

**Атмосферная адвекция тепла или холода:
формирование феномена ложной весны
в нерестовых миграциях бесхвостых амфибий (Amphibia, Anura) Европы**

М. В. Ермохин¹✉, В. В. Табачишин¹, В. Г. Табачишин²

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

Информация о статье

Оригинальная статья

УДК 597.833(470.44)

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-128-143>

EDN: АИМЕВ

Поступила в редакцию 18.06.2025,
после доработки 17.08.2025,
принята 17.08.2025

Аннотация. Выполнен анализ хода нерестовых миграций четырех широко распространенных видов бесхвостых амфибий фауны Европы (*Pelobates vespertinus*, *Bombina bombina*, *Pelophylax ridibundus*, *Rana dalmatina*). В годы с аномально ранним началом нерестовых миграций бесхвостых амфибий и их прохождением по типу ложной весны блокирующую западно-восточный атмосферный перенос функцию выполняли мощные антициклоны над Центральной Азией, Зауральем или Западной Сибирью. Второй компонент, формирующий адвекцию воздушных масс из низких широт на север, – циклональные системы – обычно располагались над Западной Европой, Скандинавией или севером европейской части России. Обратное положение – антициклоны над Западной Европой и Скандинавией, и циклоны – над Западной Сибирью, Зауральем, а также севером и северо-востоком европейской части России – способствовало возникновению адвекции холода из бассейна Северного Ледовитого океана на юг Европы. Резкое понижение среднесуточной и среднедекадной температуры приземного слоя воздуха прерывали ход нерестовых миграций бесхвостых амфибий. В период с 1892 по 1995 г. ложная весна в популяциях чесночницы Палласа на юго-востоке европейской части России возникала в основном в результате воздействия волн тепла средней интенсивности, а после 1995 г. – почти исключительно волн высокой интенсивности. Чедование направленности адвекций теплых и холодных воздушных масс ранней весной (в середине марта – первой половине апреля) создают метеорологическую основу, имеющую фундаментальное значение для формирования прерывистого характера периода нерестовых миграций бесхвостых амфибий (паттерн ложной весны). Резкое адвекционное повышение температуры приземного слоя воздуха определяет аномально раннее начало весенних процессов у бесхвостых амфибий. Напротив, постепенное радиационное повышение температуры локальных воздушных масс, проходящее даже в более ранние по сравнению с фенологической нормой конкретных видов сроки, формирует прохождение нерестовых миграций амфибий по непрерывному временному типу.

Ключевые слова: бесхвостые амфибии, фенология, нерестовые миграции, ложная весна, адвекция тепла

Образец для цитирования: Ермохин М. В., Табачишин В. В., Табачишин В. Г. 2025. Атмосферная адвекция тепла или холода: формирование феномена ложной весны в нерестовых миграциях бесхвостых амфибий (Amphibia, Anura) Европы // Современная герпетология. Т. 25, вып. 3/4. С. 128 – 143. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-128-143>, EDN: АИМЕВ

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление климата провоцирует изменение годового цикла многих организмов. В умеренных широтах Европы и Северной Америки в период с 1980 по 2020 г. происходит потепление опережающими темпами по сравнению

с общепланетарными процессами, причем в дальнейшем прогнозируется сохранение этого тренда до конца века, что демонстрирует формирование перехода к новому климатическому режиму (Smith et al., 2015). Расширение спектра данной аномалии в Европе и Северной Америке может привести к

✉ 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.

драматическим последствиям для динамики биоразнообразия и функционирования экосистем (Blaustein et al., 2002; Marino et al., 2011; Lamichhane, 2021; Chuique et al., 2025).

Комплекс экологических и метеорологических факторов, определяющих репродуктивную успешность при прохождении нерестового периода, считается весьма важным для формирования устойчивых популяций бесхвостых амфибий (Beebee, Griffiths, 2005; Araújo et al., 2006; Scott et al., 2008; Ficetola, Maiorano, 2016; Green, 2017). Поступательное и непрерывное развитие нерестовых миграций в этот период, в целом типичное для них, обеспечивает синхронное прибытие на нерестилища особей двух полов, а следовательно, и успешность нереста. Однако после начала эпохи глобального потепления климата во многих регионах умеренного пояса на фоне очевидного смещения дат нерестовых миграций на более ранние сроки (Ермохин, Табачишин, 2021, 2022a, 2024; Иванов и др., 2023; Ермохин и др., 2025; Terhivuo, 1988; Neveu, 2009; Tryjanowski et al., 2003; Richter-Boix et al., 2006; Walpole et al., 2012; Murillo-Rincón et al., 2017; Yermokhin et al., 2017) резко выросла частота прерывистого течения этого фенологического явления (Ермохин, Табачишин, 2022b; Коунова et al., 2022; Yermokhin, Tabachishin, 2022). Такой тип протекания весенних процессов в популяциях бесхвостых амфибий обычно определяется как ложная весна. Основная причина возникновения данного явления – наступление периода возвратных холодов после устойчивого перехода температуры в зимовальных биотопах бесхвостых амфибий через специфичное для каждого вида пороговое значение биологического ноля.

Цель настоящего исследования – анализ влияния особенностей атмосферной циркуляции в период нерестовых миграций у некоторых видов бесхвостых амфибий Европы, протекающих по типу ложной весны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Фенологию нерестовых миграций, протекавших по типу ложной весны, изучали на примере локальных популяций трех видов бесхвостых амфибий: чесночницы Палласа (*Pelobates vespertinus*) на оз. Садок ($51^{\circ}21'31''$ с. ш., $44^{\circ}48'11''$ в. д.) в 2009, 2016, 2020 и 2025 гг. Модельный нерестовый водоем расположен в долине среднего течения р. Медведица (Саратовская область, Лысогорский район, окрестности с. Урицкое). В предшествующий период (1892 – 2008 гг.) такой тип нерестовых миграций установлен методом реконструкции на основании анализа сезонного хода среднесуточной температуры воздуха и среднедекадной темпе-

ратуры воздуха по ранее разработанной методике (Yermokhin, Tabachishin, 2023a). По результатам полевых исследований прохождение нерестовых миграций по типу ложной весны было установлено у жерлянки краснобрюхой (*Bombina bombina*) и лягушки озерной (*Pelophylax ridibundus*) в 2017, 2019, 2023 и 2025 гг.

Кроме того, использовали данные о сезонном развитии нерестового периода лягушки прыткой (*Rana dalmatina*) из популяций на территории природного парка «Шуменское плато» в феврале 2021 г. (Болгария, окрестности г. Шумен, Шуменская возвышенность: 43.26° с. ш., 23.89° в. д.), опубликованных Т. Койновой с соавторами (Коунова et al., 2022).

Временные закономерности нерестовых миграций бесхвостых амфибий начинали исследовать в марте – мае. Учеты проводили методом отлова линейными заборчиками с ловчими цилиндрами (Корн, 2003; Ермохин, Табачишин, 2011; Corn, Bury, 1990). Началом нерестовой миграции считали приход первых особей вида в нерестовый водоем.

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 . Температуру воды в нерестовых водоемах измеряли, применяя термохроны iButton DS1921-F5 (Maxim Integrated Products, Inc., San Jose, CA, США). В каждом водоеме устанавливали по три термохрона. Пороговые значения биологического ноля принимали равными у *P. vespertinus* – $+4.5^{\circ}\text{C}$ (Yermokhin et al., 2017; Yermokhin, Tabachishin, 2023a), *B. bombina* – $+7.9^{\circ}\text{C}$ (Ермохин, Табачишин, 2024), *P. ridibundus* – $+8.0^{\circ}\text{C}$ (Ермохин, Табачишин, 2022a; Yermokhin, Tabachishin, 2023b), *R. dalmatina* – $+3.5^{\circ}\text{C}$ (неопубликованные данные авторов). Они в целом соответствовали среднедекадной температуре воздуха и температуре среды в специфичных для вида амфибий зимовальных биотопах в день окончания зимовки и начала нерестовых миграций как у чесночницы Палласа (Yermokhin et al., 2017; Yermokhin, Tabachishin, 2023a), так и у других модельных видов (Ермохин, Табачишин, 2024; Yermokhin, Tabachishin, 2023b).

Кроме оригинальных данных для расчета дат перехода температуры среды через пороговые значения использовали данные архивов погоды (WMO ID 34163 в 1966 – 2025 гг.; специализированные массивы для климатических исследований ВНИИГМИМЦД, <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>; оперативные данные по текущему году получали

из архивов погоды той же метеостанции на сайте: <https://gr5.ru>; архивы погоды для периода с 1892 по 1965 г. получены на сайте: <https://termograph.ru>). Сезонный ход среднедекадной температуры среды для популяции *R. dalmatina* получен из архива погоды по метеостанции Разград (WMO ID 15549: <https://gr5.ru>). Сведения, визуализирующие особенности атмосферной циркуляции в горизонте нижней тропосферы (1500 м, 850 гПа) в Европе и сопредельных территориях, получены из ресурса <https://earth.nullschool.net/>.

Адвекционные процессы в атмосфере формируют явление, которое называют волнами тепла и холода. Для характеристики таких волн в ходе исследования была использована градация интенсивности С. В. Морозовой с соавторами (2022, 2023), которые предложили три степени интенсивности: слабые – с перепадом температур в диапазоне от 3.1 до 5°C, средние – 5.1 – 8°C и интенсивные – более 8.1°C. Ретроспективный анализ интенсивности и продолжительности волн тепла и холода выполнен за весь период метеорологических наблюдений по метеостанции Октябрьский Городок (1892 – 2025 гг.) для ранее установленных лет с развитием нерестовых миграций по временному паттерну ложной весны в популяциях чесночницы Палласа (Yermokhin, Tabachishin, 2022).

Статистическую обработку временных рядов температуры с применением метода описатель-

ной статистики выполняли в пакете программ MS Excel 2010 и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., OK, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В популяциях *Pelobates vespertinus* в период с 2010 по 2025 г. развитие нерестовых миграций по типу ложной весны наблюдалось в течение трех лет (2016, 2020 и 2025 г.) (табл. 1). В 2016 г. прерывистый характер развития весенних процессов был обусловлен резким повышением температуры воздуха, в результате адвекции теплых воздушных масс с юго-запада на северо-восток из Северного Причерноморья на территорию восточного Черноземья и Нижнего Поволжья. Их перемещение определялось положением мощного циклона над территорией Тамбовской области, с одной стороны, и стационарного центральноазиатского антициклона с другой (рис. 1, a). Адвекция начала формироваться 25 марта и достигла кульминации 2 апреля. Территория, занимаемая исследуемой популяцией чесночниц, была расположена на северной окраине зоны атмосферной адвекции в теплом секторе циклона. Однако данное потепление было краткосрочным и после прохождения 2 апреля теплого фронта циклона оно сменилось резким похолоданием, продолжавшимся до 6 апреля. Снижение среднесуточной температуры в период со 2 по 6 апреля составило 4.8°C (с 6.9°C 2 апреля до 2.1°C

Таблица 1. Временные параметры, характеризующие период нерестовых миграций, проходивших по типу ложной весны, в популяциях четырех видов бесхвостых амфибий в 2016 – 2025 гг.

Table 1. Temporal parameters characterizing the period of spawning migrations occurring during false spring in the populations of the four species of anuran amphibians in 2016–2025

Год аномалии / Year of anomaly	Дата начала ложного нереста / Start date of false spawning	Дата начала истинного нереста / Start date of true spawning	Количество дней между ложным и истинным нерестом / Number of days between the false and true spawning	Число периодов ложных нерестовых миграций (продолжительность, сут.) / Number of the periods of false spawning migrations (duration, days)
<i>Pelobates vespertinus</i>				
2016*	03.04	09.04	7	1 (3)
2020*	13.03	26.04	44	4 (2 – 2 – 1 – 3)
2025	16.03	30.03	16	2 (1 – 2)
<i>Bombina bombina</i> и <i>Pelophylax ridibundus</i>				
2017	14.04	30.04	16	1 (4)
2019	15.04	25.04	10	1 (2)
2023	31.03	22.04	22	2 (2 – 5)
2025	03.04	18.04	15	1 (6)
<i>Rana dalmatina</i>				
2021**	30.01 (09.02)	04.03	33	3 (3 – 1 – 8)

Примечание. Сост. по: * – Yermokhin, Tabachishin, 2022; ** – Koynova et al., 2022 с изменениями: первый из трех периодов ложных нерестовых миграций не был зарегистрирован авторами, но по нашим расчетам с высокой вероятностью существовал.

Note. According to: * – Yermokhin, Tabachishin, 2022; ** – Koynova et al., 2022 with modifications: the first of the three periods of false spawning migrations was not recorded by the authors, but it most likely existed according to our calculations.

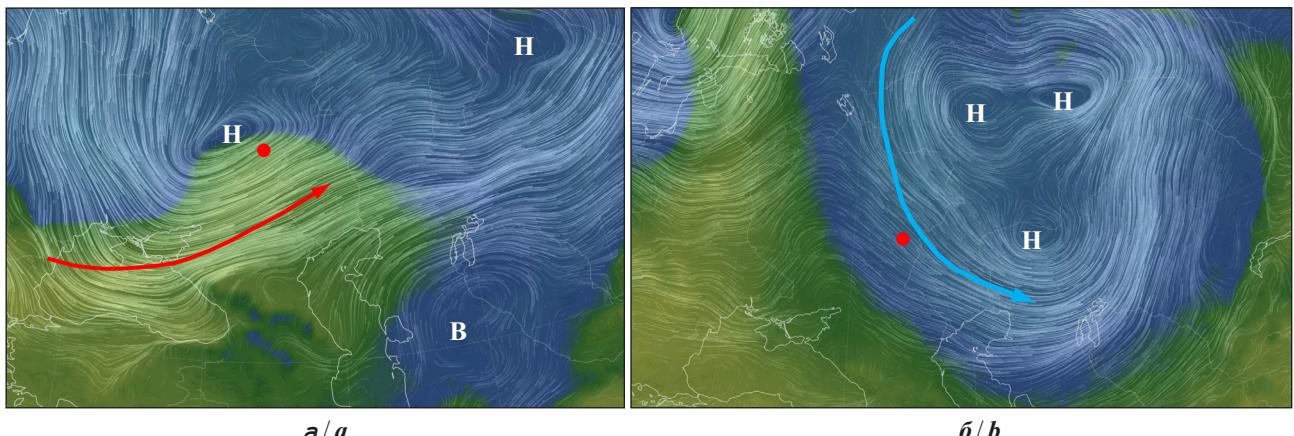


Рис. 1. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (02.04 в 16:00) (а) и перед прерыванием (05.04 16:00) (б) нерестовых миграций *Pelobates vespertinus* в 2016 г.: • – район исследований, Н – циклоны, В – антициклоны, направления теплой (→) и холодной (→) адвекции воздушных масс

Fig. 1. Atmospheric circulation features before the start (April 2 at 16:00) (a) and before the interruption (April 5 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Pelobates vespertinus* in 2016: • – the study area, H – cyclones, B – anticyclones; the directions of warm (→) and cold (→) advection of air masses

6 апреля) (табл. 2). Такое похолодание было обусловлено адвекцией холода после прохождения холдного фронта и формирования северных потоков в тылу крупного трехядерного циклона с ядрами над Предуральем, Средним и Южным Уралом 6 апреля (рис. 1, б). Наступившее похолодание определило снижение температуры почвы в местах зимовки чесночниц и на нерестилищах ниже порогового значения $+4.5^{\circ}\text{C}$ и прерывание их нерестовых миграций, которые возобновились только 9 апреля (см. табл. 1).

В 2020 г. аномально раннее начало нерестовых миграций чесночницы Палласа в Правобережье Саратовской области определила мощная адвекция перегретых воздушных масс из региона Причерноморья, Прикаспийской низменности и Предкавказья с юга на север в Левобережную Украину, Черноземье, Нижнее и Среднее Поволжье. Формирование этого южного воздушного потока произошло при взаимодействии двух циклональных вихрей (с ядрами над Центральной Европой и Прибалтикой) и мощного антициклона над Южным Уралом (рис. 2, а). Мощная высотная адвекция тепла с некоторым изменением конфигурации существовала длительный период времени с 6 до 12 марта, что определило резкое повышение среднесуточной приземной температуры (см. табл. 2) на 8.8°C (с 1.1°C 6 марта до 9.9°C 11 марта). Модельная территория с нерестовыми водоемами чесночниц находилась в начале процесса на восточной окраине зоны атмосферной адвекции, а к его окончанию сместилась в его центральную зону. Затем зона адвекции тепла была вытеснена на восток и была замещена мощной адвекцией арктических воздушных масс, сформированной циклоном с

ядром над Пензенской областью и Средней Волгой и антициклоном с ядром над Польшей (рис. 2, б). Ультраарктическое вторжение воздушных масс в тылу циклона определило снижение среднесуточной температуры в приземном слое в период с 14 по 25 марта (см. табл. 2) на 11.7°C (с $+5.5^{\circ}\text{C}$ 14 марта до -6.2°C 25 марта). Длительное похолодание неоднократно прерывало нерестовые миграции *P. vespertinus* в 2020 г. (см. табл. 1), причем истинный нерест начался в аномально поздние для первой четверти XXI в. сроки (26 апреля).

Весной 2025 г. феномен ложной весны в нерестовых миграциях этого вида возник также аномально рано, но незначительно позже, чем в 2020 г. (см. табл. 1). Резкое повышение температуры сформировалось в результате взаимодействия трех областей с пониженным атмосферным давлением (атлантические, скандинавские и ново-земельский циклоны) и двух с повышенным атмосферным давлением (центральноазиатский и сибирский антициклоны) (рис. 3, а). Адвекция перегретых воздушных масс была направлена из Северной Африки и Средиземноморья через Северное Причерноморье и Нижнее Поволжье в Зауралье и Западную Сибирь. В период функционирования в регионе этой адвекции (с 10 по 16 марта) произошло повышение среднесуточной температуры приземного воздуха на 11°C (с 0.7°C 8-9 марта до ее начала до 11.6°C 14 марта в период кульминации, см. табл. 2). Исследованные популяции чесночниц в начале нерестовых миграций 16 марта попали в зону воздействия северной окраины зоны атмосферной адвекции (см. рис. 3, а). В течение двух суток произошло смещение зоны адвекции на юго-восток и вытеснение теплых воздушных масс более тяжелыми

Таблица 2. Динамика среднесуточной температуры в приземном слое воздуха (°C)* в день начала (t_0) и окончания (кульминации; для волны тепла – t_{\max} , для волны холода – t_{\min}), амплитуда температуры ($t_{\max} - t_0$ и $t_0 - t_{\min}$ соответственно), продолжительность атмосферной адвекции в годы с прохождением нерестовых миграций бесхвостых амфибий по типу ложной весны

Table 2. Dynamics of the average daily temperature in the surface air layer (°C)* on the day of the beginning (t_0) and end (culmination; for heat waves – t_{\max} , for cold waves – t_{\min}), temperature amplitude ($t_{\max} - t_0$ and $t_0 - t_{\min}$, respectively), duration of atmospheric advection in the years with the spawning migrations of tailless amphibians of the false spring type

Год / Year	Параметры волн тепла / Heat wave parameters			Параметры волн холода / Cold wave parameters				
	Температура воздуха / Air temperature		Продолжительность, сут. / Duration, days	Температура воздуха / Air temperature		Продолжительность, сут. / Duration, days		
	t_0	t_{\max}		t_0	t_{\min}			
<i>Pelobates vespertinus</i>								
1893	-0.1	9.2	9.3	4	9.2	-2.3	11.5	2
1897	0.9	8.8	7.9	6	7.5	0.1	7.4	4
1902	0.2	8.1	7.9	8	4.8	1.3	3.5	2
1948	1.3	9.2	7.9	7	9.2	-1.9	11.1	4
1978	0.3	8.1	7.8	7	7.6	-1.4	9	7
1984	1.7	7.5	5.8	11	7.5	0.5	7	1
1990	1.1	8.8	7.7	10	8.8	-0.5	11.5	6
1993	0.9	6.5	5.6	8	6.5	0.6	5.9	7
1995	1.0	8.7	7.7	4	6.9	0.2	6.7	1
1997	0.8	10.3	9.5	7	6.9	-1.9	8.8	4
2009	1.6	10.7	9.1	4	6.7	-1.9	8.6	3
2016	-0.4	6.9	7.3	9	6.9	2.1	4.8	5
2020	-1.0	7.9	8.9	4	7.9	0.1	8.0	4
2025	0.7	11.6	10.9	6	11.6	0.3	11.3	5
<i>Bombina bombina</i> и <i>Pelophylax ridibundus</i>								
2017	1.3	11.6	10.3	9	9.5	0.7	8.8	4
2019	0.5	12.9	12.4	9	9.3	1.4	7.9	3
2023	2.2	12.3	10.1	8	12.3	1.7	10.6	5
2025	2.2	13.3	11.1	13	13.3	1.8	11.5	5
<i>Rana dalmatina</i>								
2021	-2.6	6.8	9.4	4	6.8	2.6	4.2	3

Примечание. * – для *P. vespertinus*, *B. bombina* и *P. ridibundus* по данным архива погоды метеостанции Октябрьский Городок (WMO ID 34163), для *R. dalmatina* – Разград (WMO ID 15549); жирным шрифтом выделены значения амплитуды температуры в годы с волнами тепла или холода высокой интенсивности ($> 8.1^{\circ}\text{C}$), прямым шрифтом – средней интенсивности (5.1 – 8.0°C), курсивом – слабой интенсивности (3.1 – 5°C) (согласно градациям интенсивности волн тепла и холода С. В. Морозовой с соавторами (2022, 2023)).

Note. * – for *P. vespertinus*, *B. bombina*, and *P. ridibundus*, based on weather archive data from the Oktyabrsky Gorodok weather station (WMO ID 34163), and for *R. dalmatina*, based on data from the Razgrad weather station (WMO ID 15549); the values of temperature amplitude in the years with high-intensity heat or cold waves ($> 8.1^{\circ}\text{C}$) are highlighted in bold, medium intensity (5.1 – 8.0°C) – in regular font, and low intensity (3.1 – 5°C) – in italics, respectively (according to the heat and cold wave intensity gradations by S. V. Morozova et al. (2022, 2023)).

холодными потоками. Они поступили в регион при формировании адвекции воздушных масс из акватории Баренцева моря при взаимодействии антициклона с ядром над Северным морем и системы циклональной циркуляции с тремя ядрами (над Новой Землей, Северным Уралом и севером Западной Сибири) (рис. 3, б). В результате поступления в регион этих воздушных масс произошло резкое похолодание (см. табл. 2). Среднесуточная температура снизилась на 7.1°C (с 7.4°C 16 марта до 0.3°C 18 марта), которое вызвало прерывание нерестовых миграций чесночниц на 4 дня. Истинный нерест начался в этом году через 2 недели (30 марта)

после двух кратких периодов ложных нерестовых миграций (16 и 21 – 22 марта, см. табл. 1).

Два других модельных вида бесхвостых амфибий (*B. bombina* и *P. ridibundus*) характеризуются очень близкими значениями температуры биологического ноля (7.9 и 8.0°C), и даты их прибытия на нерестилища в популяции оз. Садок в течение 16 лет практически всегда совпадают. Поэтому параметры, описывающие развитие нерестовых миграций идентичны и будут изложены совместно.

В 2010 – 2025 гг. временное развитие нерестовых миграций этих двух видов амфибий по типу ложной весны повторялось четыре раза (в 2017,

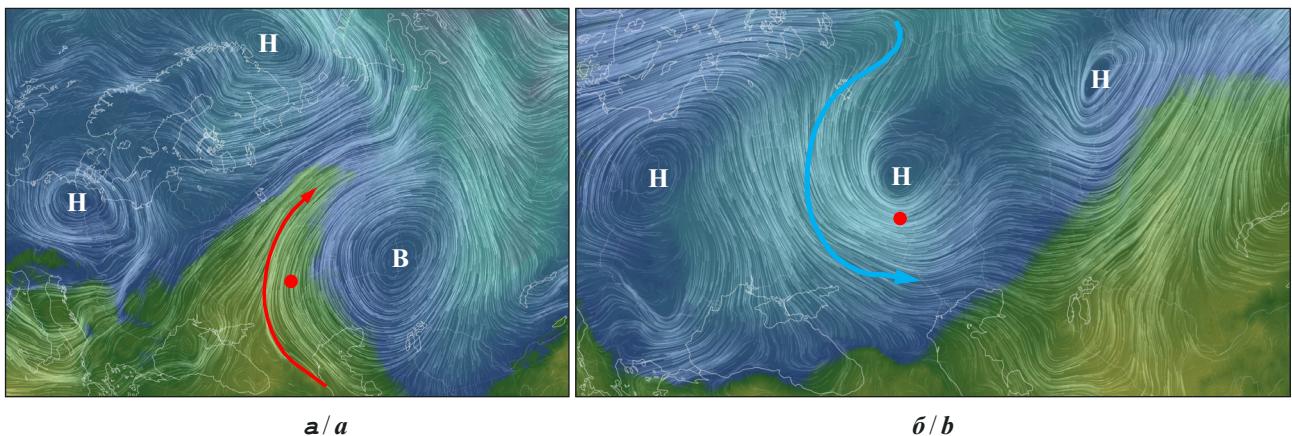


Рис. 2. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (06.03 в 16:00) (а) и перед первым прерыванием (15.03 16:00) (б) хода нерестовых миграций *Pelobates vespertinus* в 2020 г. Условные обозначения см. рис. 1
Fig. 2. Atmospheric circulation features before the start (March 6 at 16:00) (a) and before the first interruption (March 15 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Pelobates vespertinus* in 2020. See Fig. 1 for legend

2019, 2023 и 2025 гг., см. табл. 1). В 2017 г. мощная адвекция теплых воздушных масс формировалась при взаимодействии обширной циклональной системы, расположенной на севере европейской части России и Западной Сибири с тремя ядрами (юго-восточнее Онежского озера, на Северном Урале и в нижнем течении Оби) и центрально-азиатского антициклона с ядром западнее оз. Балхаш (рис. 4, а). Вынос тепла в атмосфере происходил с юга из районов юго-западного Казахстана через Прикаспийскую низменность на север в направлении Нижнего Поволжья и Южного Урала. Данная адвекция неустойчиво функционировала с 5 по 17 апреля и определила повышение среднесуточной температуры воздуха в приземном слое на 10.3°C (с 1.3°C 4 апреля до ее начала до 11.6°C в момент кульминации 14 апреля, см. табл. 2). Модельные популяции амфибий были расположены

в западной части зоны атмосферной адвекции. Период ложных нерестовых миграций продолжался четверо суток, был прерван прохождением через регион холодного атмосферного фронта с северного направления (см. рис. 4, б), сопровождавшегося выпадением осадков. Снижение среднесуточной температуры составило 8.1°C за одни сутки с 17 по 18 апреля (с 9.5 до 1.4°C, см. табл. 2). Пороговое значение биологического ноля для жерлянки краснобрюхой и лягушки озерной было пройдено в сторону понижения, а истинные нерестовые миграции начались только через 13 сут. (30 апреля, см. табл. 1).

В 2019 г. образование атмосферного потока теплого воздуха было связано с деятельностью мощного циклона над северным Причерноморьем и антициклоном с двумя слабо развитыми ядрами в Волго-Уральском междуречье и юго-западном Ка-

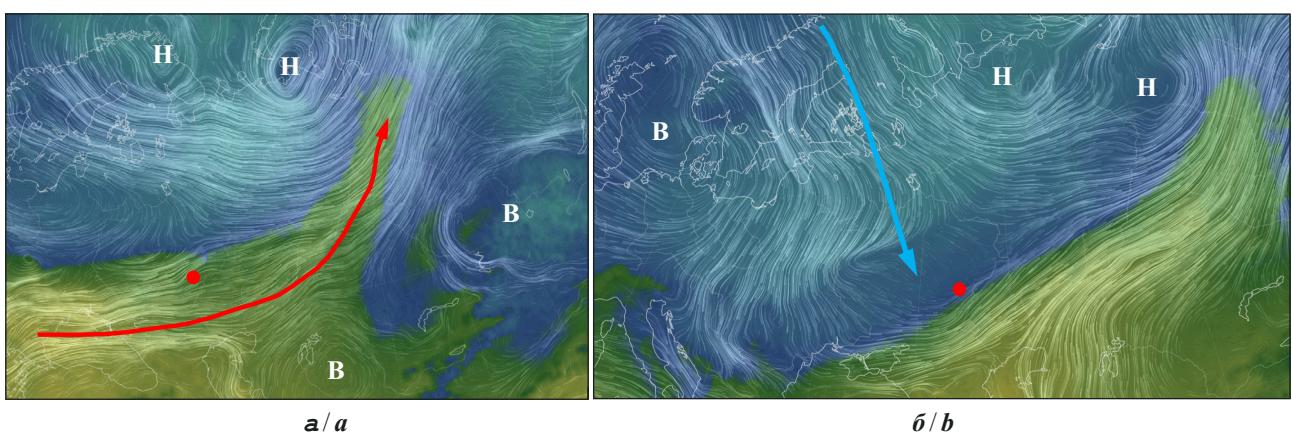


Рис. 3. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (15.03 в 16:00) (а) и перед прерыванием (17.03 16:00) (б) хода нерестовых миграций *Pelobates vespertinus* в 2025 г. Условные обозначения см. рис. 1
Fig. 3. Atmospheric circulation features before the start (March 15 at 16:00) (a) and before the interruption (March 17 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Pelobates vespertinus* in 2025. See Fig. 1 for legend

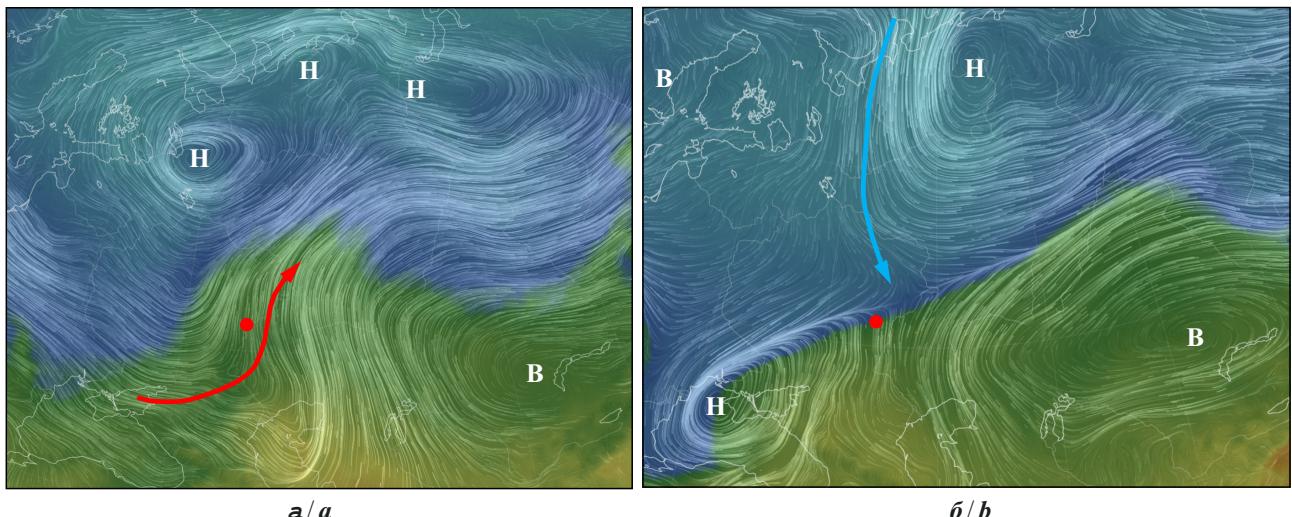


Рис. 4. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (14.04 в 16:00) (а) и перед прерыванием (18.04 в 16:00) (б) нерестовых миграций *Bombina bombina* и *Pelophylax ridibundus* в 2017 г. Условные обозначения см. рис. 1

Fig. 4. Features of atmospheric circulation during the period before the start (April 14 at 16:00) (a) and before the interruption (April 18 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* in 2017. See Fig. 1 for legends

захстане. Территория обитания модельных популяций жерлянки краснобрюхой и лягушки озерной располагалась вблизи центральной зоны полосы адвекции теплых воздушных масс из регионов Калмыкии, Закавказья и с восточного побережья Каспийского моря через Прикаспийскую низменность в Нижнее Поволжье (рис. 5, а). Данная адвекция функционировала в течение длительного периода с 5 по 16 апреля. Она определила повышение среднесуточной температуры в приземном слое возду-

ха на 12.5°C (с 0.5°C 4 апреля до начала ее формирования до 12.9°C в период ее кульминации 12 апреля, см. табл. 2). Прерывистость нерестовых миграций и краткосрочность периода в их начале (2 сут., см. табл. 1) обусловлены ультраарктическим вторжением 17 апреля сформированным совместным действием обширного скандинавского антициклона и мощного малоподвижного циклона с центром над Обской губой (рис. 5, б). Эта адвекция холода снизила среднесуточную температуру в призем-

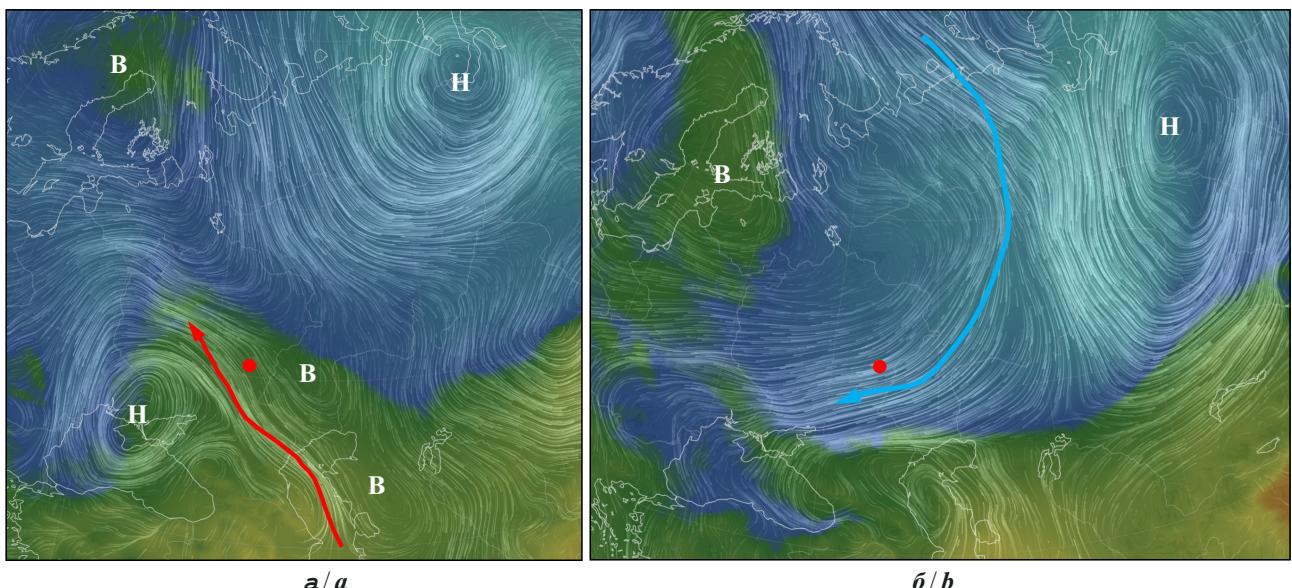


Рис. 5. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (15.04 в 16:00) (а) и перед прерыванием (17.04 в 16:00) (б) нерестовых миграций *Bombina bombina* и *Pelophylax ridibundus* в 2019 г. Условные обозначения см. рис. 1

Fig. 5. Features of atmospheric circulation during the period before the start (April 15 at 16:00) (a) and before the interruption (April 17 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* in 2019. See Fig. 1 for legends

ном слое на 7.9°C (с 9.3°C 16 апреля до ее начала до 1.3°C 18 апреля, см. табл. 2). Истинные нерестовые миграции жерлянки краснобрюхой и лягушки озерной начались через 9 сут. (25 апреля, см. табл. 1).

В 2023 г. температурные условия для начала нерестовых миграций жерлянки краснобрюхой и лягушки озерной сформировались под воздействием адвекции теплых воздушных масс из Предкавказья и Западного Казахстана. Этот атмосферный поток был образован крупным антициклоном над Северным и Средним Уралом и меридионально протяженным циклоном с двумя ядрами циркуляции над Скандинавией и центром европейской части России (рис. 6, а). Адвекция тепла начала формироваться 21 марта и достигла кульминации 27 марта, определив повышение среднесуточной температуры воздуха в приземном слое на 10.1°C (с 2.2 20 марта до 12.3°C во время кульминации явления, см. табл. 2). Временное прерывание периода их миграций на нерестилища через двое суток после их начала было определено смещением с запада на восток зоны ультраарктического вторжения воздушных масс в тылу того же циклона (рис. 6, б). Снижение среднесуточной температуры приземного слоя воздуха в этот период составило 6.3°C к 1 апреля (с 8.0 до 1.7°C, см. табл. 2) и было достаточным для прерывания нерестовых миграций двух видов амфибий на 10 сут. (см. табл. 1). После этого проходил еще один период ложных миграций, также прерванный похолоданием, а истин-

ные нерестовые миграции начались только 22 апреля (см. табл. 1).

В 2025 г. исследованные популяции жерлянки краснобрюхой и лягушки озерной начали нерестовые миграции после трех суток устойчивого существования потока перегретых воздушных масс, перемещающихся с юго-востока на северо-запад из Прикаспийской низменности и Западного Казахстана в Нижнее Поволжье и Черноземье. Территория, занимаемая их нерестовыми водоемами, была длительно расположена в центральной зоне адвекции теплых воздушных масс. Адвекция тепла была сформирована взаимодействием относительно слабого антициклона над Средней Волгой, Предуральем, Южным Уралом и Северным Казахстаном и циклональной системой с двумя ядрами циркуляции над Украиной и Северным Каспием (рис. 7, а). Поток теплых воздушных масс с юго-востока на северо-запад начал формироваться 29 марта и к моменту кульминации потепления 5 апреля повысил среднесуточную температуру приземного слоя воздуха на 7.1°C (с 6.2 до 13.3°C, см. табл. 2). Резкое похолодание, прервавшее нерестовые миграции двух видов амфибий, наступило после смещения системы циклонов на восток и попадания территории с исследуемыми популяциями в их тыловую зону, заполненную арктическими воздушными массами (рис. 7, б). При этом среднесуточная температура снизилась на 11.5°C (см. табл. 2). Истинные нерестовые миграции начались в 2025 г. 18 апреля (см. табл. 1).

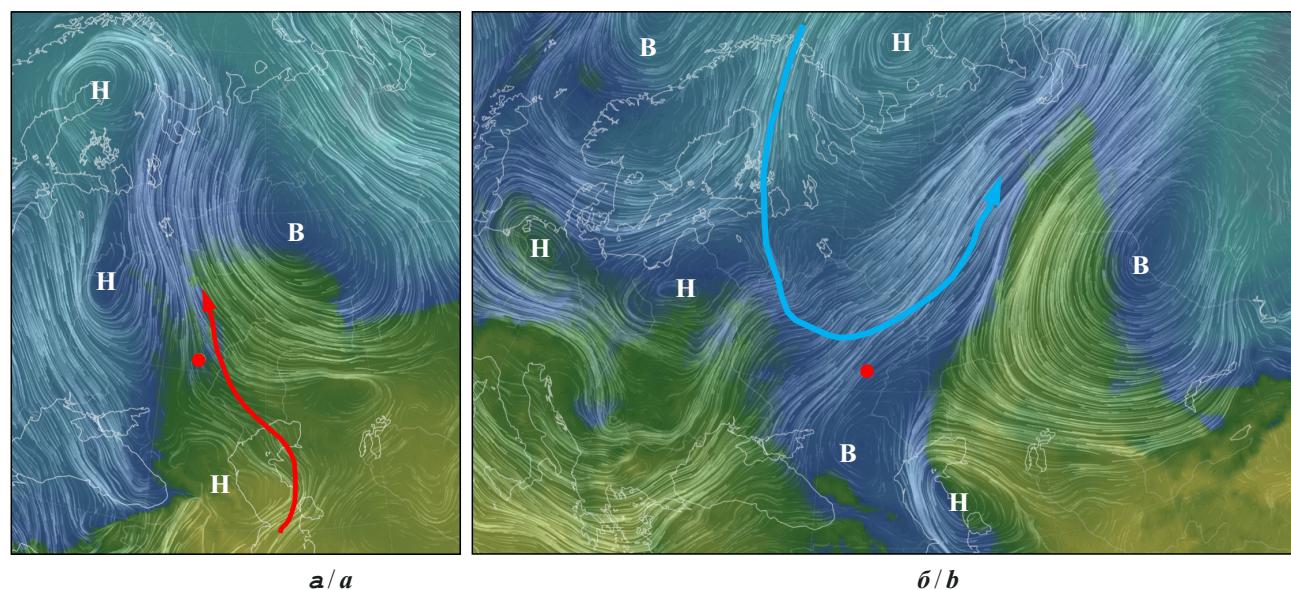


Рис. 6. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (29.03 в 16:00) (а) и перед прерыванием (01.04 в 16:00) (б) нерестовых миграций *Bombina bombina* и *Pelophylax ridibundus* в 2023 г. Условные обозначения см. рис. 1
Fig. 6. Features of atmospheric circulation during the period before the start (March 29 at 16:00) (a) and before the interruption (April 1 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* in 2023. See Fig. 1 for legends

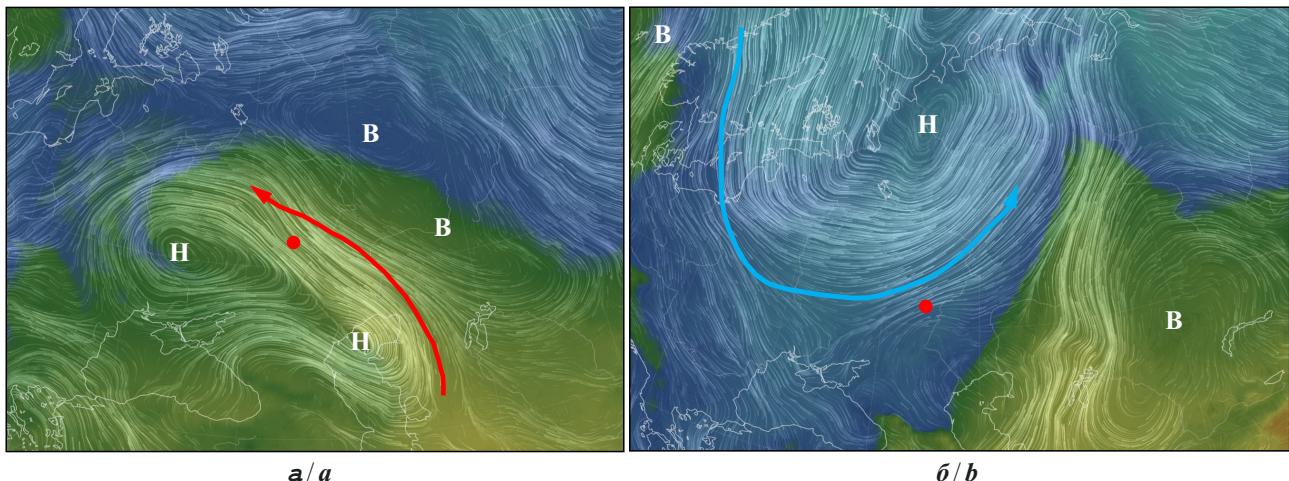


Рис. 7. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (01.04 в 16:00) (а) и перед прерыванием (09.04 в 16:00) (б) нерестовых миграций *Bombina bombina* и *Pelophylax ridibundus* в 2025 г. Условные обозначения см. рис. 1
Fig. 7. Features of atmospheric circulation during the period before the start (April 1 at 16:00) (a) and before the interruption (April 9 at 16:00) (b) of the spawning migrations of *Bombina bombina* and *Pelophylax ridibundus* in 2025. See Fig. 1 for legends

В первой декаде февраля 2021 г. Т. Койнова с соавторами (Koynova et al., 2022) наблюдали аномально раннее начало нерестовых миграций *R. dalmatina* (на 17 сут. раньше, чем в предыдущий период наблюдений). Устойчивый перенос теплых воздушных масс происходил в течение нескольких суток при взаимодействии системы антициклонов над севером Африки и над Ближним Востоком, а также крупной циклональной системой, включающей мощное ядро атлантической и слабые центральное и западное европейские ядра циркуляции.

Атмосферная адвекция тепла происходила с территории Египта и восточного Средиземноморья, модельные популяции находились вблизи центральной части зоны адвекции (рис. 8, а). Южный атмосферный поток начал формироваться 7 февраля и определил повышение среднесуточной температуры приземного слоя воздуха на 7°C к 9 февраля (см. табл. 2). Минимальный по продолжительности период активности прыткой лягушки был прерван 12.02.21 ультра-арктическим вторжением холодных воздушных масс из бассейна Северного Ле-

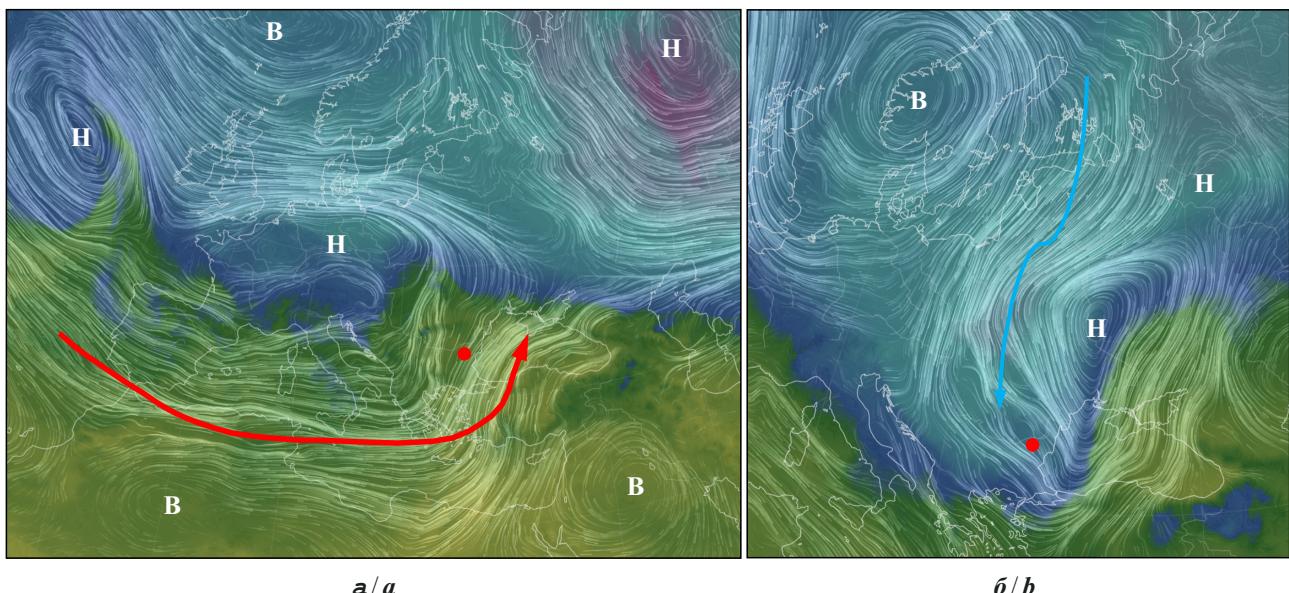


Рис. 8. Особенности атмосферной циркуляции в период перед началом (08.02 в 16:00) (а) и перед прерыванием (12.02 в 08:00) (б) нерестовых миграций *Rana dalmatina* в 2021 г. Условные обозначения см. рис. 1
Fig. 8. Features of atmospheric circulation during the period before the start (February 8 at 16:00) (a) and before the interruption (February 12 at 08:00) (b) of the spawning migrations of *Rana dalmatina* in 2021. See Fig. 1 for legends

довитого океана на Балканы и в западное Причерноморье в тыловой части двух циклонов (над Украиной) (рис. 8, б). Снижение среднесуточной температуры составило 4.2°C (см. табл. 2) и привело к краткосрочному прерыванию нерестовых миграций прыткой лягушки, которое возобновилось после потепления 13 февраля (см. табл. 1).

Анализ 19-ти прецедентов ложной весны у четырех видов бесхвостых амфибий Европы показал, что наиболее частой причиной раннего начала нерестовых миграций, протекающих по типу ложной весны, оказываются волны тепла высокой или средней интенсивности. Причем до 1995 г. ложная весна – почти исключительно (кроме 1893 г.) была спровоцирована волнами тепла средней интенсивности, а после 1995 г. у всех исследованных видов бесхвостых амфибий почти исключительно интенсивными волнами (кроме 2016 г. в популяциях *P. vespertinus*) (см. табл. 2). Прерывание периода активности обусловлено волнами холода также средней (25%) или высокой (53%) интенсивности. Волны холода слабой интенсивности в этот период отмечены единично (см. табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основным сигнальным фактором выхода из состояния зимнего оцепенения и начала нерестовых миграций бесхвостых амфибий считается переход температуры среды в зимовальных биотопах через специфическое для конкретного вида пороговое значение биологического ноля. При поступательном развитии весенних процессов обычным будет непрерывное течение процессов нерестовых миграций амфибий из зимовальных биотопов на нерестилища. Однако наступление возвратных похолоданий может прерывать непрерывность периода нереста, причем иногда на весьма длительные периоды времени. При таком ходе нерестовых процессов они могут возобновляться после перерыва при условии возобновления весеннего потепления. Количество периодов прерывания нерестовых миграций может быть весьма значительны и достигать четырех (Ермохин, Табачишин, 2022а).

Поскольку прерывистые периоды нерестовых миграций относительно коротки (обычно не превышают 5 сут.), в такое время на нерестилища прибывают почти исключительно самцы. Из-за единичного количества самок фактического нереста и появления оплодотворенных кладок на нерестилищах не происходит, поэтому такие нерестовые миграции можно называть «ложными».

Трансформация климата формирует комплекс факторов, в совокупности определяющих эколого-метеорологическую основу для возникновения феномена ложной весны. В состав этого комплекса факторов входят параметры среды, возникающие в течение предыдущего осенне-зимнего сезона: глубина промерзания почвы и толщина снежного покрова (существенно для видов амфибий, зимующих в наземных биотопах), а также толщина ледового покрова (для амфибий, зимующих в водотоках и водоемах).

Наблюдается дифференциация уровня интенсивности волн тепла, провоцирующих аномально раннее окончание зимовки *P. vespertinus*. С конца XIX в. и почти до конца XX в. для формирования этой аномалии было достаточно волн тепла средней интенсивности. Однако после 1995 г. прерывистый характер нерестовых миграций этого вида стал формироваться почти исключительно в результате воздействия адвекций, характеризующихся как высоко интенсивные, т.е. с перепадом среднесуточной температуры приземного воздуха более 8.1°C (следуя градации С. В. Морозовой с соавторами (2022, 2023)).

Очевидно, что середина 1990-х гг. стала пороговым периодом, после прохождения которого установился новый климатический режим развития весенних адвекций тепла из низких широт в умеренные и высокие широты. Возможная причина усиления волн тепла в Европе после 1995 г. связана с резким повышением температуры поверхностных слоев воды в экваториальных районах Атлантического океана начиная с этого года, что оказало определенное влияние на формирование процессов атмосферной адвекции тепла на территорию Евразии (Qiu et al., 2021).

Установлено, что именно аномально раннее потепление во многом определяет тип сценария, по которому происходит развитие нерестовых миграций бесхвостых амфибий. Причем такое потепление ранней весной чаще всего оказывается вызванным горизонтальным переносом тепла в меридиональном направлении из низких широт в более высокие. На формирование меридиональных адвекций тепла и холода в большинстве случаев влияет географическое положение атмосферной циркуляции, обладающей свойствами, блокирующими западно-восточный перенос (Unkašević, Tošić, 2015; Brunner et al., 2017, 2018; Tomeczyk et al., 2020; Jafari et al., 2021; Kautz et al., 2022; Barriopedro et al., 2023; Sun, Chen, 2023; Zhang et al., 2025). Кроме того, потепление климата Арктики усиливает и удли-

няет продолжительность блокирующих процессов в атмосфере, что, в свою очередь, предопределяет развитие мощных меридиональных адвекций тепла и холода в умеренные широты (Dai, 2023).

Адвекции тепла в атмосфере, определившие аномально раннее начало нерестовых миграций, возникали обычно при определенном географическом положении антициклональных и циклональных циркуляций. В начале XXI в. регулярно возникающие и весьма интенсивные южные аномалии в нижней тропосфере обнаруживаются западнее Уральских гор (около 60° в.д.), причем они ослабляют струйное течение, что облегчает меридиональный перенос тепла между низкими и средними широтами, сокращая температурный градиент между ними (Chen et al., 2020, см. Fig. 13, 15; Song et al., 2022, см. Fig. 3).

В годы с аномально ранним началом нерестовых миграций бесхвостых амфибий и их прохождением по типу ложной весны блокирующую западно-восточный атмосферный перенос функцию выполняли мощные антициклоны. Их ядра были расположены над Центральной Азией, Зауральем или Западной Сибирью. Второй компонент, формирующий адвекцию воздушных масс из низких широт на север, – циклональные системы – обычно располагались над Западной Европой, Скандинавией или севером европейской части России.

Обратное положение атмосферных циркуляций (антициклоны над Западной Европой и Скандинавией, циклоны – над Западной Сибирью, Зауральем, а также севером и северо-востоком европейской части России) способствовало возникновению адвекции холода из бассейна Северного Ледовитого океана на юг Европы. Резкое понижение среднесуточной и среднедекадной температуры приземного слоя воздуха прерывали ход нерестовых миграций бесхвостых амфибий. Идентичное географическое положение антициклонов и циклонов формировало мощные адвекции холода на востоке Центральной Европы многократно в течение последних 50 лет сильными заморозками, прерывавшими ход уже начавшегося весной вегетационного сезона (Tomczyk et al., 2020; Bednorz, Tomczyk, 2025; Piotrowski, Bartoszek, 2025).

Наличие снежного покрова в весенний период оказывает сильное влияние на формирование температурного баланса приземных воздушных масс, а его отсутствие заметно усиливает и ускоряет наступление потепления (Groisman et

al., 1994). Важным условием для раннего возникновения аномально высокой температуры приземного воздуха весной стала также деградация мощности снежного покрова в течение холодного времени года и его ранний сход. Маломощность и ранний сход снежного покрова на юго-востоке европейской части России в комплексе со слабым промерзанием почвы на момент возникновения адвекции тепла определили необходимые условия для раннего наступления аномально высокой среднесуточной температуры и перехода ее среднедекадных значений через пороги биологического ноля различных видов амфибий. Напротив, пространственное смещение зоны адвекции тепла на восток или ослабление адвекционного процесса приводили к сильному похолоданию в результате адвекции холода из высоких широт и прерыванию нерестовых миграций.

Таким образом, чередование направленности адвекций теплых и холодных воздушных масс ранней весной (в марте – первой половине апреля) создают метеорологическую основу, имеющую фундаментальное значение для формирования прерывистого характера периода нерестовых миграций бесхвостых амфибий и прохождения их по типу ложной весны. Резкое адвекционное повышение температуры приземного слоя воздуха определяет аномально раннее начало весенних процессов в популяциях бесхвостых амфибий и их прохождение по временному паттерну ложной весны. Напротив, постепенное радиационное повышение температуры локальных воздушных масс, проходящее даже в более ранние по сравнению с фенологической нормой конкретных видов сроки, формирует прохождение нерестовых миграций бесхвостых амфибий по непрерывному временному типу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2011. Сходимость результатов учета численности мигрирующих сеголеток чесночницы обыкновенной, *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) при полном и частичном огораживании нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами // Современная герпетология. Т. 11, вып. 3/4. С. 121 – 131.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2021. Аномально раннее окончание зимовки жерлянки краснобрюхой (*Bombina bombina*) (Discoglossidae, Anura) в популяциях долины р. Медведица (Саратовская область) // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 89 – 96. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-1-89-96>
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2022а. Фенологические изменения даты окончания зимовки ля-

гушки озерной – *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Ranidae, Anura) в долине р. Медведицы (Саратовская область) в условиях трансформации климата // Поволжский экологический журнал. № 4. С. 474 – 482. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-4-474-482>

Ермохин М. В., Табачинин В. Г. 2022б. Ложная весна в нерестовых миграциях чесночниц (*Pelobates*, Anura): распространение в европейской части России и масштаб феномена в 2020 году // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 3 – 16. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-1-3-16>

Ермохин М. В., Табачинин В. Г. 2024. Фенология начала нерестовых миграций бесхвостых амфибий (Anura, Amphibia) в долинах рек Саратовского Правобережья // Теоретическая и прикладная экология. № 1. С. 191 – 198. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2024-1-191-198>

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

Иванов Г. А., Ермохин М. В., Табачинин В. В., Табачинин В. Г. 2023. Репродуктивная экология бесхвостых амфибий: влияние внутренних и внешних факторов // Современная герпетология. Т. 23, вып. 1/2. С. 3 – 26. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-1-2-3-26>

Корн П. С. 2003. Прямолинейные заборчики с ловушками // Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методы для земноводных. М. : Т-во науч. изд. КМК. С. 117 – 127.

Морозова С. В., Абанников В. Н., Полянская Е. А., Алимпиева М. А. 2022. Климатология сухих и влажных волн тепла и холода различной интенсивности // Географический вестник. № 4 (63). С. 80 – 89. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-4-80-89>

Морозова С. В., Лапина С. Н., Полянская Е. А., Алимпиева М. А. 2023. Синоптические условия формирования сухих и влажных волн тепла и холода на Средней Волге // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. № 2 (388). С. 77 – 92. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-77-92>

Araújo M. B., Thuiller W., Pearson R. G. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe // Journal Biogeography. Vol. 33, iss. 10. P. 1712 – 1728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01482.x>

Barriopedro D., García-Herrera R., Ordóñez C., Miralles D. G., Salcedo-Sanz S. 2023. Heat waves: Physical understanding and scientific challenges // Reviews of Geophysics. Vol. 61, iss. 2. Article № e2022RG000780. <https://doi.org/10.1029/2022RG000780>

Beebee T. J. C., Griffiths R. A. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? // Biological Conservation. Vol. 125, iss. 3. P. 271 – 285. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.04.009>

Bednorz E., Tomczyk A. M. 2025. Impact of Euro-atlantic blockings on the occurrence of heat waves and cold spells in Poland // Theoretical and Applied Climatology Vol. 156. Article № 50. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05253-6>

Blaustein A. R., Belden L. K., Olson D. H. 2002. Amphibian phenology and climate change the effects of climatic warming on the seasonal timing of animal and plant activities are receiving increase // Conservation Biology. Vol. 16, iss. 6. P. 1454 – 1455.

Brunner L., Hegerl G. C., Steiner A. K. 2017. Connecting atmospheric blocking to European temperature extremes in spring // Journal of Climate. Vol. 30, iss. 2. P. 585 – 594. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0518.1>

Brunner L., Schaller N., Anstey J., Sillmann J., Steiner A. K. 2018. Dependence of present and future European temperature extremes on the location of atmospheric blocking // Geophysical Research Letters. Vol. 45, iss. 12. P. 6311 – 6320. <https://doi.org/10.1029/2018GL077837>

Chen S., Wu R., Chen W., Hu K., Yu B. 2020. Structure and dynamics of a springtime atmospheric wave train over the North Atlantic and Eurasia // Climate Dynamics. Vol. 54, iss. 11 – 12. P. 5111 – 5126. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05274-7>

Chuine I., Cortazar-Atauri De I. G., Jean F., Van Reeth C. 2025. Living things are showing increasing anomalies in their seasonal activity, which could disrupt the dynamics of biodiversity and ecosystems // Scientific Reports. Vol. 15. Article № 32860. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16585-2>

Corn P. S., Bury R. B. 1990. Sampling Methods for Terrestrial Amphibians and Reptiles / USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, General Technical Report PNWGTR-275. 34 p

Dai H. 2023. Role of horizontal heat advection in Arctic surface warming during early spring // Geophysical Research Letters. Vol. 50, iss. 16. Article № e2023GL103234. <https://doi.org/10.1029/2023GL103234>

Ficetola G. F., Maiorano L. 2016. Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance // Oecologia. Vol. 181, iss. 3. P. 683 – 693.

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

Groisman P. Ya., Karl T. R., Knight R. W. 1994. Observed impact of snow cover on the heat balance and the rise of continental spring temperatures // Science. Vol. 263, № 5144. P. 198 – 200. <https://doi.org/10.1126/science.263.5144.198>

Jafari H., Barati G., Moradi M. 2021. Relations between durability of spring frosts and north advection on omega blocking over Iran // Pure and Applied Geophysics. Vol. 178, iss. 2. P. 671 – 687. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02652-4>

Kautz L.-A., Martius O., Pfahl S., Pinto J. G., Ramos A. M., Sousa P. M., Woollings T. 2022. Atmospheric

- blocking and weather extremes over the Euro-Atlantic sector – a review // Weather and Climate Dynamics. Vol. 3, iss. 1. P. 305 – 336. <https://doi.org/10.5194/wcd-3-305-2022>
- Koynova T., Nedyalkov N., Natchev N.* 2022. An Early Start Does Not Warrant Offspring – a case of abnormal onset of the breeding season in *Rana dalmatina* (Fitzinger in Bonaparte, 1838) on the territory of Natura Park “Shumensko Plato” (NE-Bulgaria) // Biharean Biologist. Vol. 16, № 2. P. 79 – 82.
- Lamichhane J. R.* 2021. Rising risks of late-spring frosts in a changing climate // Nature Climate Change. Vol. 11, iss. 7. P. 554 – 555. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01090-x>
- Marino G. P., Kaiser D. P., Gu L., Ricciuto D. M.* 2011. Reconstruction of false spring occurrences over the southeastern United States, 1901 – 2007: An increasing risk of spring freeze damage? // Environmental Research Letters. Vol. 6, iss. 2. Article № 024015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/024015>
- Murillo-Rincón A. P., Kolter N. A., Laurila A., Orizaola G.* 2017. Intraspecific priority effects modify compensatory responses to changes in hatching phenology in an amphibian // Journal of Animal Ecology. Vol. 86, iss. 1. P. 128 – 135.
- Neveu A.* 2009. Incidence of climate on common frog breeding: Long-term and short-term changes // Acta Oecologica. Vol. 35, iss. 5. P. 671 – 678. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.06.012>
- Piotrowski P., Bartoszek K.* 2025. Atmospheric circulation conditions during spring frosts in southeastern Poland (1981–2023) // Atmosphere. Vol. 16, iss. 4. Article № 409. <https://doi.org/10.3390/atmos16040409>
- Qiu D., Xu H., Deng J., Ma J.* 2021. Different impacts of spring tropical Atlantic SST anomalies on Eurasia spring climate during the periods of 1970–1995 and 1996–2018 // Atmospheric Research. Vol. 253. Article № 105494. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105494>
- Richter-Boix A., Llorente G. A., Montori A.* 2006. Breeding phenology of an amphibian community in a Mediterranean area // Amphibia – Reptilia. Vol. 27, iss. 4. P. 549 – 559. <https://doi.org/10.1163/156853806778877149>
- Scott W. A., Pithart D., Adamson J. K.* 2008. Long-term United Kingdom trends in the breeding phenology of the common frog, *Rana temporaria* // Journal of Herpetology. Vol. 42, iss. 1. P. 89 – 96. <https://doi.org/10.1670/07-022.1>
- Smith S. J., Edmonds J., Hartin C. A., Mundra A., Calvin K.* 2015. Near-term acceleration in the rate of temperature change // Nature Climate Change. Vol. 5, iss. 4. P. 333 – 336. <https://doi.org/10.1038/nclimate2552>
- Song Y., Chen H., Yang J.* 2022. The dominant modes of spring land surface temperature over Western Eurasia and their possible linkages with large-scale atmospheric teleconnection patterns // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. Vol. 127, iss. 4. Article № e2021JD035720. <https://doi.org/10.1029/2021JD035720>
- Sun Y., Chen H.* 2023. Atmospheric circulation anomalies and key physical processes behind two categories of anomalous Eurasian spring snowmelt // Journal of Hydrometeorology. Vol. 24, iss. 8. P. 1349 – 1363. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-23-0010.1>
- Terhivuo J.* 1988. Phenology of spawning for the common frog (*Rana temporaria* L.) in Finland from 1846 to 1986 // Annales Zoologici Fennici. Vol. 25, № 2. P. 165 – 175.
- Tomczyk A. M., Szyga-Pluta K., Bednorz E.* 2020. Occurrence and synoptic background of strong and very strong frost in spring and autumn in Central Europe // International Journal of Biometeorology. Vol. 64, iss. 1. P. 59 – 70. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01793-z>
- Tryjanowski P., Rybacki M., Sparks T.* 2003. Changes in the first spawning dates of common frogs and common toads in Western Poland in 1978 – 2002 // Annales Zoologici Fennici. Vol. 40, № 6. P. 459 – 464.
- Unkašević M., Tošić I.* 2015. Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949–2012 // Theoretical and Applied Climatology. Vol. 120, iss. 1–2. P. 29–40. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1154-7>
- Walpole A. A., Bowman J., Tozer D. C., Badzinski D. S.* 2012. Community-level response to climate change: Shifts in anuran calling phenology // Herpetological Conservation and Biology. Vol. 7, iss. 2. P. 249 – 257.
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G.* 2022. 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. Vol. 29, № 4. P. 206 – 214. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2022-29-4-206-214>
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G.* 2023a. Environmental predictors of the onset of spawning migration in *Pelobates vespertinus* (Anura: Pelobatidae) // South American Journal of Herpetology. Vol. 29. P. 18 – 26. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-21-00003.1>
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G.* 2023b. Phenological changes in the wintering end date of *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Ranidae, Anura) in the Medveditsa river valley (Saratov Oblast) under conditions of climate change // Biology Bulletin. Vol. 50, iss. 10. P. 2673 – 2676. <https://doi.org/10.1134/S1062359023100047>
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A.* 2017. Phenological changes in the wintering of *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Amphibia) in the climate transformation conditions in the Northern Lower Volga Region // Biology Bulletin. Vol. 44, iss. 10. P. 1215 – 1227. <https://doi.org/10.1134/S1062359017100041>
- Zhang X., Jianqi S., Yu S.* 2025. Variations in the spring temperature intraseasonal variability over Northeast China and the possible mechanisms // Journal of Climate. Vol. 38, iss. 14. P. 3469 – 3485. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-24-0308.1>

**Atmospheric advection of heat or cold:
The formation of the false spring phenomenon in the spawning migrations
of anuran amphibians (Amphibia, Anura) in Europe**

M. V. Yermokhin¹✉, V. V. Tabachishin¹, V. G. Tabachishin²

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

Article info

Original Article

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-128-143>
EDN: AIHMEB

Received June 18, 2025,
revised August 17, 2025,
accepted August 17, 2025

Abstract: The spawning migrations of four widespread species of anuran amphibians in European fauna (*Pelobates vespertinus*, *Bombina bombina*, *Pelophylax ridibundus*, and *Rana dalmatina*) were analyzed. In the years with an abnormally early start of the spawning migrations of the anuran amphibians and their passage through a false spring, powerful anticyclones over Central Asia, Trans-Urals or Western Siberia blocked the west–east atmospheric transfer. The second component forming the advection of air masses from low latitudes towards the north (cyclonic systems) was usually located over Western Europe, Scandinavia or the north of the European Russia. The opposite position (anticyclones over Western Europe and Scandinavia, and cyclones over Western Siberia, Trans-Urals, and the north and north-east of the European Russia) contributed to the advection of cold air from the Arctic Ocean basin to southern Europe. A sharp decrease in the average daily and average ten-day temperature of the surface air layer interrupted the spawning migrations of anuran amphibians. Between 1892 and 1995, false spring in Pallas' spadefoot toad populations in the southeast of the European Russia occurred mainly as a result of medium-intensity heat waves, and after 1995 – almost exclusively as a result of high-intensity heat waves. The alternation of warm and cold air advections in the early spring (mid-March to early April) creates a meteorological basis that is fundamental to the intermittent nature of the spawning migration period of anuran amphibians (false spring pattern). A sharp advective increase in the surface air layer temperature determines the abnormally early start of the spring processes in anuran amphibians. Conversely, a gradual radiative increase in the temperature of local air masses, occurring even earlier than the phenological norm for certain species, causes the passage of the amphibian spawning migrations to occur continuously over time.

Keywords: anuran amphibians, phenology, spawning migrations, false spring, heat advection

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

For citation: Yermokhin M. V., Tabachishin V. V., Tabachishin V. G. Atmospheric advection of heat or cold: The formation of the false spring phenomenon in the spawning migrations of anuran amphibians (Amphibia, Anura) in Europe. *Current Studies in Herpetology*, 2025, vol. 25, iss. 3–4, pp. 128–143 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-128-143> EDN: AIHMEB

REFERENCES

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Abundance accounting result convergence of *Pelobates fuscus* (Lauri, 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 bombina*) (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 spawning migrations of Spadefoot toads (*Pelobates*, Anura): Distribution in the European Russia and the phenomenon scale in 2020. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2022b, no. 1, pp. 3–16 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-1-3-16>

✉ 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; Vasiliy V. Tabachishin: vasya2000.t@yandex.ru; Vasily G. Tabachishin: <https://orcid.org/0000-0002-9001-1488>, tabachishinvg@sevin.ru.

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. 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. *Povelzhskiy Journal of Ecology*, 2025, no. 3, pp. 286–299 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-3-286-299>

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>

Korn P. S. Straight fences with traps. In: *Biodiversity Measurement and Monitoring: Standard Methods for Amphibians*. Moscow, KMK Scientific Press, 2003, pp. 117–127 (in Russian).

Morozova S. V., Abannikov V. N., Polianskaya E. A., Alimpieva M. A. Climatology of dry and wet heat and cold waves of different intensity. *Geographical Bulletin*, 2022, no. 4 (63), pp. 80–89 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-4-80-89>

Morozova S. V., Lapina S. N., Polyanskaya E. A., Alimpieva M. A. Synoptic conditions for the formation of dry and wet heat and cold waves in the Middle Volga Region. *Hydrometeorological Research and Forecasting*, 2023, no. 2 (388), pp. 77–92 (in Russian). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-77-92>

Araújo M. B., Thuiller W., Pearson R. G. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal Biogeography*, 2006, vol. 33, iss. 10, pp. 1712–1728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01482.x>

Barriopedro D., García-Herrera R., Ordóñez C., Miralles D. G., Salcedo-Sanz S. Heat waves: Physical understanding and scientific challenges. *Reviews of Geophysics*, 2023, vol. 61, iss. 2, article no. e2022RG000780. <https://doi.org/10.1029/2022RG000780>

Beebee T. J. C., Griffiths R. A. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation*, 2005, vol. 125, iss. 3, pp. 271–285. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.04.009>

Bednorz E., Tomczyk A. M. Impact of Euro-atlantic blockings on the occurrence of heat waves and cold spells in Poland. *Theoretical and Applied Climatology*, 2025, vol. 156, article no. 50. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05253-6>

Blaustein A. R., Belden L. K., Olson D. H. Amphibian phenology and climate change the effects of climatic warming on the seasonal timing of animal and plant activities are receiving increase. *Conservation Biology*, 2002, vol. 16, iss. 6, pp. 1454–1455.

Brunner L., Hegerl G. C., Steiner A. K. Connecting atmospheric blocking to European temperature extremes in spring. *Journal of Climate*, 2017, vol. 30, iss. 2, pp. 585–594. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0518.1>

Brunner L., Schaller N., Anstey J., Sillmann J., Steiner A. K. Dependence of present and future European temperature extremes on the location of atmospheric blocking. *Geophysical Research Letters*, 2018, vol. 45, iss. 12, pp. 6311–6320. <https://doi.org/10.1029/2018GL077837>

Chen S., Wu R., Chen W., Hu K., Yu B. Structure and dynamics of a springtime atmospheric wave train over the North Atlantic and Eurasia. *Climate Dynamics*, 2020, vol. 54, iss. 11–12, pp. 5111–5126. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05274-7>

Chuine I., Cortazar-Atauri De I. G., Jean F., Van Reeth C. Living things are showing increasing anomalies in their seasonal activity, which could disrupt the dynamics of biodiversity and ecosystems. *Scientific Reports*, 2025, vol. 15, article no. 32860. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16585-2>

Corn P. S., Bury R. B. *Sampling Methods for Terrestrial Amphibians and Reptiles*. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, General Technical Report PNWGTR-275, 1990. 34 p.

Dai H. Role of horizontal heat advection in Arctic surface warming during early spring. *Geophysical Research Letters*, 2023, vol. 50, iss. 16, article no. e2023GL103234. <https://doi.org/10.1029/2023GL103234>

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.

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>

Groisman P. Ya., Karl T. R., Knight R. W. Observed impact of snow cover on the heat balance and the rise of continental spring temperatures. *Science*, 1994, vol. 263, no. 5144, pp. 198–200. <https://doi.org/10.1126/science.263.5144.198>

Jafari H., Barati G., Moradi M. Relations between durability of spring frosts and north advection on omega blocking over Iran. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, vol. 178, iss. 2, pp. 671–687. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02652-4>

Kautz L.-A., Martius O., Pfahl S., Pinto J. G., Ramos A. M., Sousa P. M., Woollings T. Atmospheric blocking and weather extremes over the Euro-Atlantic sector – a review. *Weather and Climate Dynamics*, 2022, vol. 3, iss. 1, pp. 305–336. <https://doi.org/10.5194/wcd-3-305-2022>

Koynova T., Nedyalkov N., Natchev N. An Early Start Does Not Warrant Offspring – a case of abnormal onset of the breeding season in *Rana dalmatina* (Fitzinger in Bonaparte, 1838) on the territory of Natura Park “Shumensko Plato” (NE-Bulgaria). *Biharean Biologist*, 2022, vol. 16, no. 2, pp. 79–82.

- Lamichhane J. R. Rising risks of late-spring frosts in a changing climate. *Nature Climate Change*, 2021, vol. 11, iss. 7, pp. 554–555. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01090-x>
- Marino G. P., Kaiser D. P., Gu L., Ricciuto D. M. Reconstruction of false spring occurrences over the southeastern United States, 1901–2007: An increasing risk of spring freeze damage? *Environmental Research Letters*, 2011, vol. 6, iss. 2, article no. 024015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/024015>
- Murillo-Rincón A. P., Kolter N. A., Laurila A., Orizaola G. Intraspecific priority effects modify compensatory responses to changes in hatching phenology in an amphibian. *Journal of Animal Ecology*, 2017, vol. 86, iss. 1, pp. 128–135.
- Neveu A. Incidence of climate on common frog breeding: Long-term and short-term changes. *Acta Oecologica*, 2009, vol. 35, iss. 5, pp. 671–678. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.06.012>
- Piotrowski P., Bartoszek K. Atmospheric circulation conditions during spring frosts in southeastern Poland (1981–2023). *Atmosphere*, 2025, vol. 16, iss. 4, article no. 409. <https://doi.org/10.3390/atmos16040409>
- Qiu D., Xu H., Deng J., Ma J. Different impacts of spring tropical Atlantic SST anomalies on Eurasia spring climate during the periods of 1970–1995 and 1996–2018. *Atmospheric Research*, 2021, vol. 253, article no. 105494. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105494>
- Richter-Boix A., Llorente G. A., Montori A. Breeding phenology of an amphibian community in a Mediterranean area. *Amphibia-Reptilia*, 2006, vol. 27, iss. 4, pp. 549–559. <https://doi.org/10.1163/156853806778877149>
- 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>
- Smith S. J., Edmonds J., Hartin C. A., Mundra A., Calvin K. Near-term acceleration in the rate of temperature change. *Nature Climate Change*, 2015, vol. 5, iss. 4, pp. 333–336. <https://doi.org/10.1038/nclimate2552>
- Song Y., Chen H., Yang J. The dominant modes of spring land surface temperature over Western Eurasia and their possible linkages with large-scale atmospheric teleconnection patterns. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2022, vol. 127, iss. 4, article no. e2021JD035720. <https://doi.org/10.1029/2021JD035720>
- Sun Y., Chen H. Atmospheric circulation anomalies and key physical processes behind two categories of anomalous Eurasian spring snowmelt. *Journal of Hydro-meteorology*, 2023, vol. 24, iss. 8, pp. 1349–1363. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-23-0010.1>
- 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.
- Tomeczyk A. M., Szyga-Pluta K., Bednorz E. Occurrence and synoptic background of strong and very strong frost in spring and autumn in Central Europe. *International Journal of Biometeorology*, 2020, vol. 64, iss. 1, pp. 59–70. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01793-z>
- 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.
- Unkašević M., Tošić I. Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949–2012. *Theoretical and Applied Climatology*, 2015, vol. 120, iss. 1–2, pp. 29–40. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1154-7>
- 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. 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*, 2022, 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*, 2023a, vol. 29, pp. 18–26. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-21-00003.1>
- 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 Oblast) under conditions of climate change. *Biology Bulletin*, 2023b, vol. 50, iss. 10, pp. 2673–2676. <https://doi.org/10.1134/S1062359023100047>
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Phenological changes in the wintering of *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Amphibia) in the climate transformation conditions in the Northern Lower Volga Region. *Biology Bulletin*, 2017, vol. 44, iss. 10, pp. 1215–1227. <https://doi.org/10.1134/S1062359017100041>
- Zhang X., Jianqi S., Yu S. Variations in the spring temperature intraseasonal variability over Northeast China and the possible mechanisms. *Journal of Climate*, 2025, vol. 38, iss. 14, pp. 3469–3485. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-24-0308.1>