia*) и липы (*Tilia cordata*) с конца 30-х годов прошлого столетия по 2012 год в среднем стали достоверно наступать раньше. В 2021 году раннего наступления указанных явлений не отмечено, фенологические даты зарегистрированы в статистически нормальные сроки.

Из фенологических особенностей весеннего сезона можно отметить следующее. На фоне хорошего развития и цветения эфемероидов: пролески сибирской (*Scilla siberica*),

желтого (*Gagea lutea*) и малого гусиных луков (*Gagea minima*), хохлаток Маршалла (*Corydalis marshalliana*) и плотной (*Corydalis solida*), цветение медуницы неясной (*Pulmonaria obscura*) наступило в обычные сроки, но было слабым и недружным, обращало на себя внимание некоторое отставание роста генеративных побегов от роста листьев в розетке, что не соответствует обычному ходу сезонного развития вида. Причины такого состояния медуницы весной 2021 г. связаны с аномально жарким и сухим летним сезоном 2020 г., теплым и сухим началом осени 2020 г. Генеративные побеги будущего года у этого вида начинают формироваться с июля. Медуница входит в группу видов, у которых осенью в почках возобновления полностью сформирован побег будущего года [Смирнова, 1978]. То есть в 2021 году мы наблюдали массовое недоразвитие генеративных побегов медуницы в связи с аномалиями погоды предыдущего сезона вегетации.

На цветении и плодоношении земляники лесной (*Fragaria vesca*) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*) в 2021 году сухой и жаркий вегетационный период также сказался отрицательно. Начало цветения задержалось ($n = 1,4$), цветение было слабым или отсутствовало совсем на многих участках заповедника. Обращает на себя внимание и положительное нормированное отклонение больше 1 у кубышки желтой (*Nuphar lutea*) ($n = 1,25$). Вид в 2021 году плохо развивался, кубышка зацвела позже многолетних сроков, листьев и цветущих растений было очень мало. Возможно, это как-то связано с загрязнением реки Усманка в конце осени 2020 г.

Летний отрезок вегетационного периода начался 14 мая, ближе к нижней границе статистической нормы многолетней даты – 23 мая. Как было указано выше, температурный режим летнего времени года был очень жарким, с периодами дефицита влаги. Тепло в первой половине вегетационного сезона обычно ускоряет наступление фаз у растений. Отклонения в сроках дат цветения от среднемноголетних значений были, как правило, отрицательными (опережающими) для большинства наблюдаемых растений, но в пределах статистической нормы (см. таблицу, см. рис. 3). На темпы созревания плодов повышенный температурный режим также оказывает ускорение, что мы наблюдаем по датам и отрицательным значениям нормированных отклонений. Но при недостатке влаги вместо быстрого созревания урожая происходит засыхание и отмирание завязей. Одновременно при высоких летних температурах создаётся более благоприятная среда для развития насекомых – вредителей плодов. Массовое размножение насекомых отрицательно сказалось на урожайности и качестве плодов лещины (*Corylus avellana*), дуба (*Acer platanoides*), клёна остролистного (*Quercus robur*) в 2021 году.

Со второй половины лета в зависимости от ландшафтного уровня территории, богатства почвы и уровня залегания грунтовых вод стали проявляться явления потери тургора у травянистых растений, изменения окраски листьев и ранний листопад у древесно-кустарниковых видов. Такое состояние листового аппарата растений – надёжный индикатор наступления резкого дефицита влаги в ценозе. Летние проявления осенней окраски листвы у древесно-кустарниковых видов наблюдаются в той или иной степени ежегодно, но не каждый год наблюдается массовое падение тургора зеленых листьев. Как только в начале сентября ослабла жара и прошел небольшой дождь, растения оживились: появились молодые листья у сныти (*Aegopodium podagraria*), отросли верхушечные части побегов у подмаренника пахучего (*Galium odoratum*), снова зацвел чистотел (*Chelidonium majus*), появились молодые листья у сердечника-недотроги (*Cardamine impatiens*), тронулись в рост молодые побеги у малины (*Rubus idaeus*), кое-где у подроста клёна остролистного появились новые молодые листья. Всё это указывает на то, что в целом явление летней засухи не принесло значительных необратимых повреждений.

Осенний отрезок вегетационного периода начался в обычные сроки, а закончился позже статистической нормы. Температурные переходы осени имеют нормированные отклонения со знаком «+» – отставание в наступлении сроков. Исключением стали ранние даты первых заморозков на почве и в воздухе, соответственно $n = -1,1$ и $n = -1,6$ (см. таб-

лицу). Низкие максимальные температуры воздуха в первой декаде сентября и ранние заморозки способствовали активации осенних процессов у древесно-кустарниковых видов после столь жаркого летнего сезона. В целом температурный режим сентября соответствовал многолетним нормам (см. рис. 1). Первые осенние явления – начало осенней окраски и начало листопада у разных видов несколько отставали или опережали многолетнюю дату, но в пределах статистической нормы, за исключением липы (*Tilia cordata*) (см. таблицу, рис. 3). Полная осенняя окраска деревьев в Воронежском заповеднике в последние годы заметно задерживается [Сапельникова, 2015]. В 2021 году золотая осень наступила в сроки, близкие к верхней границе многолетней нормы. Конец листопада у древесно-кустарниковых видов закончился достаточно дружно в обычные сроки.

Длительность безморозного периода в 2021 году, в течение которого может проявляться вегетационная активность у растений, составила 206 дней, что продолжительнее многолетней статистической нормы $180,6 \pm 21,5$ ($n = 1,2$).

Заключение

Анализ погоды и фенологических событий растений Воронежского заповедника в 2021 году показал следующее. Сезонное развитие в весенний и летний период проходило в соответствие с многолетними статистическими нормами. Аномально высокие температуры в июле и августе способствовали массовому изменению окраски листвы и летнему листопаду у древесно-кустарниковых деревьев, раннему старту осенних процессов. Теплое начало осеннего сезона задержало наступление полной осенней окраски листвы, листопад деревьев и кустарников завершился в нормальные многолетние сроки. Теплая погода в ноябре и позднее окончание осеннего сезона способствовали подземному развитию почек возобновления травянистых растений, у которых в жаркую летнюю погоду процессы роста были замедлены или остановились.

В целом при высоком значении среднегодовой температуры воздуха сезонное развитие растений соответствовало многолетним нормам.

Список литературы

- Базильская И.В., Булкина А.П. 1979. Закономерности и отклонения в годовом цикле климатического режима Воронежского заповедника. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 22: 3–23.
- Базильская И.В., Стародубцева Е.А. 2012. Метеорологическая служба Воронежского заповедника. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 26: 165–169.
- Венгеров П.Д., Сапельникова И.И., Базильская И.В., Масалькин А.И. 2001. Климатические изменения и вызываемые ими прямые и косвенные эффекты в Воронежском заповеднике. *В кн.: Влияние изменений климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений*. М., WWF: 39–47.
- Гулинова Н.В. 1974. Методы агроклиматической обработки наблюдений. Л., Гидрометеиздат, 152 с.
- Жарков И.В. 1956. Простейшие наблюдения в природе. Пособие для наблюдателей заповедников. Второе доп. издание. М., Изд-во Мин-ва сельского хозяйства СССР, 128 с.
- Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., Наука, 424 с.
- Лавров Л.С., Семенов В.А., Трегубов В.В. 1989. Воронежский заповедник. *В кн.: Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. Ч. 2*. М., Мысль: 164–188.
- Маевский П.Ф. 2014. Флора средней полосы Европейской части России. 11-е издание. М., Товарищество научных изданий КМК, 635 с.
- Минин А.А., Ананин А.А., Буйволов Ю.А., Ларин Е.Г., Лебедев П.А., Поликарпова Н.В., Прокошева И.В., Руденко М.И., Сапельникова И.И., Федотова В.Г., Шуйская Е.А., Яковлева М.В., Янцер О.В. 2020. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России. *Nature Conservation Research. Заповедная наука*, 5(4): 89–110. DOI: <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.060>

- Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. 2017. Феноиндикация изменений климата за период 1976-2015 гг. в Центральной части европейской территории России: берёза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)), черёмуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.). *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, 28(3): 5–22.
- Преображенский С.М., Галахов Н.Н. 1948. Фенологические наблюдения. Руководство. М., 156 с.
- Сапельникова И.И. 2000. Опыт анализа и форма представления фенологических данных в «Летопись природы» на примере Воронежского заповедника. *В кн.: Ботанические, почвенные и ландшафтные исследования в заповедниках Центрального Черноземья. Труды Ассоциации особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья России. Вып. 1. Тула: 50–57.*
- Сапельникова И.И. 2002а. Некоторые результаты анализа динамики многолетних рядов ВГЗ. *В кн.: История и развитие идей П.П. Семенова-Тян-Шанского в современной науке и практике школьного образования. Липецк: 183–184.*
- Сапельникова И.И. 2002б. Связь гидротермических и фенологических событий в ВГЗ. *В кн.: История и развитие идей П.П. Семенова-Тян-Шанского в современной науке и практике школьного образования. Липецк: 184–186.*
- Сапельникова И.И. 2007. Многолетние данные по фенологии некоторых растительных сообществ Воронежского заповедника. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 24: 180–233.
- Сапельникова И.И. 2014. Феноклиматическая периодизация года на примере Воронежского заповедника. *Труды государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский»*, 3(5): 199–206.
- Сапельникова И.И. 2015. Фенология осенних процессов древесно-кустарниковых видов в Воронежском заповеднике. *В кн.: Современное состояние фенологии и перспективы ее развития. Материалы международной научно-практической конференции (17–18 декабря 2015 г.). Екатеринбург: 268–275.*
- Сапельникова И.И. 2018. Фенологические исследования в Воронежском заповеднике. *В кн.: Летопись природы России: фенология. Материалы I Международной фенологической школы-семинара в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике 13–17 августа 2018 г. Великие Луки: 182–196.*
- Сапельникова И.И. 2020. Сезонное развитие рябчика русского (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) в Воронежском заповеднике. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 29: 175–198.
- Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2002. Оценка корреляционных связей и цикличности для метеорологических показателей Воронежского заповедника. *В кн.: Роль особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья в сохранении и изучении биоразнообразия лесостепи. Материалы научно-практической конференции (г. Воронеж, ст. Графская 1–3 октября 2002 г.). Воронеж, Кривичи: 217–230.*
- Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2010. Температурные рубежи в многолетней динамике метеорологических наблюдений Воронежского госзаповедника. *В кн.: Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях. Материалы научно-практической конференции (20–23 сентября 2010 г. пос. Варварино, Воронежская область). Воронеж: 263–266.*
- Сапельникова И.И., Базильская И.В., Грибкова А.С. 2012. Некоторые факты потепления весенних сезонов в Воронежском заповеднике. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 26: 7–16.
- Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2015. Долговременные изменения некоторых фенологических параметров календарного года в Воронежском биосферном заповеднике. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, 26(1): 49–67.
- Сапельникова И.И., Прокошева И.В., Шуйская Е.А., Аблеева В.А., Зануздаева Н.В., Каримова М.Е., Соколова Г.В., Федченко И.А., Целищева Л.Г. 2020. Аномалии фенологической зимы 2019–2020 гг. на Европейской территории России. *В кн.: Летопись природы: фенология, отклики биоты на изменение климата. Материалы II Международная научная конференция в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике (10–14 августа 2020 г.). М., Тов-во. научных изданий КМК: 28–45.*

- Смирнова О.В. 1978. Медуница неясная. В кн.: Биологическая флора Московской области. Под ред. Т.А. Работнова. Вып.4. М., Изд-во Московского университета: 179–190.
- Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. 1985. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. М., Наука, 160 с.
- Шиманюк А.П. 1938. Методика и программа основных фенологических наблюдений. М., Наркомпрос РСФСР, 160 с.
- Шульц Г.Э. 1981. Общая фенология. Л., Наука, 188 с.
- Delgado M.M. et al. 2020. Differences in spatial versus temporal reaction norms for spring and autumn phenological events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(49): 31249–31258. DOI: 10.1073/pnas.2002713117
- Sapel'nikova I.I., Prokosheva I.V., Shuyskaya E.A., Ableeva V.A., Zanuzdaeva N.V., Karimova M.E., Sokolova G.V., Fedchenko I.A., Tselishcheva L.G., Volkov V.P. 2021. Some anomalies of the phenological winter 2019–2020 in the European territory of Russia. *Ekologicheskii monitoring i modelirovaniye ekosistem*, 23(1–2): 14–36 (in Russian). DOI: 10.21513/0207-2564-2021-1-2-14-36
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Available at: <http://powo.science.kew.org> (accessed 26 April 2022).
- Ovaskainen O. et al. 2020. Chronicles of nature calendar, a long-term and large-scale multitaxon database on phenology. *Scientific data*, 7(1): 1–11. DOI: 10.1038/s41597-020-0376-z

References

- Bazil'skaya I.V., Bulkina A.P. 1979. Zakonomernosti i otkloneniya v godovom tsikle klimaticheskogo rezhima Voronezhskogo zapovednika [Patterns and deviations in the annual cycle of the climatic regime of the Voronezh Reserve]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 22: 3–23.
- Bazil'skaya I.V., Starodubtseva E.A. 2012. Meteorologicheskaya sluzhba Voronezhskogo zapovednika [Meteorological Service of the Voronezh Reserve]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 26: 165–169.
- Vengerov P.D., Sapel'nikova I.I., Bazil'skaya I.V., Masalykin A.I. 2001. Klimaticheskie izmeneniya i vyzyvayemye imi pryamyie i kosvennyie efekty v Voronezhskom zapovednike [The climate change and its direct and indirect effects in the Voronezh Reserve]. In: *Vliyanie izmeneniy klimata na ekosistemy. Okhranyaemye prirodnyie territorii Rossii: analiz mnogoletnikh nablyudeniy* [Impact of climate change on ecosystems. Protected natural areas of Russia: analysis of long-term observations]. Moscow, Publ. WWF: 39–47.
- Gulinova N.V. 1974. Methods of agroclimatic processing of observations. Leningrad, Gidrometeoizdat, 152 p. (in Russian).
- Zharkov I.V. 1956. The simplest observations in nature. Handbook for the observers of reserves. 2nd add. edition. Moscow, Publ. Ministry of Agriculture of the USSR, 128 p. (in Russian)
- Zaytsev G.N. 1984. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Publ. Nauka, 424 p.
- Lavrov L.S., Semenov V.A., Tregubov V.V. 1989. Voronezhskiy zapovednik [Voronezh Reserve]. In: *Zapovedniki SSSR. Zapovedniki evropeyskoy chasti RSFSR* [Reserves of the USSR. Reserves of the European part of the RSFSR]. Pt. 2. Moscow, Publ. Mysl: 164–188.
- Maevskiy P.F. 2014. Flora sredney polosy Evropeyskoy chasti Rossii [Flora of the middle zone of the European part of Russia]. 11th edition. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 635 p. (in Russian)
- Minin A.A., Ananin A.A., Buyvolov Yu.A., Larin E.G., Lebedev P.A., Polikarpova N.V., Prokosheva I.V., Rudenko M.I., Sapel'nikova I.I., Fedotova V.G., Shuyskaya E.A., Yakovleva M.V., Yantser O.V. 2020. Recommendations to unify phenological observations in Russia. *Nature Conservation Research*, 5(4): 89–110. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.060> (in Russian)
- Minin A.A., Ran'kova E.Ya., Rybina E.G., Buyvolov Yu.A., Sapel'nikova I.I., Filatova T.D. 2017. Phenindication of climate change for the period 1976–2015 in the central part of European Russia: common birch (silver birch) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)), bird cherry (*Padus avium* Mill.), Mountain ash (rowan) (*Sorbus aucuparia* L.), small-leaves lime (linden) (*Tilia cordata* Mill.). *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, 28(3): 5–22 (in Russian).
- Preobrazhenskiy S.M., Galakhov N.N. 1948. Phenological observations. Management. Moscow, 156 p. (in Russian).

- Sapelnikova I.I. 2000. Opyt analiza i forma predstavleniya fenologicheskikh dannykh v "Letopis' prirody" na primere Voronezhskogo zapovednika [The experience of analysis and the form of presentation of phenological data in the "Chronicle of Nature" on the example of the Voronezh Reserve]. *In: Botanicheskie, pochvennye i landshaftnye issledovaniya v zapovednikakh Tsentral'nogo Chernozem'ya. Trudy Assotsiatsii osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii* [Botanical, soil and landscape studies in the reserves of the Central Chernozem region. Proceedings of the Association of Specially Protected Natural Territories of the Central Chernozem Region of Russia]. Iss. 1. Tula: 50–57.
- Sapelnikova I.I. 2002a. Nekotorye rezultaty analiza dinamiki mnogoletnykh ryadov VGZ [Some results of the analysis of the dynamics of long-term IGZ series]. *In: Istoriya i razvitie idey P.P. Semenova-Tyan-Shanskogo v sovremennoy nauke i praktike shkol'nogo obrazovaniya* [History and development of the ideas of P.P. Semenov-Tyan-Shansky in modern science and practice of school education]. Lipetsk: 183–184.
- Sapelnikova I.I. 2002b. Svyaz' gidrotermicheskikh i fenologicheskikh sobytiy v VGZ [Relationship between hydrothermal and phenological events in the UGZ]. *In: Istoriya i razvitie idey P.P. Semenova-Tyan-Shanskogo v sovremennoy nauke i praktike shkol'nogo obrazovaniya* [History and development of the ideas of P.P. Semenov-Tyan-Shansky in modern science and practice of school education]. Lipetsk: 184–186.
- Sapelnikova I.I. 2007. Mnogoletniye dannye po fenologii nekotorykh rastitel'nykh soobshchestv Voronezhskogo zapovednika [Long-term data on the phenology of some plant communities of the Voronezh Reserve]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 24: 180–233.
- Sapelnikova I.I. 2014. Fenoklimaticheskaya periodizatsiya goda na primere Voronezhskogo zapovednika [Phenoclimatic periodization of the year on the example of the Voronezh Reserve]. *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika "Tsentral'nosibirskiy"*, 3(5): 199–206.
- Sapelnikova I.I. 2015. Fenologiya osennikh protsessov drevnesno-kustarnikovykh vidov v Voronezhskom zapovednike [Phenology of autumn processes of tree and shrub species in the Voronezh Reserve]. *In: Sovremennoe sostoyanie fenologii i perspektivy ee razvitiya* [Current state of phenology and prospects for its development]. Proceedings of the international scientific and practical conference (December 17–18, 2015). Ekaterinburg: 268–275.
- Sapelnikova I.I. 2018. Fenologicheskie issledovaniya v Voronezhskom zapovednike [Phenological research in the Voronezh Reserve]. *In: Letopis' prirody Rossii: fenologiya* [Chronicle of the nature of Russia: phenology]. Materials of the I International Phenological School-Seminar in the Central Forest State Natural Biosphere Reserve August 13–17, 2018. Velikie Luki: 182–196.
- Sapelnikova I.I. 2020. Sezonnoe razvitie ryabchika russkogo (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) v Voronezhskom zapovednike [Seasonal development of the Russian hazel grouse (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) in the Voronezh Reserve]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 29: 175–198.
- Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V. 2002. Otsenka korrelyatsionnykh svyazey i tsiklichnosti dlya meteorologicheskikh pokazateley Voronezhskogo zapovednika [Assessment of correlations and cyclicity for meteorological indicators of the Voronezh Reserve]. *In: Rol' osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy Tsentral'nogo Chernozem'ya v sokhraneni i izuchenii bioraznoobraziya lesostepi* [The role of specially protected natural areas of the Central Chernozem region in the conservation and study of the biodiversity of the forest-steppe]. Materials of the scientific-practical conference (Voronezh, Grafskaya station October 1–3, 2002). Voronezh, Krivichi: 217–230.
- Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V. 2010. Temperaturnye rubezhi v mnogoletney dinamike meteorologicheskikh nablyudeniy Voronezhskogo goszapovednika [Temperature boundaries in the long-term dynamics of meteorological observations of the Voronezh State Reserve]. *In: Problemy monitoringa prirodnykh protsessov na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh* [Problems of monitoring natural processes in specially protected natural areas]. Materials of the scientific-practical conference (September 20–23, 2010, Varvarino village, Voronezh region). Voronezh: 263–266.
- Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V., Gribkova A.S. 2012. Nekotorye fakty potepleniya vesennikh sezonov v Voronezhskom zapovednike [Some facts of warming of spring seasons in the Voronezh Reserve]. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 26: 7–16.

- Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V. 2015. Long-term changes in some phenological parameters of the calendar year in Voronezh Biosphere Reserve. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, 26(1): 49–67 (in Russian).
- Sapelnikova I.I., Prokosheva I.V., Shuyskaya E.A., Ableeva V.A., Zanzudaeva N.V., Karimova M.E., Sokolova G.V., Fedchenko I.A., Tselishcheva L.G. 2020. Anomalii fenologicheskoy zimy 2019–2020 gg. na Evropeyskoy territorii Rossii [Anomalies of the phenological winter 2019–2020 on the European territory of Russia]. In: *Letopis' prirody: fenologiya, otkliki bioty na izmeneniye klimata* [Chronicle of nature: phenology, biota responses to climate change]. Proceedings of the II International Scientific Conference in the Central Forest State Natural Biosphere Reserve (August 10–14, 2020). Moscow, KMK Scientific Press Ltd.: 28–45.
- Smirnova O.V. 1978. Medunitsa neyasnaya [Lungwort obscure]. In: *Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti* [Biological flora of the Moscow region]. T.A. Rabotnov (ed.). Vol. 4. Moscow, Publ. of Moscow University: 179–190.
- Filonov K.P., Nukhimovskaya Yu.D. 1985. *Letopis' prirody v zapovednikakh SSSR. Metodicheskoe posobie* [Chronicle of nature in the reserves of the USSR. Toolkit.]. Moscow, Publ. Nauka, 160 p.
- Shimanyuk A.P. 1938. Methodology and program of basic phenological observations. Moscow, Narkompros RSFSR, 160 p.
- Shul'ts G.E. 1981. *Obshchaya fenologiya* [General phenology]. Leningrad, Publ. Nauka, 188 p.
- Delgado M.M. et al. 2020. Differences in spatial versus temporal reaction norms for spring and autumn phenological events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(49): 31249–31258. DOI: 10.1073/pnas.2002713117
- Sapelnikova I.I., Prokosheva I.V., Shuyskaya E.A., Ableeva V.A., Zanzudaeva N.V., Karimova M.E., Sokolova G.V., Fedchenko I.A., Tselishcheva L.G., Volkov V.P. 2021. Some anomalies of the phenological winter 2019–2020 in the European territory of Russia. *Ekologicheskii monitoring i modelirovaniye ekosistem*, 23(1–2): 14–36 (in Russian). DOI: 10.21513/0207-2564-2021-1-2-14-36
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Available at: <http://powo.science.kew.org> (accessed 26 April 2022).
- Ovaskainen O. et al. 2020. Chronicles of nature calendar, a long-term and large-scale multitaxon database on phenology. *Scientific data*, 7(1): 1–11. DOI: 10.1038/s41597-020-0376-z

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Сапельникова Инна Игоревна, старший научный сотрудник, Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова, Госзаповедник, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Inna I. Sapelnikova, Senior Researcher, V.M. Peskov Voronezh State Natural Biosphere Reserve, Goszapovednik, Voronezh, Russia