

Оригинальная статья

УДК 597.833(470.44)

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-3-286-299>

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ ДАТЫ НАЧАЛА НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ *BOMBINA BOMBINA* И *PELOPHYLLAX RIDIBUNDUS* (AMPHIBIA, ANURA) В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ р. МЕДВЕДИЦА

М. В. Ермохин ^{1✉}, В. В. Табачишин ¹, В. Г. Табачишин ²

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

² Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН

Россия, 410028, г. Саратов, ул. Рабочая, д. 24

Поступила в редакцию 08.06.2025 г., после доработки 14.07.2025 г., принята 15.07.2025 г., опубликована 15.10.2025 г.

Аннотация. В 2023 – 2025 гг. проведен анализ дат окончания зимовки и начала нерестовых миграций жерлянки красnobрюхой и лягушки озерной на территории долины среднего течения р. Медведицы (бассейн Дона, Саратовская область). Установлено поступательное развитие весенних процессов в популяциях этих видов в 2024 г. и протекание их по типу ложной весны в 2023 и 2025 гг. Актуальные фенологические результаты были сопоставлены с ретроспективным временным рядом данных с 1892 по 2020 г. методом реконструкции динамики среднедекадной температуры среды в зимовальных биотопах. Показана относительная стабильность фенологической нормы даты начал нерестовых миграций двух видов амфибий в период до начала эпохи глобального потепления (с 1892 по 1960 г.), смещение этой даты на более ранние сроки в период с 1961 по 2020 гг. (на 5 сут.). В конце первой четверти XXI в. произошло резкое ускорение этого процесса (смещение на 10 сут. относительно актуальной фенологической нормы (среднее за 1991 – 2020 гг.)).

Ключевые слова: фенология, нерестовые миграции, бесхвостые амфибии, жерлянка красnobрюхая, лягушка озерная

Соблюдение этических норм. Протоколы с использованием животных были одобрены Комитетом по биоэтике Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (протокол № 9 от 14.05.2024 г.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Ермохин М. В., Табачишин В. В., Табачишин В. Г. Трансформация фенологической нормы даты начала нерестовых миграций *Bombina bombina* и *Pelophyllax ridibundus* (Amphibia, Anura) в среднем течении р. Медведица // Поволжский экологический журнал. 2025. № 3. С. 286 – 299. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-3-286-299>

✉ Для корреспонденции. Кафедра морфологии и экологии животных биологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

ORCID и e-mail адреса: Ермохин Михаил Валентинович: <https://orcid.org/0000-0001-6377-6816>, yermokhinmv@yandex.ru; Табачишин Василий Васильевич: vasya2000.t@yandex.ru; Табачишин Василий Григорьевич: <https://orcid.org/0000-0002-9001-1488>, tabachishinvg@sevin.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление климата определяет формирование существенной трансформации структуры годового цикла многих таксономических групп животных. Для умеренных широт наиболее заметны временные изменения весенних фенологических фаз в жизненном цикле амфибий (Terhivuo, 1988; Tryjanowski et al., 2003; Cohen et al., 2018; Prather et al., 2023). В настоящее время смещение календарных дат начала нерестовых миграций на более ранние сроки на фоне потепления климата не подвергается сомнению (Beebe, 1995; Gibbs, Breisch, 2001; Blaustein et al., 2002; Corn, 2005; Todd et al., 2011; Green, 2017; Arietta et al., 2020; Ivanov et al., 2023; Lenzi et al., 2023). Однако чувствительность различных видов к подобным изменениям может заметно отличаться. Предполагается, что более крупным фенологическим сдвигам могут быть подвержены виды бесхвостых амфибий с более ранними сроками размножения (Walpole et al., 2012).

Количественные параметры и направление фенологических сдвигов могут существенно отличаться в разных частях ареала видов из-за региональной специфичности погодно-климатических условий (Zellweger et al., 2019; Cayuela et al., 2020; Forti et al., 2022). Особенно важным сигнальным фактором, который определяет временной паттерн весенней фенологии в популяциях бесхвостых амфибий, считается динамика температуры среды в зимовальных биотопах конкретных видов (Scott et al., 2008; Ficetola, Maiorano, 2016).

На территории долины среднего течения р. Медведица наиболее распространёнными и многочисленными видами бесхвостых амфибий считаются чесночница Палласа – *Pelobates vespertinus* (Pallas, 1771), жерлянка краснобрюхая – *Bombina bombina* (Linnaeus, 1761) и лягушка озерная – *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Polukonova et al., 2013; Yermokhin et al., 2017a, 2018; Kaybeleva et al., 2019; Ruchin et al., 2020). Перечисленные виды отличаются по значениям биологического ноля, а, следовательно, и по датам окончания зимовки и начала нерестовых миграций.

Цель работы – выявить динамику изменения фенологической нормы даты окончания зимовки и начала нерестовых миграций двух видов бесхвостых амфибий (жерлянка краснобрюхая и лягушка озерная) за период метеорологических наблюдений (1892 – 2025 гг.) в регионе и сопоставить эти показатели с современными данными (2023 – 2025 гг.).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами данного исследования стали два вида бесхвостых амфибий (жерлянка краснобрюхая – *Bombina bombina* и лягушка озерная – *Pelophylax ridibundus*), населяющие долину р. Медведица в её среднем течении на территории Лысогорского района Саратовской области в окрестностях сел Урицкое, Атаевка и Чадаевка.

В качестве модельных водоёмов для проведения исследования выбраны три пойменных озера, расположенных в различных зонах долины р. Медведица: Садок (51°21'31" с.ш., 44°48'11" в.д.) – озеро центральной поймы, расположенное в 200 м от коренного русла реки; Коблово (51°18' с.ш., 44°49' в.д.) – притеррасное озеро в 0.6 км от русла и Черепашьё (51°21'52" с.ш., 44°49'05" в.д.) – в 1.5 км от русла ре-

ки. Выбор данных нерестовых водоемов обусловлен их относительно стабильным гидрологическим режимом, по крайней мере, в период нерестовых миграций, что необходимо для проведения фенологических исследований бесхвостых амфибий.

Временные закономерности нерестовых миграций бесхвостых амфибий начинали исследовать со второй половины марта в 2023 – 2025 гг., а завершали в середине мая. Учеты этих животных проводили методом отлова линейными заборчиками с ловчими цилиндрами (Corn, 1990, 2003; Yermokhin, Tabachishin, 2011). По периметру каждого из трех модельных пойменных озер устанавливали 10 линейных заборчиков с ловчими цилиндрами. Применяли метод частичного огораживания нерестовых водоемов, параметры точности которого были оценены ранее (Yermokhin, Tabachishin, 2011). На основании учета особей каждого вида определяли календарную дату наступления трёх фаз фенологического явления нерестовых миграций. Началом нерестовой миграции считали приход первых особей вида в нерестовый водоем. Однако следует отметить, что наиболее корректно такое определение данной фазы только для видов бесхвостых амфибий, зимовка которых происходит на суше (жерлянка красnobрюхая). В отношении лягушки озерной, зимовка которой происходит только в текучей воде, т.е. в р. Медведица, такое определение справедливо только для оз. Садок, расположенного на расстоянии менее одних суток перехода от зимовального до нерестового биотопа. Прибытие на более удаленные озера неизбежно отстоит от окончания зимовки на более длительный период.

Кульминацией нерестовых миграций считали календарную дату пикового прихода амфибий определенного вида на нерестилища. За окончание нерестовых миграций принимали календарную дату прибытия последних особей на нерестилище. Последний показатель определяли, продолжая обследование ловчих цилиндров в течение 10 сут. после прибытия последних особей, поскольку в этот период, как правило, количество особей единичное и в отдельные дни прихода на нерест не было.

Учеты мигрирующих на нерест бесхвостых амфибий сопровождали измерениями температуры среды в зимовальных биотопах (вода, почва) и на нерестилищах. Температуру воздуха регистрировали с помощью логгеров DT-172 (CEM Instruments India Pvt. Ltd., Kolkata, Индия) с точностью до 0.1°C. При установке логгеров соблюдали следующие требования: 1) прибор устанавливали на стволе дерева на стороне в северо-восточной экспозиции; 2) установку производили на уровне почвы; 3) расстояние станции установки располагали не далее 50 – 80 м от модельного нерестового водоема. Логгер настраивали на запись температуры воздуха круглосуточно в форме 8 срочных наблюдений с интервалом 3 ч в течение всего периода исследований в соответствии с рекомендациями Всемирной Метеорологической Организации (WMO).

Температуру воды в нерестовых водоемах и в почвенных профилях измеряли, применяя термохроны iButton DS1921-F5 (Maxim Integrated Products, Inc., San Jose, CA, США). В каждом водоеме на мелководье (на глубине 0.5 м) и в почвенных профилях в зимовальных биотопах амфибий (в горизонтах 0.5, 1.0 и 1.5 м) устанавливали по три термохрона. Приборы настраивали программатором на круглосуточные измерения в течение всего периода наблюдений с временным интервалом 3 ч. После настройки термохроны покрывали слоем жидкой резины во избе-

жание порчи прибора под воздействием воды. Термохроны устанавливали на нерестилищах на глубине 0.5 м в пластиковом боксе, обеспечивавшем ненарушенную циркуляцию воды за счет крупных отверстий, занимавших большую часть площади их боковых поверхностей. Измерения температуры воды проводили синхронно с температурой воздуха.

Сопрягая анализ хода температуры с результатами учетов двух видов амфибий, определяли календарные дни начала, кульминации и окончания нерестовых миграций, а также соответствующую этим датам среднесуточную температуру среды. Различали абсолютную и фактическую продолжительность периода нерестовых миграций. Абсолютную продолжительность рассчитывали как промежуток времени между календарными датами начала и окончания нерестовых миграций, относительную – как то же самое, но без учета дней возвратных холодов, когда нерестовые миграции амфибий прерывались из-за температуры среды в зимовальных биотопах ниже порогового значения биологического ноля.

Фенологическая норма (средняя за 30 лет) рассчитана по датам перехода среднедекадной температуры через специфичное для каждого вида пороговое значение (*B. bombina* – 7.9°C, *P. ridibundus* – 8.0°C) по данным архивов погоды по метеостанции Октябрьский Городок для периода с 1991 – 2020 г. (WMO ID 34163; специализированные массивы для климатических исследований ВНИИГММЦД, <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>; оперативные данные по текущему году получали из архивов погоды той же метеостанции на сайте: <https://tp5.ru>).

Статистической обработке подвергали количественные данные по каждому из исследуемых параметров (дата регистрации факта наступления определенной фенологической фазы нерестовых миграций, продолжительность периода миграций в сутках, температура воды и воздуха). Применяли метод описательной статистики. В зависимости от особенностей выборочного распределения использовали среднюю арифметическую или медиану, стандартное отклонение (*SD*) или межквартильный размах, а также размах варьирования (*min – max*).

Гипотезу о нормальности распределения в выборках проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка, а о равенстве дисперсий – *F*-критерия Фишера. Для проверки различий между средними датами наступления различных фенологических фаз явления применяли непараметрический критерий Краскелла – Уолиса (при множественных сравнениях популяций). При наличии статистически значимых различий проводили последующие парные сравнения в форме *post-hoc* теста по критерию Манна – Уитни.

Для обнаружения количественных различий по температурным параметрам при условии принятия гипотезы о нормальности распределения и отсутствии гомогенности дисперсий (тест Левена, $P < 0.05$) применяли дисперсионный анализ по *F*-критерию Фишера в модификации Уэлча для протокола множественного сравнения популяций. Последующие парные *post-hoc* тесты при наличии статистически значимых различий по множественным сравнениям проводили по критерию Тьюки (при значимом результате по тесту Левена, $P < 0.05$) или по критерию Даннета (при незначимом результате по тесту Левена, $P > 0.05$). Вариабельность фенологических параметров в различных выборках сравнивали по тесту Флинера –

Киллина (FK), а уровень вариабельности по коэффициенту вариации. Различия по критериям признавали статистически значимыми при $P < 0.05$.

Статистическую обработку материала проводили в пакетах программ PAST 4.09 (Hammer et al., 2001) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., ОК, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам анализа фактической погоды в марте – мае 2023 – 2025 гг. (рисунок) установлено, что поступательный рост среднедекадной температуры воздуха наблюдался только в 2024 г., что обеспечило протекание окончания зимовки и нерестовых миграций бесхвостых амфибий по непрерывному типу. Напротив, в 2023 и 2025 гг. весенние процессы определялись наличием раннего потепления, но с последующими периодами возвратных холодов. Такой ход весенних процессов оказался способен определить протекание нерестовых миграций амфибий по типу ложной весны.

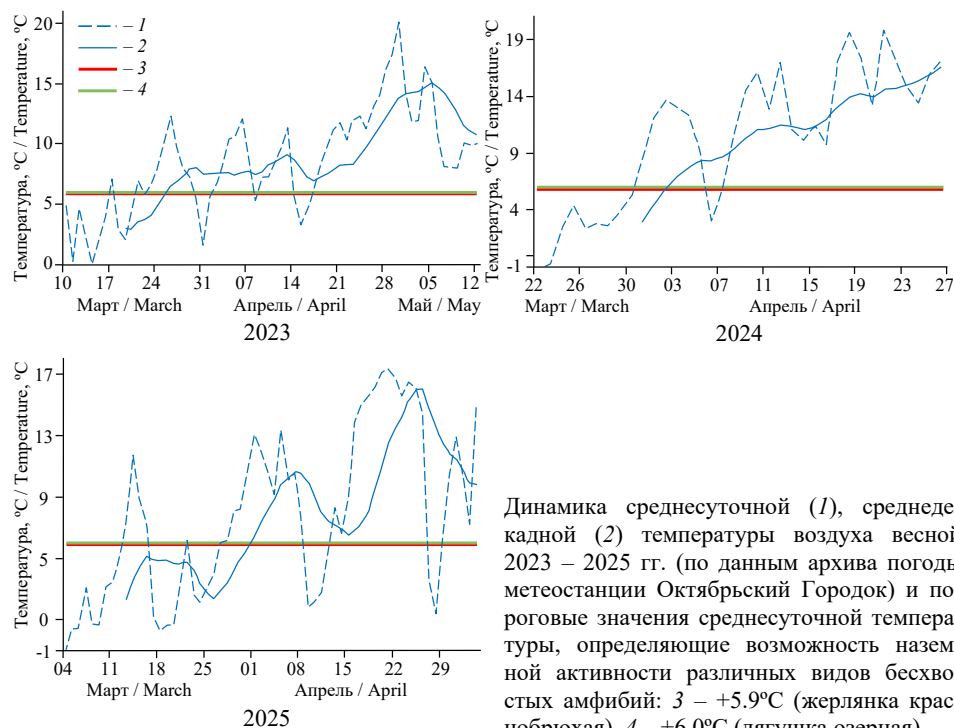


Figure. Dynamics of the average daily (1) and average ten-day (2) air temperatures in the spring of 2023–2025 (according to data from the Oktyabrsky Gorodok weather station archive) and threshold values of average daily temperatures determining the possibility of terrestrial activity of various species of anuran amphibians: 3 – +5.9°C (*Bombina bombina*), 4 – +6.0°C (*Pelophylax ridibundus*)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ ДАТЫ

Завершение зимовки жерлянки краснобрюхой в модельных популяциях, нерестищихся на пойменных озерах в долине р. Медведица в 2023 – 2025 гг., происходило обычно в последние дни марта или в течение первой недели апреля (табл. 1). Во всех случаях явление начиналось при переходе среднедекадной температуры воздуха через пороговое значение, равное $+7.9^{\circ}\text{C}$ (биологический ноль, характерный для этого вида), что соответствует ранее установленному значению (Yermokhin, Tabachishin, 2024). Из трех популяций наиболее раннее начало нерестовых миграций было зарегистрировано 28 марта 2023 г. в популяции оз. Черепашье, тогда как самое позднее – 7 апреля 2024 г. в популяции оз. Коблово (см. табл. 1).

Таблица 1. Фенология и продолжительность периода нерестовых миграций *Bombina bombina* в долине р. Медведица в 2023 – 2025 гг.

Table 1. Phenology and duration of the spawning migration period of *Bombina bombina* in the Medveditsa River valley in 2023–2025

Популяция / Population	Фенологические фазы явления / Phenological phases of the phenomenon	Параметры / Parameters		
		Даты / Dates	Продолжительность, сут. / Duration, days	
			Абсолютная / Absolute	Фактическая / Actual
Оз. Садок / Lake Sadok	Начало / Start	<u>02.04</u> 29.03–05.04	<u>30</u> 19–42	<u>22</u> 17–26
	Кульминация / Culmination	<u>19.04</u> 11.04–25.04		
	Окончание / End	<u>02.05</u> 24.04–10.05		
Оз. Черепашье / Lake Cherepash'e	Начало / Start	<u>01.04</u> 28.03–03.04	<u>29</u> 20–40	<u>20</u> 14–25
	Кульминация / Culmination	<u>17.04</u> 09.04–22.04		
	Окончание / End	<u>29.04</u> 26.04–14.05		
Оз. Коблово / Lake Koblovo	Начало / Start	<u>05.04</u> 02.04–07.04	<u>24</u> 20–27	<u>15</u> 9–20
	Кульминация / Culmination	<u>22.04</u> 15.04–28.04		
	Окончание / End	<u>29.04</u> 22.04–04.05		

Дата прихода на нерестилища в конкретной локальной популяции соответствует дате выхода из состояния зимнего оцепенения. Хотя, в отличие от чесночницы Палласа, для жерлянки краснобрюхой скорость продвижения в наземных местообитаниях нами не была установлена, есть основания считать такое утверждение истинным, поскольку дистанция расселения последнего вида в 1.5 раза меньше, чем у чесночниц (не более 400 м).

Кульминация нерестовых миграций жерлянки краснобрюхой выражена слабее и отстоит от начала нерестовых миграций обычно на 2 – 2.5 недели от их начала. Однако следует обратить внимание на то обстоятельство, что в течение двух лет (в 2023 и 2025 гг.) весенние процессы протекали по типу ложной весны, поэтому имеет смысл в будущем осуществлять пересчет этого показателя по протоколу, позволяющему различать абсолютные и фактические значения.

Наиболее раннее окончание нерестовых миграций жерлянки краснобрюхой (приход последних особей на нерестилища) зарегистрировано также для популяций озер Черепашье и Коблово, а наиболее позднее – для оз. Садок. Количественное значение этого показателя может зависеть от двух экологических факторов: общая численность участвующей в размножении части популяции вида, а также, в меньшей степени, однородность зимовальных биотопов. Сущность второго фактора определяется тем, что в окрестностях притеррасного оз. Коблово наблюдается относительно более сложный рельеф местности с большим количеством склонов южной и юго-восточной экспозиции. Напротив, рельеф в радиусе 400 м от оз. Садок в центральной пойме в большей степени сглаженный, для него характерна большая доля открытых биотопов, а численность популяции жерлянок значительно выше.

Продолжительность нерестовых миграций жерлянки краснобрюхой варьирует в диапазоне 19 – 42 сут. Средние значения сопоставимы в популяциях озер центральной поймы (Садок и Черепашье: 29 – 30 сут.) и несколько ниже на оз. Коблово – в среднем 24. Показанные закономерности в целом справедливы как для параметров абсолютной, так и для фактической продолжительности. Из-за сильного влияния феномена ложной весны последнее значение в 1.5 раза ниже и варьирует в диапазоне 9 – 26 сут. (в среднем 15 – 22 сут. (см. табл. 1).

При выполнении сравнительного анализа медианных показателей, полученных нами в 2023 – 2025 г., с актуальной фенологической нормой даты начала нерестовых миграций (медиана за 30 лет – 1991 – 2020 гг.) очевидно, что процессы окончания зимовки жерлянки краснобрюхой в последние годы претерпели очень существенную трансформацию. Она проявилась в огромном по величине сдвиге на более ранние сроки, который составил в среднем 20 сут. (табл. 2). Для сравнения за весь предыдущий период метеорологических наблюдений (1892 – 2020 гг.) изменение фенологической нормы составило всего 5 сут. Не исключено, что основная причина такого сдвига обусловлена не только ранним наступлением теплой погоды, но и феноменом ложной весны, имевшим в течение трех модельных лет непропорционально большой вес по сравнению с предыдущими веками.

В популяциях жерлянки краснобрюхой трансформация фенологической нормы изменялась относительно медленными темпами с конца XIX в. до середины XX в. Сдвиг даты окончания зимовки на более ранние сроки составлял символическую величину – 1 сут. Причем в течение большей части этого периода очевидна относительная стабильность этого показателя. Однако затем, с началом эпохи глобального потепления, скорость изменения показателя выросла в три раза, поэтому можно утверждать, что 80% изменений с 1892 до 2020 г. произошли в период с 1961 г. до конца 2010-х гг., что и сформировало актуальное значение фенологической нормы – 23 апреля (см. табл. 2).

Результаты оценки различий в уровне вариабельности даты окончания зимовки и начала нерестовых миграций демонстрируют небольшой сдвиг этого показателя для жерлянки краснобрюхой. Коэффициент вариации (CV) увеличился почти в 1.5 раза (с 4.38 до 7.54%), но эти изменения не имеют статистической значимости (тест Флинера – Киллина, $FK: P = 0.22$; см. табл. 2).

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ ДАТЫ

Таблица 2. Динамика фенологической нормы даты начала нерестовых миграций *Bombina bombina* и сопоставление средней даты начала нерестовых миграций в популяции оз. Садок (медиана за 2023 – 2025 гг.) с актуальной фенологической нормой (медиана за 30 лет (1991 – 2020 гг.), предшествовавших периоду исследований) (критерий Манна – Уитни, *U*)

Table 2. Dynamics of the phenological norm for the start date of spawning migrations of *Bombina bombina* and comparison of the average start date of spawning migrations in the Sadok Lake population (median for 2023–2025) with the current phenological norm (median for 30 years (1991–2020) preceding the study period) (Mann–Whitney *U* test)

Показатель / Indicator		Даты / Dates
Фенологические нормы в различные периоды метеонаблюдений с конца XIX до начала XXI в. / Phenological norms during various periods of meteorological observations from the late 19 th to the early 21 st century	1892–1921 гг.	28.04 (118)
	1901–1930 гг.	27.04 (117)
	1931–1960 гг.	27.04 (117)
	1961–1990 гг.	24.04 (114)
	1991–2020 гг.	23.04 (113)
Медиана за 2023 – 2025 гг. / Median for 2023–2025		03.04 (93)
<i>U</i> (<i>P</i>)		2.79 (0.005)
Тест Флиннера – Киллина <i>FK</i> (<i>P</i>) / Fligner–Killeen <i>FK</i> (<i>P</i>) test		-0.78 (0.22)

Примечание. Календарная дата начала нерестовых миграций и их медианные значения конвертированы в порядковый номер дня в году (в скобках).

Note. The calendar date of the start of spawning migrations and their median values are converted into the ordinal number of the day in the year (in brackets).

Наиболее ранние даты прибытия лягушки озерной, с учетом вышеперечисленных факторов, наблюдались в локальной популяции оз. Садок. В среднем в 2023 – 2025 гг. эта фаза фенологического явления наступала 2 апреля, тогда как на оз. Черепашье она была на 16 сут. позже, а на оз. Коблово – на 18 сут. позже (табл. 3). Причем последние два водоема не были самыми удаленными в долине р. Медведица. В окрестностях с. Урицкое существуют нерестовые озера лягушки озерной, расположенные на расстоянии до 3.5 – 4 км от ближайшего водотока, русло которого пригодно для зимовки этого вида бесхвостых амфибий.

Таблица 3. Фенология и продолжительность периода нерестовых миграций *Pelophylax ridibundus* в долине р. Медведица в 2023 – 2025 гг.

Table 3. Phenology and duration of the spawning migration period of *Pelophylax ridibundus* in the Medveditsa River valley in 2023–2025

Популяция / Population	Фенологические фазы явления / Phenological phases of the phenomenon	Параметры / Parameters		
		Даты	Продолжительность, сут. / Duration, days	
			Абсолютная / Absolute	Фактическая / Actual
1	2	3	4	5
Оз. Садок / Lake Sadok	Начало / Start	02.04 31.03–05.04	25 15–31	16 14–18
	Кульминация / Culmination	04.04 01.04–06.04		
	Окончание / End	26.04		
		19.04–01.05		

Окончание табл. 3
Table 3. Continuation

1	2	3	4	5
Оз. Черепашье / Lake Cherepash'e	Начало / Start	<u>18.04</u> 11.04–26.04	<u>13</u> 9–15	<u>12</u> 9–15
	Кульминация / Culmination	<u>20.04</u> 14.04–29.04		
	Окончание / End	<u>02.05</u> 26.04–07.05		
Оз. Коблово / Lake Koblovo	Начало / Start	<u>20.04</u> 13.04–30.04	<u>9</u> 5–11	<u>6</u> 5–8
	Кульминация / Culmination	<u>22.04</u> 15.04–26.04		
	Окончание / End	<u>01.05</u> 22.04–07.05		

В отличие от жерлянки краснобрюхой для лягушки озерной характерно небольшое временное удаление кульминации нерестовых миграций от их начала (в среднем – 2 сут.) (см. табл. 3). Это может быть связано с высокой синхронностью движения фронта их миграций от русловых биотопов в нерестовые водоемы в долине реки. Причем еще одной особенностью фенологии следует признать минимальную продолжительность периода нерестовых миграций: по фактической величине, т. е. без учета периода возвратных холодов, она составляла в различных популяциях от 6 до 16 сут. (см. табл. 3). Тенденции внутривекового изменения фенологической нормы даты начала нерестовых миграций лягушки в целом идентичны таковым для жерлянки краснобрюхой (см. табл. 2, 4).

Таблица 4. Динамика фенологической нормы даты начала нерестовых миграций *Pelophylax ridibundus* и сопоставление средней даты начала нерестовых миграций в популяции оз. Садок (медиана за 2023 – 2025 гг.) с актуальной фенологической нормой (медиана за 30 лет (1991 – 2020 гг.), предшествовавших периоду исследований) (критерий Манна – Уитни, *U*)

Table 4. Dynamics of the phenological norm for the start date of spawning migrations of *Pelophylax ridibundus* and comparison of the average start date of spawning migrations in the Sadok Lake population (median for 2023–2025) with the current phenological norm (median for 30 years (1991–2020) preceding the study period) (Mann–Whitney *U* test)

Показатель / Indicator	Даты / Dates	
Фенологические нормы в различные периоды метеонаблюдений с конца XIX до начала XXI в. / Phenological norms during various periods of meteorological observations from the late 19th to the early 21st century	1892–1921 гг.	28.04 (118)
	1901–1930 гг.	27.04 (117)
	1931–1960 гг.	27.04 (117)
	1961–1990 гг.	24.04 (114)
	1991–2020 гг.	23.04 (113)
Медиана за 2023 – 2025 гг. / Median for 2023–2025	03.04 (93)	
<i>U</i> (<i>P</i>)	2.79 (0.005)	
Тест Флинера – Киллина <i>FK</i> (<i>P</i>) / Fligner–Killeen <i>FK</i> (<i>P</i>) test	-0.78 (0.22)	

Примечание. Календарная дата начала нерестовых миграций и их медианные значения конвертированы в порядковый номер дня в году (в скобках).

Note. The calendar date of the start of spawning migrations and their median values are converted into the ordinal number of the day in the year (in brackets).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Формирование представлений о дате окончания зимовки лягушки озерной, в отличие от других видов бесхвостых амфибий, нуждается в реализации методического подхода, учитывающего специфику взаимного пространственного расположения зимовального биотопа и нерестовых водоемов в долине реки. Зеленые лягушки (род *Pelophylax*), за редким исключением, используют в качестве зимовального биотопа текущие воды. Выбор биотопа для зимовки лягушками этого рода связан с более благоприятным кислородным режимом водотоков в течение подледного периода их гидрологического цикла. Поэтому дата прибытия на нерестилища, расположенные в стоячих и хорошо прогреваемых пойменных озерах, определяется степенью удаленностью конкретных озер от коренного русла р. Медведица.

В связи с действием фактора дальности нерестовых миграций дата прибытия первых особей лягушки озерной совпадает с датой окончания зимовки только применительно к водоемам, расположенным на расстоянии одного суточного перехода от русла реки. Среди трех озер, использованных нами в качестве модельных, такому критерию соответствует только оз. Садок в 200 м от русла. Остальные нерестовые озера находятся гораздо дальше: оз. Коблово в 500 – 900 м, а оз. Черепашье – в 1.4 – 1.5 км от различных излучин реки.

Кроме того, на сроки прибытия может оказывать влияние геоморфологическая структура русла реки. При анализе этого комплекса факторов необходимо учитывать температуру воды в водотоке на конкретном участке, наличие полей выхода грунтовых вод, имеющих, как правило, постоянную температуру в течение годового гидрологического цикла и, очевидно, более низкую по сравнению с водными массами основного русла. Показанные выше расстояния от русла реки до нерестового водоема были рассчитаны как кратчайшие, т.е. по прямой. Однако такой способ определения также может не соответствовать реальному месту выхода перезимовавших особей лягушки озерной из русловых биотопов. На вершинах излучин русла места выхода могут быть ограничены крутизной берега, поэтому реальная протяженность маршрута нерестовых миграций может быть существенно больше, что, очевидно, окажет влияние на дату прибытия в нерестовый водоем.

Погодные условия в период окончания зимовки и начала нерестовых миграций бесхвостых амфибий также оказывают существенное влияние на фенологию и особенности сезонного хода этих процессов. Основным сигнальным фактором, определяющим дату наступления репродукции в умеренных широтах, очевидно, следует считать температурный режим (Sparks et al., 2007; Carroll et al., 2009). Сезонный ход температуры среды в зимовальном биотопе и переход температуры через пороговое значение биологического нуля в сторону потепления – весьма надежный предиктор, который с высокой точностью определяет дату начала нерестовых миграций конкретного вида бесхвостых амфибий (Yermokhin, Tabachishin, 2023).

Не меньшее значение имеет также поступательность или прерывистость роста температуры среды. В последнем случае формируется временной ход нерестовых миграций бесхвостых амфибий по типу ложной весны (Yermokhin, Tabachishin,

2022a, b), который характеризуется аномально ранним окончанием зимовки (Yermokhin, Tabachishin, 2021).

В 2023 – 2025 гг. формировался ход развития весенних процессов по типу ложной весны в нерестовых миграциях обоих модельных видов бесхвостых амфибий. Вероятно, высокая частота этого явления в период исследований определила аномально высокое смещение даты окончания зимовки на более ранние сроки на 20 сут. (по сравнению с фенологической нормой 1991 – 2020 гг.; см. табл. 2, 4). Однако даже если принимать во внимание только даты начала истинного прибытия в нерестовые водоемы, наступающие после окончания периода возвратных холодов, подобное смещение было вдвое больше, чем таковое после начала эпохи глобального потепления: в среднем на 10 сут. (в 2023 – 2025 гг.) против 5 сут. (за 1892 – 2020 гг.) (см. табл. 2, 4). Таким образом, к концу первой четверти XXI в. наблюдается значительное ускорение относительно невысоких темпов трансформации фенологической нормы даты начала нерестовых миграций как фазы годового цикла жерлянки красnobрюхой и лягушки озерной на юго-востоке европейской части России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Arietta A. Z. A., Freidenburg L. K., Urban M. C., Rodrigues S. B., Rubinstein A., Skelly D. K. Phenological delay despite warming in wood frog *Rana sylvatica* reproductive timing: A 20-year study. *Ecography*, 2020, vol. 43, iss. 12, pp. 1791–1800. <https://doi.org/10.1111/ecog.05297>
- Beebee T. Amphibian breeding and climate. *Nature*, 1995, vol. 374, pp. 219–220. <https://doi.org/10.1038/374219a0>
- Blaustein A. R., Root T. R., Kiesecker J. M., Belden L. K., Olson D. H., Green D. M. Amphibian phenology and climate change. *Conservation Biology*, 2002, vol. 16, iss. 6, pp. 1454–1455. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.t01-1-02109.x>
- Carroll E. A., Sparks T. H., Collinson N., Beebee T. J. C. Influence of temperature on the spatial distribution of first spawning dates of the common frog (*Rana temporaria*) in the UK. *Global Change Biology*, 2009, vol. 15, iss. 2, pp. 467–473. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01726.x>
- Cayuela H., Griffiths R. A., Zakaria N., Arntzen J. W., Priol P., Lena J.-P., Besnard A., Joly P. Drivers of amphibian population dynamics and asynchrony at local and regional scales. *Journal of Animal Ecology*, 2020, vol. 89, iss. 6, pp. 1350–1364. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13208>
- Cohen J. M., Lajeunesse M. J., Rohr J. R. A global synthesis of animal phenological responses to climate change. *Nature Climate Change*, 2018, vol. 8, iss. 3, pp. 224–228. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0067-3>
- Corn P. S. Straight-line drift fences and pitfall traps. In: *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibian*. Moscow, KMK Scientific Press, 2003, pp. 117–127 (in Russian).
- Corn P. S. Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation*, 2005, vol. 28, iss. 1, pp. 59–67. <https://doi.org/10.32800/abc.2005.28.0059>
- Corn P. S., Bury R. B. *Sampling Methods for Terrestrial Amphibians and Reptiles*. Portland, Pacific Northwest Research Station, 1990. 34 p.
- Ficetola G. F., Maiorano L. Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance. *Oecologia*, 2016, vol. 181, iss. 3, pp. 683–693. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3610-9>

Forti L. R., Hepp F., de Souza J. M., Protazio A., Szabo J. K. Climate drives anuran breeding phenology in a continental perspective as revealed by citizen-collected data. *Diversity and Distributions*, 2022, vol. 28, iss. 10, pp. 2094–2109. <https://doi.org/10.1111/ddi.13610>

Gibbs J. P., Breisch A. R. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900–1999. *Conservation Biology*, 2001, vol. 15, iss. 4, pp. 1175–1178. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.0150041175.x>

Green D. M. Amphibian breeding phenology trends under climate change: Predicting the past to forecast the future. *Global Change Biology*, 2017, vol. 23, iss. 2, pp. 646–656. <https://doi.org/10.1111/gcb.13390>

Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, article no. 4.

Ivanov G. A., Yermokhin M. V., Tabachishin V. V., Tabachishin V. G. Reproductive ecology of Anuran Amphibians: Effects of internal and external factors. *Current Studies in Herpetology*, 2023, vol. 23, iss. 1–2, pp. 3–26 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-1-2-3-26>

Kaybeleva E. I., Yermokhin M. V., Kondratiev E. N., Mosolova E. Yu., Tabachishin V. G., Shlyakhtin G. V. Amphibian scientific collection of the Zoological museum of Saratov State University as the basis for the regional cadastre. *Current Studies in Herpetology*, 2019, vol. 19, iss. 3–4, pp. 95–124 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-3-4-95-124>

Lenzi O., Grossenbacher K., Zumbach S., Lüscher B., Althaus S., Schmocker D., Recher H., Thoma M., Ozgul A., Schmidt B. R. Four decades of phenology in an alpine amphibian: Trends, stasis, and climatic drivers. *Peer Community Journal*, 2023, vol. 3, article no. e15. <https://doi.org/10.24072/pjjournal.240>

Polukonova A. V., Djomin A. G., Polukonova N. V., Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. A molecular-genetic study of Spadefoot toad *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) local populations from the Medveditsa river valley (Saratov region) by mtDNA – CytB gene. *Current Studies in Herpetology*, 2013, vol. 13, iss. 3–4, pp. 117–121 (in Russian).

Prather R. M., Dalton R. M., Barr B., Blumstein D. T., Boggs C. L., Brody A. K., Inouye D. W., Irvin R. E., Martin J. G. A., Smith R. J., Van Vuren D. H., Wells C. P., Whiteman H. H., Inouye B. D., Underwood N. Current and lagged climate affects phenology across diverse taxonomic groups. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2023, vol. 290, no. 1990, article no. 20222181. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.2181>

Ruchin A., Artaev O., Sharapova E., Ermakov O., Zamaletdinov R., Korzikov V., Bashinsky I., Pavlov A., Svinin A. O., Ivanov A., Tabachishin V., Klenina A., Ganshchuk S., Litvinov N., Chetanov N., Vlasov A., Vlasova O. Occurrence of the amphibians in the Volga, Don River basins and adjacent territories (Russia): Research in 1996–2020. *Biodiversity Data Journal*, 2020, vol. 8, article no. e61378. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e61378>

Scott W. A., Pithart D., Adamson J. K. Long-term United Kingdom trends in the breeding phenology of the common frog, *Rana temporaria*. *Journal of Herpetology*, 2008, vol. 42, iss. 1, pp. 89–96. <https://doi.org/10.1670/07-022.1>

Sparks T., Tryjanowski P., Cooke A., Crick H., Kuzniak S. Vertebrate phenology at similar latitudes: Temperature responses differ between Poland and the United Kingdom. *Climate Research*, 2007, vol. 34, iss. 2, pp. 93–98. <https://doi.org/10.3354/cr034093>

Terhivuo J. Phenology of spawning for the common frog (*Rana temporaria* L.) in Finland from 1846 to 1986. *Annales Zoologici Fennici*, 1988, vol. 25, no. 2, pp. 165–175.

Todd B. D., Scott D. E., Pechmann J. H. K., Gibbons J. W. Climate change correlates with rapid delays and advancements in reproductive timing in an amphibian community. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2011, vol. 278, iss. 1715, pp. 2191–2197. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1768>

Tryjanowski P., Rybacki M., Sparks T. Changes in the first spawning dates of common frogs and common toads in Western Poland in 1978–2002. *Annales Zoologici Fennici*, 2003, vol. 40, no. 6, pp. 459–464.

Walpole A. A., Bowman J., Tozer D. C., Badzinski D. S. Community-level response to climate change: Shifts in anuran calling phenology. *Herpetological Conservation and Biology*, 2012, vol. 7, iss. 2, pp. 249–257.

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Abundance accounting result convergence of *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) migrating toadlets at full and partial enclosing of a spawning waterbody by drift fences with pitfalls. *Current Studies in Herpetology*, 2011, vol. 11, iss. 3–4, pp. 121–131 (in Russian).

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. An abnormally early hibernation ending of the Red-bellied toad (*Bombina orientalis*) (Discoglossidae, Anura) in the populations of the Medveditsa river valley (Saratov region). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2021, no. 1, pp. 89–96 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-1-89-96>

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Phenological changes in the wintering end date of *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Ranidae, Anura) in the Medveditsa river valley (Saratov region) under conditions of climate transformation. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2022a, no. 4, pp. 474–482 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-4-474-482>

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. False spring in the Southeastern European Russia and anomalies of the phenology of spawning migrations of the Pallas' spadefoot toad *Pelobates vespertinus* (Pelobatidae, Amphibia). *Russian Journal of Herpetology*, 2022b, vol. 29, no. 4, pp. 206–214. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2022-29-4-206-214>

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Environmental predictors of the onset of spawning migration in *Pelobates vespertinus* (Anura: Pelobatidae). *South American Journal of Herpetology*, 2023, vol. 29, pp. 18–26. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-21-00003.1>

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Phenology of the spawning migration start dates of anuran amphibians (Anura, Amphibia) in the river valleys of Saratov Right Bank region. *Theoretical and Applied Ecology*, 2024, no. 1, pp. 191–198 (in Russian). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2024-1-191-198>

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Structural dynamics of the spawning anuran taxocenoses in floodplain lakes of the Medveditsa river valley (Saratov region). *Current Studies in Herpetology*, 2017a, vol. 17, iss. 3–4, pp. 147–156 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2017-17-3-4-147-156>

Yermokhin M. V., Ivanov G. A., Tabachishin V. G. Structure transformation of the anuran amphibian spawning communities in floodplain lakes of the Medveditsa river valley (Saratov Region) under conditions of long-term reduction of water content. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2018, no. 4, pp. 404–417. <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-4-404-417>

Zellweger F., De Frenne P., Lenoir J., Rocchini D., Coomes D. Advances in microclimate ecology arising from remote sensing. *Trends in Ecology & Evolution*, 2019, vol. 34, iss. 4, pp. 327–341. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.12.012>

**Transformation of the phenological norm
of the start date of spawning migrations
of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* (Amphibia, Anura)
in the middle reach of the Medveditsa river**

M. V. Yermokhin ^{1✉}, V. V. Tabachishin ¹, V. G. Tabachishin ²

¹ *Saratov State University*

83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

² *Saratov Branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences*

24 Rabochaya St., Saratov 410028, Russia

Received: June 8, 2025 / revised: July 14, 2025 / accepted: July 15, 2025 / published: October 15, 2025

Abstract. An analysis was carried out of the dates of the hibernation end and the beginning of spawning migrations of the fire-bellied toad and marsh frog in the valley of the middle reach of the Medveditsa river (Don basin, Saratov region) in 2023–2025. The progressive development of spring processes in the populations of these species in 2024 and their occurrence according to the false spring type in 2023 and 2025 were established. The current phenological results were compared with the retrospective time data series from 1892 to 2020 using the method of reconstructing the dynamics of the mean ten-day temperature of the environment in hibernation biotopes. The relative stability of the phenological norm of the date of the beginning of spawning migrations of the two amphibian species in the period before the onset of global warming (from 1892 to 1960) and a shift of this date to earlier dates in the period from 1961 to 2020 (by 5 days) are shown. At the end of the first quarter of the 21st century, there was a sharp acceleration of this process (a shift of 10 days relative to the current phenological norm (mean for 1991–2020)).

Keywords: phenology, spawning migrations, anuran amphibians, fire-bellied toad, marsh frog

Ethics approval and consent to participate: Animal protocols were approved by the Bioethics Committee of Saratov State University (protocol No. 9 dated May 14, 2024).

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Yermokhin M. V., Tabachishin V. V., Tabachishin V. G. Transformation of the phenological norm of the start date of spawning migrations of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* (Amphibia, Anura) in the middle reach of the Medveditsa river. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2025, no. 3, pp. 286–299 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-3-286-299>

✉ *Corresponding author:* Department of Animal Morphology and Ecology, Faculty of Biology, Saratov State University, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Mikhail V. Yermokhin: <https://orcid.org/0000-0001-6377-6816>, yermokhinmv@yandex.ru; Vasily V. Tabachishin: vasya2000.t@yandex.ru; Vasily G. Tabachishin: <https://orcid.org/0000-0002-9001-1488>, tabachishinvg@sevin.ru.