

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 597.841: 636.018

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-3-4-03>



Влияние возраста на репродуктивные показатели жабы Буланже, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) (лабораторные исследования)

Матушкина Ксения Андреевна, Африна Ирина Владимировна,
Африн Кирилл Александрович

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Матушкина Ксения Андреевна,
matushkinaka@gmail.com

Аннотация

В рамках исследований изучены репродуктивные показатели *Bufotes boulengeri*. Материалом послужили кладки, полученные в лабораторных условиях от жаб разного возраста – от 2 до 7 лет. Средняя плодовитость самок жабы Буланже составила 2489.4 ± 152.9 яиц (размах – 484–4816). Самая высокая плодовитость была зафиксирована для 4-летних самок – 3507.6 ± 272.9 яиц. Периодом высокой репродуктивной активности можно считать возраст с 3 до 6 лет, после чего плодовитость падает. Диаметр яиц и ширина икранных шнуров подвержены изменениям, однако возрастных тенденций выявить не удалось.

Ключевые слова

Bufo viridis group, бесхвостые амфибии, плодовитость, лабораторное разведение, *B. boulengeri*, репродуктивная биология

Для цитирования

Матушкина К.А., Африна И.В., Африн К.А. Влияние возраста на репродуктивные показатели жабы Буланже, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) (лабораторные исследования) // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 3. С. 403. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-3-4-03>

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-3-4-03>



Effect of age on reproductive performance of the Boulenger's toad, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) (laboratory studies)

Ksenia A. Matushkina, Irina V. Afrina, Kirill A. Afrin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Ksenia A. Matushkina, matushkinaka@gmail.com

Abstract

This study investigated the reproductive performance of *Bufotes boulengeri*. The material analyzed consisted of egg clutches obtained under laboratory conditions from toads of varying ages, ranging from 2 to 7 years. The mean fecundity of female Boulenger's toads was determined to be 2489.4 ± 152.9 eggs (range: 484–4816). The highest fecundity was recorded for 4-year-old females, averaging 3507.6 ± 272.9 eggs. The period of high reproductive activity appears to be between 3 and 6 years of age, after which fecundity declines. Although the egg diameter and egg string width showed variation, no clear age-related trends could be established for these parameters.

Keywords

Bufo viridis group, anurans, fecundity, laboratory breeding, *B. boulengeri*, captive breeding, reproductive biology

For citation

Matushkina K.A., Afrina I.V., Afrin K.A. Effect of age on reproductive performance of the Boulenger's toad, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) (laboratory studies). *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(3):403. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-3-4-03>

Введение Introduction

В течение долгих лет предполагалось, что северную часть Африки населяет центральный представитель рода *Bufotes* Rafinesque, 1815, – зеленая жаба, *Bufotes viridis* (Laurenti, 1768). Сегодня, благодаря современным молекулярно-генетическим методам и неоднократным таксономическим ревизиям, взгляд на структуру рода и видовую принадлежность популяций, населяющих Марокко, Алжир, Тунис, Ливию и Египет, сильно изменился [1, 2]. Жаба Буланже, или Магрибская жаба, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879), благодаря высокой экологической пластичности населяет весьма широкий диапазон биотопов на высоте до 2670 м над уровнем моря [3]. Чаще всего это открытые аридные ландшафты с разреженной растительностью [4], реже – лесные районы, полупустыни и пустыни [5]. Большую часть ареала населяет номинативный подвид *B. boulengeri boulengeri*, занимая все континентальные территории. Второй подвид – *B. boulengeri siculus* – обнаружен только на итальянских островах [6]. В последние годы, вследствие интенсивной трансформации мест обитания, опустынивания и загрязнения, численность вида стала заметно снижаться [7].

Для размножения жабы выбирают как постоянные, так и стоячие водоемы, нередко игнорируя высокие концентрации хлорида натрия (до 12.0-21.9 г/л) [3, 8]. Тропическое распространение обуславливает весьма продолжительную, а порой и круглогодичную активность, вследствие чего сезон размножения сильно растянут относительно других представителей рода [3]. В большинстве мест размножения отмечают бимодальный и крайне пластичный характер репродуктивной активности (январь–июнь и сентябрь–ноябрь) [1, 9-11]. В литературе описывают высокую плодовитость – 9000-15000 икринок [5], сжатые сроки развития и низкую пищевую избирательность личинок [12]. В целом сведения о репродуктивной биологии данного вида носят отрывочный характер, а порой вызывают сомнения, требуя дополнительных исследований.

В статье представлены результаты лабораторного разведения североафриканской жабы. Такой формат исследований позволяет контролировать условия, точно оценивать индивидуальные репродуктивные показатели самок, скорость роста и размерно-весовые характеристики молоди. Расширение знаний об особенностях воспроизводства данного вида поможет их сохранению [13].

Цель исследований: оценка возрастных изменений плодовитости самок *B. boulengeri* в лабораторных условиях.

Методика исследований Research method

Исследования были проведены на базе Российского государственного аграрного университета (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) в лаборатории зоокультуры кафедры зоологии и аквакультуры в период с 2019 по 2025 гг.

Материалом для исследований послужили кладки, полученные от 41 самки магрибской жабы в возрасте от 2 до 7 лет. Все животные, задействованные в работе, – лабораторного разведения.

Содержание и разведение осуществляли по методике, отработанной ранее для других представителей рода *Bufotes* [14-18].

Для естественной стимуляции формирования половых продуктов и репродуктивного поведения животным устраивали искусственную зимовку продолжительностью 8-10 недель с понижением температуры до 10-15°C.

После окончания периода зимовки и последовательного повышения температуры жаб, демонстрировавших репродуктивное поведение (высокая двигательная активность, вокализация, попытки формирования амplexуса, линьки), помещали в нерестовые контейнеры и вводили синтетический аналог люлеберина – сурфагон, положительно зарекомендовавший себя для дополнительной стимуляции размножения земноводных [19].

Для оценки репродуктивных показателей анализировали количество яиц в кладках, диаметр яиц (вителиуса) и ширину икряного шнура. Количество яиц в кладках определяли полным поштучным пересчетом, измерения осуществляли при помощи цифрового штангенциркуля с погрешностью 0.1 мм.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel и STATISTICA. Рассчитывали среднюю арифметическую и ошибку средней ($M \pm m$), среднеквадратичное отклонение (σ), а также размах признака ($\min - \max$). Поскольку гипотеза о нормальности распределения выборок была отклонена (Kolmogorov-Smirnov test, $p \leq 0.05$; Shapiro-Wilk's W test, $p \leq 0.05$), статистическую значимость оценивали при помощи критерия Краскела-Уоллиса ($p \leq 0.05$) для нескольких и U-критерия Манна-Уитни ($p \leq 0.05$) для двух независимых выборок.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

Впервые самки участвовали в размножении в возрасте 2 лет, однако потомство удалось получить только от 4 самок из 11 (36.4%).

За репродуктивный период масса самок падала на 10.0-15.0%, а масса самцов увеличивалась на 1.0-7.0% – вероятно, вследствие восполнения запасов жидкости в лимфатических полостях.

За весь период исследований нами были получены кладки от 41 самки. Средняя плодовитость составила 2489.4 ± 152.9 яиц (484-4816). Самые высокие средние показатели демонстрировали самки в возрасте 3 и 4 лет (рис. 1, табл. 1), после чего наблюдалось ежегодное снижение плодовитости. Наибольшая плодовитость зафиксирована для самок 4 лет (3507.6 ± 272.86 яиц), минимальная – у семилетних (1076.0 ± 372.2).

Таблица 1. Репродуктивные показатели самок жабы Буланже, *Bufotes boulengeri* разного возраста
Table 1. Reproductive performance indicators of female Boulanger’s toads, *Bufotes boulengeri* of different ages

Возраст Age	$\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min-max}}$		
	плодовитость, шт. fecundity, eggs	диаметр яиц, мм egg diameter, mm	ширина шнура, мм egg string width, mm
2+	$\frac{2443.8 \pm 416.83 (721.97)}{1767-3141}$	$\frac{1.5 \pm 0.02 (0.17)}{1.2-1.8}$	$\frac{3.4 \pm 0.21 (0.94)}{2.1-5.0}$
3+	$\frac{2973.6 \pm 184.28 (521.23)}{2192-3734}$	$\frac{1.4 \pm 0.01 (0.21)}{0.9-1.8}$	$\frac{3.0 \pm 0.09 (0.60)}{1.8-4.1}$
4+	$\frac{3507.6 \pm 272.86 (668.38)}{2760-4816}$	$\frac{1.6 \pm 0.04 (0.31)}{1.1-2.5}$	$\frac{3.4 \pm 0.07 (0.44)}{2.7-4.2}$
5+	$\frac{2424.8 \pm 259.6 (580.39)}{1456-3187}$	$\frac{1.5 \pm 0.03 (0.29)}{0.7-2.0}$	$\frac{2.7 \pm 0.08 (0.40)}{2.2-4.1}$
6+	$\frac{2011.3 \pm 285.81 (903.83)}{540-3371}$	$\frac{1.5 \pm 0.02 (0.29)}{0.9-2.6}$	$\frac{3.1 \pm 0.07 (0.48)}{2.2-3.9}$
7+	$\frac{1076.0 \pm 372.21 (644.69)}{484-1944}$	$\frac{1.9 \pm 0.03 (0.25)}{1.4-2.5}$	$\frac{3.1 \pm 0.28 (1.09)}{1.9-5.6}$
Среднее Mean	$\frac{2489.4 \pm 152.94 (644.69)}{484-4816}$	$\frac{1.5 \pm 0.01 (0.31)}{0.7-2.6}$	$\frac{3.1 \pm 0.05 (0.65)}{1.8-5.6}$

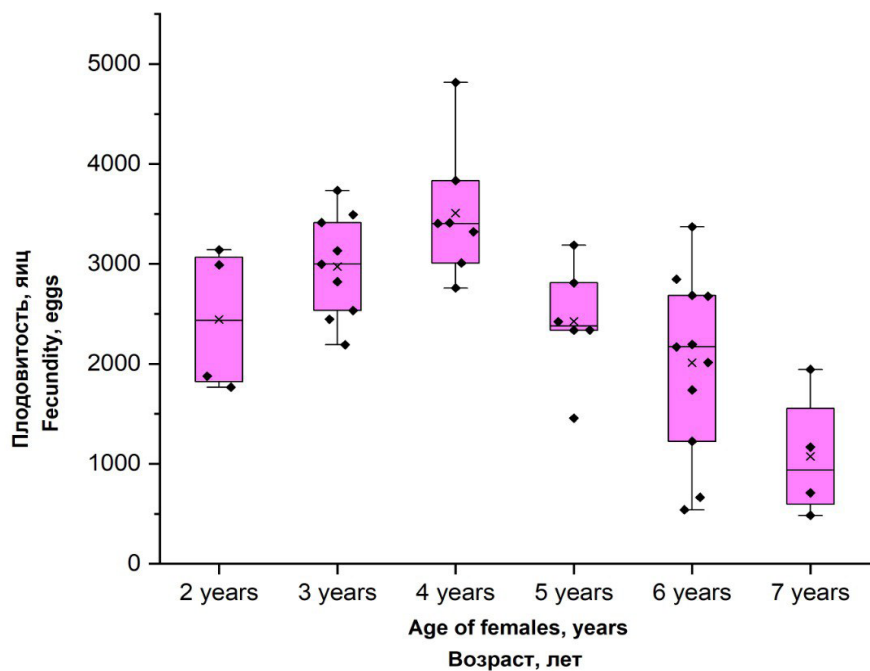


Рисунок 1. Размах плодовитости разных возрастных групп *B. boulengeri*
Figure 1. Range of fecundity across different age groups of *B. boulengeri*

Дальнейший групповой анализ показал статистически значимые отличия между показателями плодовитости самок из разных возрастных групп. Однако при попарном сравнении значимые отличия были выявлены между следующими возрастными группами: 2 и 4 года; 3 года и 6 лет; 3 года и 7 лет; 4 года и 5 лет; 4 года и 6 лет; 5 и 7 лет.

Диаметр яиц в среднем составил 1.5 ± 0.01 мм (0.7-2.6). Самые высокие значения были отмечены для самок в возрасте 7 лет (в среднем 1.9 ± 0.03 мм), самые низкие – у трехлетних (в среднем 1.4 ± 0.01). Групповая оценка статистической значимости выявила различия между возрастными группами, однако при попарном сравнении различия были обнаружены только в парах с 7-летними самками.

Ширина икринного шнура составляет 3.1 ± 0.05 мм (1.8-5.6). Максимальные значения зафиксированы у 2- и 4-летних самок, минимальные – у 5-летних. Статистически значимых различий между шириной шнура, полученной от самок разных возрастных групп, не выявлено.

Список источников

1. Stöck M., Moritz C., Hickerson M., Frynta D. et al. Evolution of mitochondrial relationships and biogeography of Palearctic green toads (*Bufo viridis* subgroup) with insights in their genomic plasticity. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2006;41(3):663-689. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.05.026>
2. Nicolas V., Mataame A., Crochet P.-A., Geniez P. et al. Phylogeography and ecological niche modeling unravel the evolutionary history of the African green toad, *Bufotes boulengeri* (Amphibia: Bufonidae), through the Quaternary. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2018;56:102-116. <https://doi.org/10.1111/jzs.12185>
3. Beukem W., de Pous P., Donaire-Barroso D., Bogaerts S. et al. Review of the systematics, distribution, biogeography and natural history of Moroccan amphibians. *Zootaxa*. 2013;3661(1):1-60. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3661.1.1>
4. Anfíbios y Reptiles de Marruecos y Sahara Occidental. *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879). URL: www.moroccoherps.com/ficha/Bufotes_boulengeri/ (дата обращения: 04.06.2025).
5. Escoriza D., Hassine J.B. *Amphibians of North Africa*. Academic Press, 2019:350.
6. Dufresnes C., Mazepa G., Jablonski D., Oliveira R.C. et al. Fifteen shades of green: the evolution of *Bufotes* toads revisited. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2019;141:106615. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106615>
7. Reques R., Pleguezuelos J.M., Busack S., de Pous P. Amphibians of Morocco, including Western Sahara:

Выводы

Conclusions

Самки жабы Буланже становятся половозрелыми в возрасте 2-3 лет и успешно размножаются до 7 лет. Плодовитость достигает максимальных значений к 3-4 годам, после чего постепенно снижается с каждым годом. Диаметр яиц и ширина икринных шнуров имели различные значения в разных возрастных группах (порой даже статистически значимые). Тем не менее тенденции изменения этих показателей, связанных с возрастом, выявить не удалось.

Показатели плодовитости *B. boulengeri*, полученные нами в рамках лабораторных исследований, сильно уступают описываемым в литературе [4]. Вероятно, это может быть связано с трудностями, возникающими при оценке индивидуальной плодовитости в природных условиях, когда животные размножаются массово, выбирая для откладки икры наиболее привлекательные участки водоемов.

References

1. Stöck M., Moritz C., Hickerson M., Frynta D. et al. Evolution of mitochondrial relationships and biogeography of Palearctic green toads (*Bufo viridis* subgroup) with insights in their genomic plasticity. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2006;41(3):663-689. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.05.026>
2. Nicolas V., Mataame A., Crochet P.-A., Geniez P. et al. Phylogeography and ecological niche modeling unravel the evolutionary history of the African green toad, *Bufotes boulengeri* (Amphibia: Bufonidae), through the Quaternary. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2018;56:102-116. <https://doi.org/10.1111/jzs.12185>
3. Beukem W., de Pous P., Donaire-Barroso D., Bogaerts S. et al. Review of the systematics, distribution, biogeography and natural history of Moroccan amphibians. *Zootaxa*. 2013;3661(1):1-60. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3661.1.1>
4. Anfíbios y Reptiles de Marruecos y Sahara Occidental. *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879). URL: www.moroccoherps.com/ficha/Bufotes_boulengeri/ (accessed: June 04, 2025).
5. Escoriza D., Hassine J.B. *Amphibians of North Africa*. Academic Press, 2019:350.
6. Dufresnes C., Mazepa G., Jablonski D., Oliveira R.C. et al. Fifteen shades of green: the evolution of *Bufotes* toads revisited. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2019;141:106615. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106615>
7. Reques R., Pleguezuelos J.M., Busack S., de Pous P. Amphibians of Morocco, including Western Sahara:

- A status report. *Basic and Applied Herpetology*. 2013;27:23-50. <http://dx.doi.org/10.11160/bah.13003>
8. Hopkins G.R., Brodie E.D. Occurrence of amphibians in saline habitats: a review and evolutionary perspective. *Herpetological Monographs*. 2015;29(1):1-27. <https://doi.org/10.1655/HERPMONOGRAPHS-D-14-00006>
9. Lo Valvo M., Giacalone G. Dati e considerazioni sulla biologia riproduttiva della popolazione di Rospo smeraldino, *Bufo viridis* Laurenti, 1768, della Riserva Naturale di Monte Pellegrino (Palermo). *Annali Museo Civico Storia Naturale di Ferrara*. 2005;6:61-65.
10. Sicilia A., Lillo F., Zava B., Bernini F. Breeding phenology of *Bufo viridis* Laurenti, 1768 in Sicily. *Acta Herpetologica*. 2006;1(2):107-117. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-1291
11. Stöck M., Sicilia A., Belfiore N., Buckley D. et al. Post-Messinian evolutionary relationships across the Sicilian channel: mitochondrial and nuclear markers link a new green toad from Sicily to African relatives. *BMC Evolutionary Biology*. 2008;8:56. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-56>
12. Schleich H.H., Kästle W., Kabisch K. *Amphibians and Reptiles of North Africa*. Koenigstein: Koeltz, 1996:630.
13. Флинт В.Е. *Стратегия сохранения редких видов в России: теория и практика*. Москва: Московский Зоопарк, 2004. 371 с.
14. Матушкина К.А., Кидов А.А., Литвинчук С.Н. Первые результаты лабораторного размножения батурской жабы, *Bufotes baturae* Stoeck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999 // *Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки*. Тамбов. 2017. Т. 22, № 5-1. С. 955-959. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-955-959>
15. Матушкина К.А., Кидов А.А., Серякова А.А. Выращивание личинок узкоареальных триплоидных жаб, *Bufotes baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) с применением полнорационных кормов для аквариумных рыб // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2017. Т. 22, № 5-1. С. 960-964. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-960-964>
16. Матушкина К.А., Кидов А.А., Шульга А.В. Размножение и гибридизация магрибской жабы, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) в лабораторных условиях // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. 2019. № 2 (26). С. 129-136. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-13>
17. Matushkina K.A., Kidov A.A., Litvinchuk S.N. Keeping, breeding, and maintenance of zooculture of the Ladakh toad, *Bufotes latastii* (Boulenger, 1882). *Russian Journal of Herpetology*. 2020;27(5):284-290. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2020-27-5-284-290>
- A status report. *Basic and Applied Herpetology*. 2013;27:23-50. <http://dx.doi.org/10.11160/bah.13003>
8. Hopkins G.R., Brodie E.D. Occurrence of amphibians in saline habitats: a review and evolutionary perspective. *Herpetological Monographs*. 2015;29(1):1-27. <https://doi.org/10.1655/HERPMONOGRAPHS-D-14-00006>
9. Lo Valvo M., Giacalone G. Data and considerations on the reproductive biology of the European green toad population, *Bufo viridis* Laurenti, 1768, of the Monte Pellegrino Nature Reserve (Palermo). *Annali Museo Civico Storia Naturale di Ferrara*. 2005;6:61-65. (In Ital.)
10. Sicilia A., Lillo F., Zava B., Bernini F. Breeding phenology of *Bufo viridis* Laurenti, 1768 in Sicily. *Acta Herpetologica*. 2006;1(2):107-117. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-1291
11. Stöck M., Sicilia A., Belfiore N., Buckley D. et al. Post-Messinian evolutionary relationships across the Sicilian channel: mitochondrial and nuclear markers link a new green toad from Sicily to African relatives. *BMC Evolutionary Biology*. 2008;8:56. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-56>
12. Schleich H.H., Kästle W., Kabisch K. *Amphibians and Reptiles of North Africa*. Koenigstein: Koeltz, 1996:630.
13. Flint V.E. *Strategy for the conservation of rare species in Russia: theory and practice*. Moscow, Russia: Moscow Zoo, 2004:372. (In Russ.)
14. Matushkina K.A., Kidov A.A., Litvinchuk S.N. The first results of captive breeding of the Batura toad, *Bufotes baturae* Stoeck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999. *Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*. 2017;22(5-1):955-959. (In Russ.) <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-955-959>
15. Matushkina K.A., Kidov A.A., Seryakova A.A. Growing of larvae of the narrow areal triploid toads, *Bufotes baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999), with the use of complete feed for aquarium fish. *Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*. 2017;22(5-1):960-964. (In Russ.) <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-960-964>
16. Matushkina K.A., Kidov A.A., Shul'ga A.V. Reproduction and hybridization of the Maghreb toad, *Bufotes boulengeri* (Lataste, 1879) in laboratory conditions. *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*. 2019;(2(26)):129-136. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-13>
17. Matushkina K.A., Kidov A.A., Litvinchuk S.N. Keeping, breeding, and maintenance of zooculture of the Ladakh toad, *Bufotes latastii* (Boulenger, 1882). *Russian Journal of Herpetology*. 2020;27(5):284-290. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2020-27-5-284-290>

18. Матушкина К.А. Возрастные изменения плодovitости самок батурской жабы, *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999), в лабораторных условиях // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. № 3. С. 92-97. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-3-92-97>
19. Uteshev V.K., Gakhova E.N., Kramarova L.I., Shishova N.V. et al. Russian collaborative development of reproduction technologies for the sustainable management of amphibian biodiversity. *Asian Herpetological Research*. 2023;14(1):103-115. <https://doi.org/10.16373/j.cnki.ahr.220043>
18. Matushkina K.A. Age-related changes in fertility of female Batura toads, *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999), under laboratory conditions. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;(3):92-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-3-92-97>
19. Uteshev V.K., Gakhova E.N., Kramarova L.I., Shishova N.V. et al. Russian collaborative development of reproduction technologies for the sustainable management of amphibian biodiversity. *Asian Herpetological Research*. 2023;14(1):103-115. <https://doi.org/10.16373/j.cnki.ahr.220043>

Сведения об авторах

Ксения Андреевна Матушкина, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры зоологии и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 44; matushkinaka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4853-9999>

Кирилл Александрович Аффрин, доцент, канд. биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; afirin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8806-0774>

Ирина Владимировна Аффрина, ассистент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; stepankova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0874-7160>

Вклад авторов

К.А. Матушкина – создание черновика рукописи, оформление окончательной версии (доработка) рукописи, визуализация, организация исследовательского процесса.
И.В. Аффрина – проведение исследования, подготовка и создание рукописи.
К.А. Аффрин – проведение исследования, подготовка и создание рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.07.2025
Одобрена после рецензирования 16.09.2025
Принята к публикации 16.09.2025

Information about the authors

Ksenia A. Matushkina, CSc (Biol), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Zoology and Aquaculture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; matushkinaka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4853-9999>

Kirill A. Afrin, CSc (Biol), Associate Professor at the Department of Zoology and Aquaculture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; afirin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8806-0774>

Irina V. Afrina, Assistant at the Department of Zoology and Aquaculture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; stepankova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0874-7160>

Contribution of the authors

K.A. Matushkina – writing – original draft, writing – review & editing, visualization, project administration.
I.V. Afrina – investigation, writing – review & editing.
K.A. Afrin – investigation, writing – review & editing.

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

The article was submitted to the editorial office July 14, 2025
Approved after reviewing September 16, 2025
Accepted for publication September 16, 2025