

**Моделирование динамики ареала озёрной лягушки
(*Pelophylax ridibundus*) (Ranidae, Amphibia) на территории России
при альтернативных сценариях глобального изменения климата**

**В. Г. Петросян[✉], Ф. А. Осипов, И. В. Башинский,
Н. Н. Дергунова, В. В. Бобров**

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33*

Информация о статье

Оригинальная статья

УДК 574.91+574.22

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-113-118>

EDN: FYLDPW

Поступила в редакцию 31.07.2023,
после доработки 19.08.2023,
принята 19.08.2023,
опубликована 25.12.2023

Аннотация. Представлены прогнозные карты распространения озёрной лягушки (*Pelophylax ridibundus*) на территории России в условиях глобального изменения климата до 2100 г. Карты распространения вида созданы методом ансамблевого моделирования на основе данных о местах находок в нативной и инвазионной частях ареалов, а также биоклиматических переменных, характеризующих текущий и будущий климат. Показано, что под влиянием глобального изменения климата будут происходить расширение ареала и сдвиг центроида в северо-восточном направлении. Подытожены закономерности формирования инвазионной части ареала вида и созданы карты для разных моделей и сценариев изменения климата, которые включают подходящие территории для дальнейшего расселения вида в европейской части России, на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке. Показано, что при потеплении, по данным низкочувствительных моделей, площадь территорий, пригодных для вида, увеличится на 193(±76)%, а сдвиг центроида ареала по широте составит 427(±82) км.

Ключевые слова: озёрная лягушка, Россия, глобальные изменения климата

Финансирование: Исследование выполнено в рамках Российского научного фонда (проект № 21-14-00123).

Образец для цитирования: Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Башинский И. В., Дергунова Н. Н., Бобров В. В. 2023. Моделирование динамики ареала озёрной лягушки (*Pelophylax ridibundus*) (Ranidae, Amphibia) на территории России при альтернативных сценариях глобального изменения климата // Современная герпетология. Т. 23, вып. 3/4. С. 113–118. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-113-118>, EDN: FYLDPW

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

ВВЕДЕНИЕ

Нативный ареал озёрной лягушки (*Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771)) охватывает Западную и Центральную Европу, Центральную и Южную части Европейской России, Турцию и западную часть Ирана. На юге ареала через Курганскую область вид расселялся вдоль р. Миасс в северо-восточный Казахстан. Современная юго-восточная часть ареала охватывает сибирские регионы (Кемеровскую и Томскую области, Хакасию и Алтайский край), на территориях которых образовались локальные популяции в результате интродукции. Подробный временной анализ появления *P. ridibundus* на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке и образование локальных популяций достаточно подробно представлены в работах (Кузьмин, 2012; Самые опасные..., 2018). В целом в последние десятилетия XX в. на территории России расселение *P. ridibundus* проис-

ходило в основном вследствие антропогенных факторов: мелиорации и интродукции. Основной путь продолжающегося расширения ареала – расселение по искусственным каналам. Интродукции обычно имели «точечный» характер и были успешны лишь в тех случаях, когда местные климатические условия благоприятны. Этим обусловлено расширение ареала в Сибири и на Дальнем Востоке.

В условиях текущего климата существование уральских и сибирских популяций в основном связано с термальным загрязнением среды, т.е. наличием водоемов-охладителей и теплых стоков. Однако при глобальном потеплении климата пригодные территории могут увеличиваться значительно, хотя специальные исследования по этому вопросу ранее не проводились. Актуальность анализа динамики ареала вида в условиях изменения климата связана с экологической пластичностью вида и отрицательным влиянием на другие

[✉] Для корреспонденции. Кабинет биоинформатики и моделирования биологических процессов Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН.

ORCID и e-mail адреса: Петросян Варос Гарегинович: <https://orcid.org/0000-0002-7483-5102>, petrosyan@sevin.ru; Осипов Фёдор Алексеевич: <https://orcid.org/0000-0002-0904-1752>, osipov_feodor@mail.ru; Башинский Иван Викторович: <https://orcid.org/0000-0002-2927-406X>, ivbash@mail.ru; Дергунова Наталья Николаевна: <https://orcid.org/0000-0002-7935-114X>, nndergunova@gmail.com; Бобров Владимир Владимирович: <https://orcid.org/0000-0001-6756-516X>, vladimir.v.bobrov@gmail.com.

виды в инвазионной части ареала. Вид может использовать очень широкий спектр биотопов в разных природных зонах: смешанных и лиственных лесах, лесостепи, степи, полупустыне и пустыне (Кузьмин, 2012; Самые опасные..., 2018), населять различные проточные и стоячие воды – от ручьев и мелких луж до крупных рек и озер. Озёрная лягушка предпочитает открытые, хорошо прогреваемые места с богатой травянистой растительностью. Это позволяет априори предполагать, что при глобальном потеплении климата можно ожидать значительное увеличение пригодных территорий для инвазии вида. Необходимость создания прогнозных карт расширения ареала в XXI в. также связана с тем, что *P. ridibundus* является важным компонентом водных экосистем и одной из самых крупных амфибий в России, которая может существенно влиять на другие виды земноводных в инвазионной части ареала. Например, показано, что в пище *P. ridibundus* известно около 10 видов амфибий, из них чаще всего поедаются головастики и сеголетки лягушек (Кузьмин, 2012). В других частях инвазионного ареала установлено, в Казахстане и Киргизии в водоёмах, где появляется *P. ridibundus*, нередко происходит исчезновение зелёных жаб (Дуйсебаева и др., 2005). Также обнаружено, что одной из возможных причин исчезновения центральноазиатской лягушки (*Rana asiatica* Bedriaga, 1898) в долине р. Или и на территории Китая стало интенсивное расселение *P. ridibundus* (Кузьмин, 2001). Имеются исследования, которые показывают, что инвазия *P. ridibundus* может влиять на ихтиофауну водоемов. В рыбхозах озерная лягушка поедает молодь рыб не менее 24 видов. Крупные особи иногда глотают карасей длиной 10–12 см (Зеленова и др., 1962).

В целом известны случаи влияния *P. ridibundus* на комплекс видов, т.е. лягушка может охотиться на ящериц, ужей, птиц и млекопитающих (Самые опасные..., 2018). В связи с вышеуказанными обстоятельствами отрицательного влияния *P. ridibundus* на другие виды и на экосистемы в инвазионной части ареала вид был включен в список TOP-100 наиболее опасных инвазионных видов России.

Важное место в исследованиях, связанных с построением прогнозных карт пригодных территорий для инвазии вида под влиянием глобальных изменений климата, занимают модели пространственного распространения видов (Species Distribution Models – SDMs) (Petrosyan et al., 2023a, b). Для инвазионного вида построение SDM позволяет оценить как территории, уже освоенные видом, так и те, которые еще не заселены. Имеются различные подходы к созданию различных индивидуальных iSDM-моделей (Petrosyan et al., 2023a) и их объединения в ансамблевые модели (eSDM) (Petrosyan et al., 2023b). Преимущество применения ансамблевого подхода для построения SDM в условиях глобального изменения климата показано в работе (Petrosyan et al., 2023b).

Цель исследования – на основе ансамблевого подхода создать модели распространения *P. ridibundus* и предсказать регионы, подходящие для дальнейшего расселения в условиях глобального изменения климата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для построения ансамблевых моделей используется комплексный подход, который состоит из восьми этапов: 1) создание наборов данных о точках находок (ТН) вида и предикторных переменных в условиях текущего климата; 2) уменьшение автокоррелированности ТН и разреживание предикторных переменных; 3) определение оптимальных параметров индивидуальных моделей; 4) построение индивидуальных моделей (iSDM) с оценкой их качества; 5) построение результирующих ансамблевых (eSDM) моделей распространения вида в условиях текущего климата; 6) создание растровых слоев биоклиматических переменных для 12 глобальных моделей (GCM) и 4 сценариев (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) изменения климата; 7) построение ансамблевых (eSDM) моделей распространения вида для различных моделей (GCM) и сценариев изменения климата; 8) оценка динамики ареала при реализации различных моделей и альтернативных сценариях изменения климата. Описание всех этапов достаточно подробно представлено в работе (Petrosyan et al., 2023b), которая посвящена построению ансамблевых моделей пространственного распространения полевой мыши (*Apodemus agrarius*) в условиях глобального изменения климата.

Важно отметить, что для оценки влияния глобальных изменений климата на динамику ареала вида был проведён анализ 40 моделей шестой генерации CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project 6) для четырёх сценариев изменения климата SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 (SSPx-y) (Petrosyan et al., 2023b). Из 40 глобальных климатических моделей были отобраны 12, которые охватывают весь диапазон изменений показателя долгосрочной равновесной чувствительности климата (ECS) от 1.8 до 5.6. Отобранные модели в зависимости от показателя ECS разделены на три группы: **высокочувствительные модели (Hsens)**: CanESM5, CNRM-CM6, CNRM-ESM2-1, IPSL-CM6A-LR (диапазон изменения ECS от 4.6 до 5.6); **умеренночувствительные модели (Msens)**: CNRM-CM6-1-HR, EC-Earth3-Veg, MRI ESM2-0, BCC-CSM2-MR (диапазон изменения ESM от 3.0 до 4.3) и **низкочувствительные модели (Lsens)**: MIROC-ES2L, MIROC6, GISS-E2.1, INM-CM4.8 (диапазон изменения ESM от 1.8 до 2.7). Для 12 выбранных моделей и 4 сценариев (SSPx-y) были созданы растровые слои в формате *.gtif, включающие биоклиматические переменные Bioclim (Bio1 – Bio19). Все слои представлены с разрешением 2.5 arc min (~5000 м) для периода 2020–2100 гг. с шагом 20 лет, т.е. 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080, 2081–2100 гг. Растровые слои предикторных переменных были получены с помощью созданного R-скрипта в среде RStudio v. 1.4.1106. Описание всех моделей GCM и сценариев изменения климата (SSPx-y) представлено в работе (Petrosyan et al., 2023b).

Оценка динамики ареала производилась для каждого конкретного периода времени на основе сравнения бинарной eSDM в условиях текущего климата (1970–2020 г.) с бинарной eSDM, полученной для конкретно-

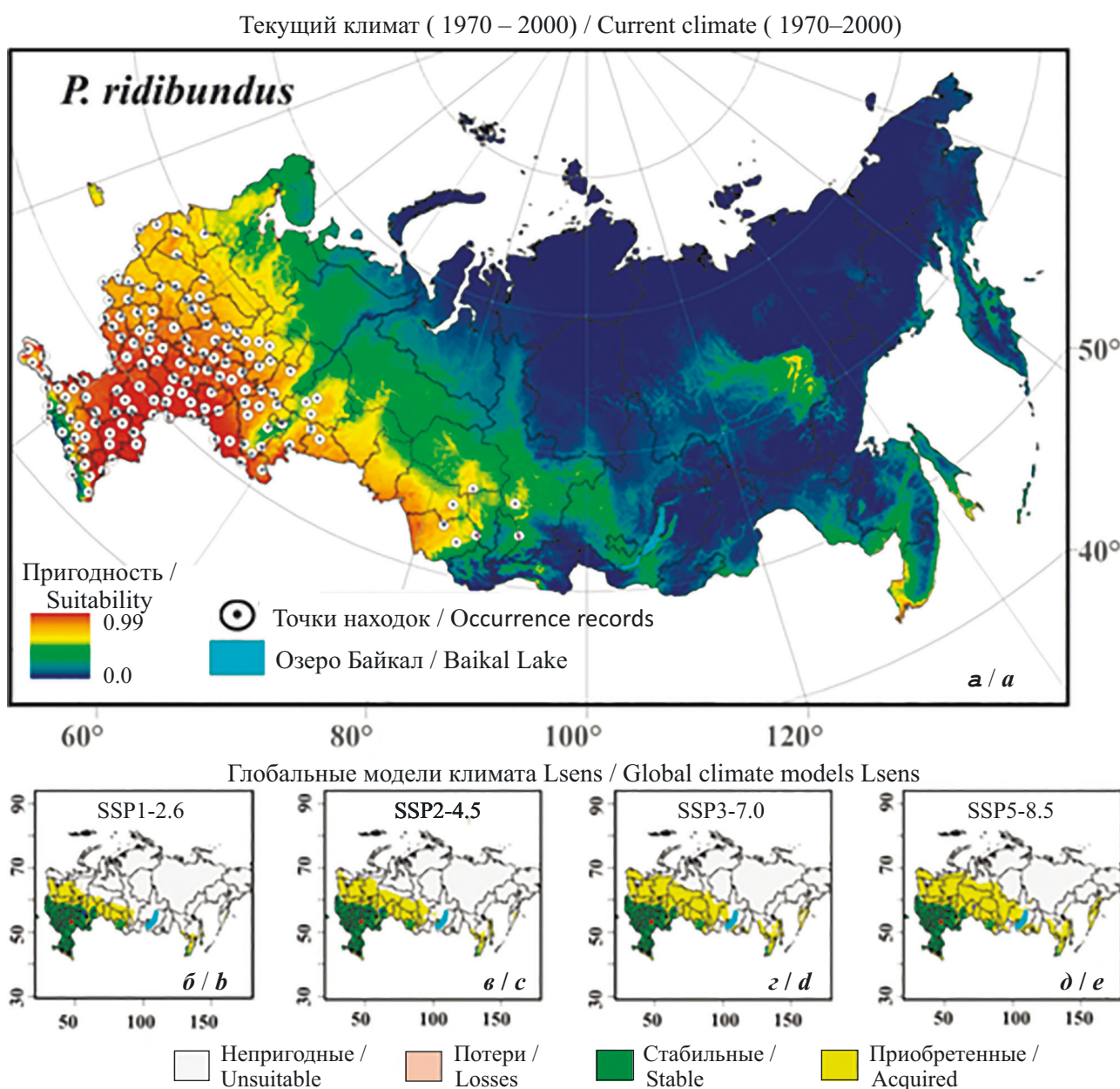
го периода (2021 – 2040, ..., 2081 – 2100 гг.) с использованием трех индексов – приобретения (Gain), потери (Loss), изменения (Change) (Petrosyan et al., 2023b). Индекс Gain оценивает процент «приобретения» мест обитания, которые не использовались в условиях текущего климата. Индекс Loss характеризует процент «потери» мест обитания в условиях нового климата. Индекс Change по величине равен Gain минус Loss и характеризует процент изменения ареала в условиях нового климата.

Построение моделей iSDM и eSDM проведено с использованием базовых и дополнительных R-пакетов в R v.3.6.2. Были также использованы несколько оригинальных R-скриптов для оценки пригодности eSDM в

среде RStudio v. 1.4.1106. Визуализация eSDM проводилась в среде ARCGIS Desktop 10.8.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После выполнения всех процедур разреживания из 5203 ТН (Petrosyan, Kuzmin, 2022) был создан сокращённый набор данных ТН *P. ridibundus* (ТН=142) в нативной и инвазионной частях ареала для построения моделей iSDM и eSDM, для которого ANNI = 1.09, т.е. имеет место случайное распределение ТН (z -value = 1.9; p -value = 0.06; наблюдаемое среднее расстояние = 114 км, ожидаемое среднее расстояние = 124 км) (рисунок).



Прогноз потенциального ареала *P. ridibundus* на территории России в условиях текущего климата (а) и в конце 2100 г. для моделей GCM Lsens при различных сценариях (SSPх-у) изменения климата (б, в, г, д)

Figure. Prediction of the potential range of *P. ridibundus* in Russia under current climate conditions (a) and at the end of 2100 for GCM Lsens models under different scenarios (SSPх-у) of climate change (b, c, d, e)

Анализ расположения ТН в пространстве предикторных переменных с помощью главных компонент (РСА) позволил выбрать пять биоклиматических переменных для построения eSDM. Набор предикторных переменных для моделей включал Bio_01 (средняя годовая температура, °C), Bio_02 (средняя суточная амплитуда температуры, °C), Bio_05 (максимальная температура самого тёплого месяца года, °C), Bio_12 (годовая сумма осадков, мм), Bio_15 (коэффициент вариации осадков, %). Использование выбранных переменных с оптимальными параметрами индивидуальных моделей iSDM позволило построить ансамблевые модели eSDM распространения вида условиях текущего климата высокими значениями индекса Бойса (Bind) $Bind = 0.92 \pm 0.02$. В результате создана серия прогнозных карт пригодности местообитаний *P. ridibundus* на территории России в условиях текущего климата (рисунок, *a*) и изменений ареала при потеплении (рисунок, *b – d*). Из них на рисунке *b – d* представлены карты ареалов только для низкочувствительных (Lsens) моделей GCM, поскольку недавние наши исследования показали, что глобальные изменения климата в XXI в. достаточно хорошо согласуются именно с этими моделями, т.е. они более реалистичны (Petrosyan et al., 2023b).

Карта климатически пригодных территорий обитания *P. ridibundus* (см. рисунок, *a*) в условиях текущего климата показывает, что потенциальный ареал вида достаточно хорошо согласуется с полевыми данными GBIF (Petrosyan, Kuzmin, 2022), которые частично представлены в рисунке, *a*. Из рисунка следует, что высокопригодные территории расположены в южной (Крым, Краснодарский и Ставропольский края, Дагестан, Калмыкия, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области) и центральной (республики Удмуртия, Марий Эл, Мордовия, Башкортостан и Татарстан, Нижегородская, Рязанская, Ульяновская, Самарская, Оренбургская, Пензенская, Тамбовская, Саратовская, Воронежская, Курская, Белгородская и Липецкая области) частях Европейской России. Умеренно пригодные территории охватывают более северные субъекты европейской части России (Брянская, Вологодская, Ленинградская, Кировская, Костромская, Новгородская, Псковская, Тверская, Московская, Владимирская, Смоленская, Калужская и Орловская области, Пермский край). Карта также показывает, что умеренно пригодные территории также выделяются на юге в некоторых субъектах Урала (Челябинской и Курганской областей), Сибири (Тюменской и Новосибирской областей, Алтайский край) и Дальнего Востока (Приморский край и Сахалин). Из рисунка *a*, видно, что умеренно пригодные территории на Алтае шире, чем в других регионах Сибири. Хотя имеются ТН (из-за интродукции вида) (Самые опасные..., 2018) на Камчатке и в Якутии, тем не менее, в условиях текущего климата эти территории имеют низкую пригодность для долговременного существования вида (см. рисунок, *a*).

Сравнительный анализ оценок индексов Gain (приобретения), Loss (потери), Change (изменения) для вида показывает, что статически значимые различия выявляются как по основным факторам (GCM, SSPx-y, Years), так и по взаимодействиям факторов (GCM × SSPx-y, GCM × Years; SSPx-y × Years) (Gain: $F = 88$, Loss: $F = 26$, Change: $F = 87$; $P \ll 0.01$). Такая динамика ареала в большей степени связана с «приобретением» новых регионов обитания и сдвигом ареала с юга на север и с запада на восток. Например, для моделей Lsens и сценариев SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 увеличение площади ареала *P. ridibundus* (в терминах индекса Change) к концу 2100 г. составляют 108, 159, 227 и 280% соответственно (см. рисунок, *b – d*, табл. 1). При этом широтный сдвиг центроида для SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 в конце XXI в. будет составлять 321, 409, 465 и 513 км соответственно (см. рисунок, *b – d*, табл. 2). Средние значения по всем сценариям (SSPx-y) для низко-чувствительных моделей (GCM) показывает, что увеличение площади (%) и сдвиг центроида ареала (км) в конце XXI века будут составлять $193(\pm 76)\%$ и $427(\pm 82)$ км соответственно.

Таблица 1. Динамика изменения пригодных территорий (%) в рамках низко-чувствительных моделей Lsens при альтернативных сценариях (SSPx-y) изменений климата

Table 1. Dynamics of change in suitable areas (%) under low-sensitivity Lsens models and alternative climate change scenarios (SSPx-y)

Сценарии / Scenarios	Периоды / Periods			
	2021–2040	2041–2060	2061–2080	2081–2100
SSP1-2.6	87.9	110.2	119.4	108
SSP2-4.5	91.83	125.7	149.2	159
SSP3-7.0	86.69	128.6	179.8	227
SSP5-8.5	94.07	150.2	219.2	280

Сдвиг ареала вида с запада на восток и с юга на север будет выражаться в появлении климатических пригодных местообитаний на севере европейской части России, на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке (см. рисунок, *b – d*). Основная часть потенциального ареала *P. ridibundus* в конце XXI в. в условиях глобального изменения климата будет включать территории от западных границ России до Средней Сибири, где в районе $100^\circ - 126^\circ$ в.д. имеются малопригодные места обитания. Восточнее подходящие для жизни вида регионы встречаются в южных районах Дальнего Востока (Приморского края, Камчатки и Сахалина). Полученные результаты по прогнозу предстоящих в XXI в. инвазий *P. ridibundus* показывают высокую пригодность для существования этого вида на обширных площадях как в европейской, так и в азиатской частях России. Можно ожидать устойчивое существование и продолжение влияния вида на пресноводные экосистемы России. Однако прямые наблюдения и многолетний мониторинг *P. ridibundus* могут дать много дополнительной полезной информации.

Таблица 2. Динамика сдвига центроида ареала (км) в рамках низко-чувствительных моделей Lsens при альтернативных сценариях (SSPx-y) изменений климата

Table 2. Dynamics of range centroid shift (km) under low-sensitivity Lsens models and alternative scenarios (SSPx-y) of climate change

Сценарии / Scenarios	Периоды / Periods			
	2021–2040	2041–2060	2061–2080	2081–2100
SSP1-2.6	277	321	341	321
SSP2-4.5	296	354	386	409
SSP3-7.0	284	359	435	465
SSP5-8.5	289	384	459	513

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные прогнозные карты ареала *P. ridibundus* в условиях текущего и глобального изменения климата показывают высокую пригодность для их жизни обширных территорий как в европейской, так и в азиатской частях России до конца XXI в. Согласно модельным оценкам при потеплении (в случае моделей Lsens) площадь территорий, пригодных для вида, увеличится на 193(±76)%, а сдвиг центроида ареала по широте составит 427(±82) км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дуйсебаева Т. Н., Березовиков Н. Н., Брушко З. К., Кубыкин Р. А., Хромов В. А. 2005. Озёрная лягушка (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) в Казахстане: изменение ареала в XX

столетии и современное распространение вида // Современная герпетология. Т. 3/4. С. 29 – 59.

Зеленова Л., Кунаков М. 1962. Животный мир // Растительный и животный мир Калужской области. Калуга : Книгоиздат. 186 с.

Кузьмин С. Л. 2012. Земноводные бывшего СССР. М. : Товарищество научных изданий КМК. 370 с.

Кузьмин С. Л. 2001. Проблема глобального сокращения численности земноводных // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. Пушино ; М. : Изд-во МГУ. С. 142 – 145.

Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / ред. Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп. 2018. М. : Товарищество научных изданий КМК. 688 с.

Petrosyan V., Osipov F., Feniova I., Dergunova N., Warshavsky A., Khlyap L., Dzialowski A. 2023a. The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern Eurasia: Invasion trends and species distribution modeling // NeoBiota. Vol. 82. P. 23 – 56. <https://doi.org/10.3897/neobiota.82.96282>

Petrosyan V., Dinets V., Osipov F., Dergunova N., Khlyap L. 2023b. Range dynamics of striped field mouse (*Apodemus agrarius*) in Northern Eurasia under global climate change based on ensemble species distribution models // Biology. Vol. 12, iss. 7. Article number 1034. <https://doi.org/10.3390/biology12071034>

Petrosyan V., Kuzmin S. 2022. Amphibians of the Former USSR. Version 1.12. A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences // Occurrence dataset (accessed via GBIF.org on 24 July 2023). <https://doi.org/10.15468/wxz3yj>

Modelling the range dynamics of the marsh frog (*Pelophylax ridibundus*) (Ranidae, Amphibia) in Russia under alternative scenarios of global climate change

V. G. Petrosyan[✉], **F. A. Osipov**, **I. V. Bashinskiy**,
N. N. Dergunova, **V. V. Bobrov**

*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences
33 Leninsky Prosp., Moscow 119071, Russia*

Article info

Original Article

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-113-118>
EDN: FYLDPW

Received July 31, 2023,
revised August 19, 2023,
accepted August 19, 2023,
published December 25, 2023

Abstract. Predictive maps of the distribution of the marsh frog (*Pelophylax ridibundus*) in Russia under the conditions of global climate change up to 2100 are presented. It is shown that under the influence of global climate change, the range will expand and the centroid will shift to the north-east. The patterns of the formation of the invasive part of the species range are summarized and maps are created for different models and scenarios of climate change, which include suitable territories for the further dispersal of the species in the European part of Russia, the Urals, Siberia and the Far East. It is shown that with warming in the case of low-sensitivity models, the area of territories suitable for the species will increase by 193(±76)%, and the shift of the center of the range in latitude will be 427(±82) km.

Keywords: marsh frog, Russia, global climate change

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of the Russian Science Foundation (Project No. 21-14-00123).

For citation: Petrosyan V. G., Osipov F. A., Bashinskiy I. V., Dergunova N. N., Bobrov V. V. Modelling the range dynamics of the marsh frog (*Pelophylax ridibundus*) (Ranidae, Amphibia) in Russia under alternative scenarios of global climate change. *Current Studies in Herpetology*, 2023, vol. 23, iss. 3–4, pp. 113–118 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-113-118>, EDN: FYLDPW

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

REFERENCES

Duysebaeva T. N., Berezovikov N. N., Brushko Z. K., Kubykin R. A., Khromov V. A. Marsh frog (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) in Kazakhstan: Range changing and recent distribution. *Current Studies in Herpetology*, 2005, vol. 3–4, pp. 29–59 (in Russian).

Zelenova L., Kunakov M. Animal world. In: *Rastitel'nyi i zhivotnyi mir Kaluzhskoi oblasti* [Plant and Animal World of the Kaluga Region]. Kaluga, Knigoizdat, 1962. 186 p. (in Russian).

Kuzmin S. L. *Amphibians of the Former USSR*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 2012. 370 p. (in Russian).

Kuzmin S. L. The problem of global decline of amphibians. *The Problems of Herpetology. Proceedings of the 1th Meeting of the Nikolsky Herpetological Society*. Pushchino, Moscow, Moscow State University Publ., 2001, pp. 142–145 (in Russian).

Dgebudze Yu.Yu., Petrosyan V. G., Khlyap L. A., eds. *The Most Dangerous Invasive Species in Russia (TOP-100)*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 2018. 688 p. (in Russian).

Petrosyan V., Osipov F., Feniova I., Dergunova N., Warshavsky A., Khlyap L., Dzialowski A. The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern Eurasia: Invasion trends and species distribution modeling. *NeoBiota*, 2023a, vol. 82, pp. 23–56. <https://doi.org/10.3897/neobiota.82.96282>

Petrosyan V., Dinets V., Osipov F., Dergunova N., Khlyap L. Range dynamics of striped field mouse (*Apodemus agrarius*) in Northern Eurasia under global climate change based on ensemble species distribution models. *Biology*, 2023b, vol. 12, iss. 7, article no. 1034. <https://doi.org/10.3390/biology12071034>

Petrosyan V., Kuzmin S. Amphibians of the Former USSR. Version 1.12. A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences. *Occurrence dataset*, 2022. (accessed via GBIF.org on 24 July 2023). <https://doi.org/10.15468/wxz3yj>

[✉] *Corresponding author.* Inter-laboratory Facility of Bioinformatics and Modeling of Biological Processes of the A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Varos G. Petrosyan: <https://orcid.org/0000-0002-7483-5102>, petrosyan@sevin.ru; Fedor A. Osipov: <https://orcid.org/0000-0002-0904-1752>, osipov_feodor@mail.ru; Ivan V. Bashinskiy: <https://orcid.org/0000-0002-2927-406X>, ivbash@mail.ru; Natalia N. Dergunova: <https://orcid.org/0000-0002-7935-114X>, nndergunova@gmail.com; Vladimir V. Bobrov: <https://orcid.org/0000-0001-6756-516X>, vladimir.v.bobrov@gmail.com.