

Разнообразие кариотипов палеарктических жаб семейства Bufonidae (Anura, Amphibia)

Д. В. Скоринов[✉], Р. А. Пасынкова, С. Н. Литвинчук

Институт Цитологии РАН
Россия, 194064, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий проспект, д. 4

Информация о статье

Краткое сообщение

УДК 597.825

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-210-214>
EDN: RVGUNZ

Поступила в редакцию 12.02.2025,
после доработки 07.04.2025,
принята 10.04.2025

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

Аннотация. Проведено сравнение кариотипов большинства видов жаб (Bufonidae), населяющих Палеарктику (6 родов, 29 видов). Все диплоидные виды жаб имеют по 11 пар хромосом. У большинства из них (*Bufo*, *Bufoetes* и *Barbarophryne*) ядрышковые организаторы (ЯОРы) расположены на 6-й паре и только у нескольких видов рода *Bufoetes* на 5-й, *Strauchbufo* – 4-й, *Epidalea* – 11-й, и *Sclerophrys* – 10-й парах. Также кариотипы разных видов отличаются по особенностям дифференциальной окраски и морфологии хромосом. Наибольшее разнообразие кариотипов отмечено в роде *Bufoetes*, где имеются диплоидные, триплоидные и тетраплоидные виды. В роде *Bufo* различия между видами в основном касаются количества метacentрических и субметacentрических пар хромосом, и только *B. eichwaldi* и *B. spinosus* имеют заметные отличия по дифференциальным окраскам и морфологии хромосом, соответственно. Половые хромосомы практически у всех видов гомоморфные (система наследования пола XY или ZW).

Ключевые слова: Bufonidae, *Bufoetes*, *Bufo*, ядрышковый организатор, хромосомы

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке бюджетной темы Института цитологии РАН (№ FMFU-2024-0012).

Образец для цитирования: Скоринов Д. В., Пасынкова Р. А., Литвинчук С. Н. 2025. Разнообразие кариотипов палеарктических жаб семейства Bufonidae (Anura, Amphibia) // Современная герпетология. Т. 25, вып. 3/4. С. 210 – 214. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-210-214>, EDN: RVGUNZ

До XXI в. все жабы, населяющие Палеарктику, относились к одному роду – *Bufo* Laurenti, 1768 (Кузьмин, 1999). Однако к настоящему времени после ряда ревизий, основанных на данных молекулярных исследований, они были разделены на 6 родов: *Bufoetes* Rafinesque, 1815 (все 12 – 15 видов обитают в границах Палеарктики), *Bufo* (10 из 26 видов), *Sclerophrys* Tschudi, 1838 (1 из 46 видов), а также три монотипических рода *Epidalea* Cope, 1864, *Barbarophryne* Beukema et al., 2013 и *Strauchbufo* Fei, Ye et Jiang, 2012. Почти весь род *Sclerophrys* состоит из афротропических видов, но один вид, *S. mauritanica* (Schlegel, 1841), населяющий магрибскую часть северной Африки, относится к палеарктическим. Здесь важно отметить, что южную границу Палеарктики довольно сложно четко провести, так как для разных групп живых организмов она неодинакова. С особенно большими трудностями исследователи сталкиваются в восточной части Азии. Именно из-за этого имеются некоторые трудности с отнесением тех или иных

видов к палеарктическим или ориентальным. Поэтому мы относили к палеарктическим только те виды амфибий, которые имеют основные ареалы в рамках границ, указанных в работе Л. Я. Боркина и С. Н. Литвинчука (2013).

Чтобы выявить кариологические различия между видами жаб мы изучали морфологические особенности их кариотипов (после стандартного общего окрашивания Гимзой) и использовали дифференциальные окрашивания хромосом (Q-, DAPI/актиномицин-, С- и Ag-окраски). Всего нами были детально изучены 16 видов: 7 видов рода *Bufoetes*, 8 – *Bufo* и один – *Strauchbufo*. Данные по кариотипам других видов жаб были нами взяты из литературных источников (Schmid, 1978; Herrero et al., 1993).

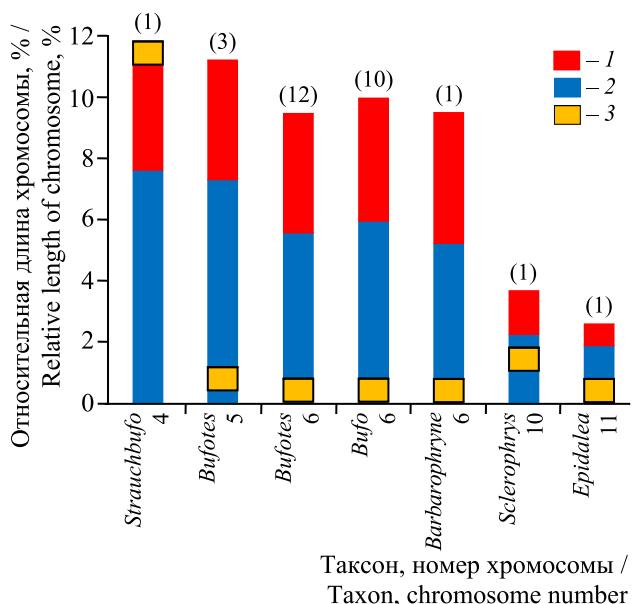
Оказалось, что в Палеарктике все диплоидные виды жаб имеют только по 11 пар хромосом, из которых обычно можно выделить 6 крупных и 5 мелких. Одной из самых заметных и легко выявляемых (при помощи Ag-окрашивания) на хромосомах структур является ядрышковый организа-

[✉] Для корреспонденции. Лаборатория стабильности хромосом и микрозволюции генома Института цитологии РАН.

ORCID и e-mail адреса: Скоринов Дмитрий Владимирович: <https://orcid.org/0000-0002-9916-2098>, skorinovd@yandex.ru; Пасынкова Роза Абрамовна: liltsraven@yandex.ru; Литвинчук Спартак Николаевич: <https://orcid.org/0000-0001-7447-6691>, litvinchukspartak@yandex.ru.

тор (ЯОР). Это особые участки хромосом, которые содержат гены рибосомальной РНК. У бесхвостых амфибий ЯОРы обычно расположены только на одной конкретной паре гомологичных хромосом. У подавляющего большинства видов палеарктических жаб (79.3%; 23 вида из родов *Bufo*, *Bufoletes* и *Barbarophryne*) ЯОРы расположены на 6-й паре хромосом. И только у представителей родов *Strauchbufo*, *Epidalea*, *Sclerophrys* и у 3-х видов рода *Bufoletes* организаторы находятся на других парах (рисунок; Schmid, 1978; Herrero et al., 1993; Skorinov et al., 2024). При этом у родов с ЯОРом на 6-й паре хромосом он всегда расположен на конце длинного плеча, а в остальных случаях у каждого рода расположение отличается и является видо- или родоспецифичным. Также стоит особо отметить, что существует еще и несколько видов в роде *Bufoletes*, у которых ЯОРы не на 6-й паре хромосом, как у всех остальных представителей этого рода, а на 5-й и располагаются не на самом конце длинного плеча (Skorinov et al., 2024).

Род *Bufoletes* (зеленые жабы) включает наибольшее количество видов (15). Он уникален наличием в своем составе не только диплоидных, но



Расположение ядрышковых организаторов у представителей разных родов жаб, населяющих Палеарктику: 1 – короткое плечо, 2 – длинное плечо, 3 – ядрышковый организатор; в скобках указано количество видов. Гистограмма построена на основе собственных и литературных данных (Schmid, 1978; Herrero et al., 1993; Guzmán-Markevich et al., 2022)

Figure. Position of NORs in various Palearctic toad species: 1 – short arm, 2 – long arm, 3 – nucleolar organizer; the number of species is given in brackets. The histogram is based on our own data and literature sources (Schmid, 1978; Herrero et al., 1993; Guzmán-Markevich et al., 2022)

и нескольких три- и тетрапloidных видов гибридного происхождения. Причем у всех этих аллополиплоидных видов одной из родительских форм всегда является *B. latastii* (Boulenger, 1882). Четыре изученных нами вида были диплоидными: *B. latastii*, *B. perrini* Mazepa, Litvinchuk, Jablonski, Dufresnes, 2019, *B. sitibundus* (Pallas, 1771) и *B. turanensis* (Hemmer, Schmidtler, and Böhme, 1978). Три вида были полиплоидными: триплоидные *B. baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein, Grosse, 1999) и *B. pseudoraddei* (Mertens, 1971) и тетраплоидный *B. pewzowi* (Bedriaga, 1898). Всего мы изучили 839 метафазных пластин, полученных от 133-х особей 7-ми видов жаб этого рода.

Большинство видов рода *Bufoletes* являются криптическими, т.е. морфологически неразличимыми. Кариотипирование – один из методов, при помощи которого их можно различать. Так, например, у *B. latastii* и *B. sitibundus* ЯОРы расположены на разных хромосомах и в разном положении (5-я пара хромосом, субтеломерный район и 6-я пара, теломерный район, соответственно). Также межвидовые различия у некоторых видов были выявлены и при помощи флуоресцентных (Q и DAPI/актиномицин) окрашиваний по специфичным светящимся участкам. У диплоидных видов при помощи таких окрашиваний были выявлены светящиеся участки на хромосомах с 6-й по 11-ю пары. Но у *B. sitibundus* светящиеся участки на 8-й и 10-й парах мы не обнаружили. Помимо окрашиваний, кариотипы разных видов можно различать и по особенностям морфологии хромосом, таким как их относительная длина (к длине всего кариотипа) и центромерный индекс (отношение длины короткого плеча к общей длине хромосомы). Большая часть хромосом у изученных диплоидных видов метацентрические. И только у *B. latastii* три пары субметацентрических хромосом, у *B. perrini* и *B. turanensis* – по две, а у *B. sitibundus* – одна.

Триплоидные *B. baturae* и *B. pseudoraddei* имеют кариотип, состоящий из 33-х хромосом (11 триад). Из них 9 триад метацентрических хромосом и 2 субметацентрических. Каждая триада хромосом триплоидных видов состоит из трех гомологов, унаследованных от родительских видов, но у *B. baturae* две из них получены от *B. latastii* и одна от *B. turanensis*, а у *B. pseudoraddei* две от *B. latastii* и одна от *B. perrini* или *B. sitibundus* (Dufresnes et al., 2019). У обоих триплоидных видов ЯОРы были выявлены только на двух гомологах 6-й триады (на одном из гомологов этой триады ЯОР был всегда неактивен).

У тетрапloidной *B. pewzowi* кариотип состоит из 44 хромосом (11 тетрад), из которых 9 тетрад метацентрические и 2 – субметацентрические.

В каждой тетраде две пары унаследованы от *B. lastastii* и две – от *B. perrini* (Dufresnes et al., 2019). ЯОРы находились только на двух гомологах 6-й тетрады (остальные два всегда были неактивны). Кроме ЯОР-несущих хромосом флюoresцентные окрашивания позволили выявить у *B. pewzowi* DAPI-окрашенные участки на всех хромосомах с 6-й по 11-ю тетрад, но на 8-й, 9-й и 11-й тетрадах светящиеся участки обнаружены только на двух гомологах из четырех.

Из 10 палеарктических видов серых жаб рода *Bufo* нами изучено восемь: 4 западно-палеарктических (комплекс *B. bufo*) и 4 восточно-палеарктических (комплекс *B. praetextatus* = *B. japonicus*) вида. Из первого комплекса – это *B. bufo* (Linnaeus, 1758), *B. eichwaldi* Litvinchuk, Borkin, Skorinov, Rosanov, 2008, *B. spinosus* Daudin, 1803 и *B. verrucosissimus* (Pallas, 1814), а из второго – *B. andrewsi* Schmidt, 1925, *B. gargarisans* Cantor, 1842, *B. praetextatus* Boie, 1826 и *B. sachalinensis* Nikolskii, 1905. Кариотипы всех этих видов довольно схожи по морфологическим характеристикам. У западно-палеарктических видов из 11-ти пар хромосом две пары субметацентрические, а остальные метацентрические. У *B. praetextatus* две пары субметацентрических хромосом, а у остальных трёх восточно-палеарктических видов – только одна. При этом у западно-палеарктических серых жаб субметацентриками являются хромосомы 4-й и 7-й пар, у *B. praetextatus* – 4-й и 9-й, а у остальных восточно-палеарктических жаб – 4-й. Все виды этого рода имеют ЯОРы в теломерном районе длинного плеча 6-й пары хромосом. Из наиболее заметных межвидовых отличий можно выделить специфичный гетерохроматиновый блок на 10-й паре хромосом у *B. eichwaldi* (Скоринов и др., 2014). Помимо этого, у *B. spinosus* нами выявлен половой диморфизм по ЯОР-несущим хромосомам 6-й пары. У всех изученных самцов один из гомологов был больше другого примерно на 10%. Такой хромосомный диморфизм может говорить о XY системе наследования пола (Skorinov et al., 2018). Однако, возможно, половой хромосомный гетероморфизм имеется не во всех популяциях *B. spinosus* (Guzmán-Markevich et al., 2022).

Важно отметить, что у бесхвостых амфибий половые хромосомы как правило гомоморфные и гомохромные (т.е. одинаковые по морфологии и окраске). Из всех известных на данный момент видов амфибий гетероморфные и гетерохромные половые хромосомы выявлены только примерно у 2% видов. Среди жаб Палеаркти-

ки гетероморфные хромосомы (возможно, половые) выявлены лишь у *Bufo spinosus* и *Strauchbufo raddei* (Skorinov et al., 2018). У всех остальных видов система наследования пола была определена при помощи молекулярных методов и в результате лабораторных скрещиваний. Из-за редко встречающихся гетероморфных половых хромосом система наследования пола (XY или ZW) определена лишь у части видов жаб Палеарктики (у *Strauchbufo raddei*, 3-х видов серых и 10-ти видов зеленых жаб). У нескольких видов жаб в разных частях ареала отмечены предположительно разные системы наследования. Так, например, у *Bufo bufo* в южных частях ареала (Италия) – ZW, а в северных – XY (Skorinov et al., 2018).

Таким образом, несмотря на кажущуюся схожесть кариотипов у жаб Палеарктики, детальное рассмотрение выявило у них различные родо- и видоспецифические особенности. Среди них можно встретить виды с ди-, три- и тетраплоидными геномами, XY и ZW системами наследования пола, с различной морфологией хромосом, а также ядрышковыми организаторами и флюоресцентно-окрашенными участками, расположеннымными в разных положениях и на разных парах хромосом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боркин Л. Я., Литвинчук С. Н. 2013. Амфибии Палеарктики: таксономический состав // Труды Зоологического института РАН. Т. 317, № 4. С. 494 – 541. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2013.317.4.494>
- Кузьмин С. Л. 1999. Земноводные бывшего СССР. М.: Т-во науч. изд. КМК. 370 с.
- Скоринов Д. В., Березина Е. А., Кидов А. А., Матушкина К. А., Пасынкова Р. А., Литвинчук С. Н. 2014. Кариотип тальшской жабы, *Bufo eichwaldi* (Amphibia: Bufonidae) // Труды Зоологического института РАН. Т. 318, № 4. С. 424 – 432. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2014.318.4.424>
- Dufresnes C., Mazepa G., Jablonski D., Oliveira R. C., Wenseleers T., Shabanov D. A., Auer M., Ernst R., Koch C., Ramírez-Chaves H. E., Mulder K. P., Simonov E., Tiutenko A., Kryvokhyzha D., Wennekes P. L., Zinenko O. I., Korshunov O. V., Al-Johany A. M., Peregonsev E. A., Masroor R. [et al.]. 2019. Fifteen shades of green: The evolution of *Bufo* toads revisited // Molecular Phylogenetics and Evolution. Vol. 141. Article № 106615. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106615>
- Herrero P., Lopez-Jurado L. F., Arano B., Garcia-Paris M. 1993. Karyotype analyses and nuclear DNA content of *Bufo brongersmai* Hoogmoed // Journal of Herpetology. Vol. 27. P. 463 – 465.
- Guzmán-Markevich K., Roco Á. S., Ruiz-García A., Bullejos M. 2022. Cytogenetic analysis in the toad species

Разнообразие кариотипов палеарктических жаб

Bufo spinosus, *Bufoates viridis* and *Epidalea calamita* (Anura, Bufonidae) from the Mediterranean area // Genes. Vol. 13. Article № 1475. <https://doi.org/10.3390/genes13081475>

Schmid M. 1978. Chromosome banding in Amphibia. I. Constitutive heterochromatin and nucleolus organizer region in *Bufo* and *Hyla* // Chromosoma. Vol. 66, iss. 4. P. 361 – 388.

Skorinov D. V., Bolshakova D. S., Donaire D., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. 2018. The first descrip-

tion of karyotype of the spined toad, *Bufo spinosus* (Amphibia: Bufonidae) // Russian Journal of Herpetology. Vol. 25, № 4. P. 253 – 258. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2018-25-4-253-258>

Skorinov D. V., Mizhareva P. S., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. 2024. What is the true karyotype of *Bufoates latastii* (Amphibia, Anura, Bufonidae)? // Russian Journal of Herpetology. Vol. 31, № 5. P. 265 – 274. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2024-31-5-265-274>

Karyotype diversity of Palearctic toads of the family Bufonidae (Anura, Amphibia)

D. V. Skorinov [✉], R. A. Pasynkova, S. N. Litvinchuk

Institute of Cytology, Russian Academy of Sciences
4 Tikhoretsky Prospekt, St. Petersburg 194064, Russia

Article info

Short Communication

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-210-214>
EDN: RVGUNZ

Received 12 February 2025,
revised 7 April 2025,
accepted 10 April 2025

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

Abstract: We analyzed the karyotypes of the most toad species of the family Bufonidae inhabiting the Palearctic (6 genera, 29 species). All diploid species had 11 chromosome pairs. In most of them (*Bufo*, *Bufoletes* and *Barbarophryne*) the nucleolar organizer (NOR) was located on the 6th pair and only in few species of the genus *Bufoletes* on the 5th one, *Strauchbufo* – on the 4th, *Epidalea* – on the 11th, and *Sclerophrys* – on the 10th one, respectively. In addition, the karyotypes of some species differed by differential staining and morphology of chromosomes. In the genus *Bufoletes* we observed the greatest diversity of karyotypes among diploid, triploid and tetraploid species. While in the genus *Bufo*, interspecies differences were mainly in the number of metacentric and submetacentric chromosome pairs, and only *B. eichwaldi* and *B. spinosus* had noticeable differences in fluorescent staining and morphology. The sex chromosomes in almost all species were homomorphic (XY or ZW systems).

Keywords: Bufonidae, *Bufoletes*, *Bufo*, nucleolar organizer, chromosomes

Funding: This work was performed with financial support from the budgetary theme of the Institute of Cytology, Russian Academy of Sciences (No. FMFU-2024-0012).

For citation: Skorinov D. V., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. Karyotype diversity of Palearctic toads of the family Bufonidae (Anura, Amphibia). *Current Studies in Herpetology*, 2025, vol. 25, iss. 3–4, pp. 210–214 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2025-25-3-4-210-214>, EDN: RVGUNZ

REFERENCES

- Borkin L. J., Litvinchuk S. N. Amphibians of the Palearctic: Taxonomic composition. *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences*, 2013, vol. 317, no. 4, pp. 494–541 (in Russian). <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2013.317.4.494>
- Kuzmin S. L. *Amphibians of the former USSR*. Moscow, KMK Scientific Press, 1999. 298 p. (in Russian).
- Skorinov D. V., Berezina Ye. A., Kidov A. A., Matushkina K. A., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. Karyotype of the Eichwald's toad, *Bufo eichwaldi* (Amphibia: Bufonidae). *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 318, no. 4, pp. 424–432 (in Russian). <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2014.318.4.424>
- Dufresnes C., Mazepa G., Jablonski D., Oliveira R. C., Wenseleers T., Shabanov D. A., Auer M., Ernst R., Koch C., Ramírez-Chaves H. E., Mulder K. P., Simonov E., Tiutenko A., Kryvokhyzha D., Wennekes P. L., Zinenko O. I., Korshunov O. V., Al-Johany A. M., Pergontsev E. A., Masroor R. et al. Fifteen shades of green: The evolution of *Bufoletes* toads revisited. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2019, vol. 141, article no. 106615. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106615>
- Herrero P., Lopez-Jurado L. F., Arano B., Garcia-Paris M. Karyotype analyses and nuclear DNA content of *Bufo bronckersmai* Hoogmoed. *Journal of Herpetology*, 1993, vol. 27, pp. 463–465.
- Guzmán-Markevich K., Roco Á. S., Ruiz-García A., Bullejos M. Cytogenetic analysis in the toad species *Bufo spinosus*, *Bufoletes viridis* and *Epidalea calamita* (Anura, Bufonidae) from the Mediterranean area. *Genes*, 2022, vol. 13, article no. 1475. <https://doi.org/10.3390/genes13081475>
- Schmid M. Chromosome banding in Amphibia. I. Constitutive heterochromatin and nucleolus organizer region in *Bufo* and *Hyla*. *Chromosoma*, 1978, vol. 66, iss. 4, pp. 361–388.
- Skorinov D. V., Bolshakova D. S., Donaire D., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. The first description of karyotype of the spined toad, *Bufo spinosus* (Amphibia: Bufonidae). *Russian Journal of Herpetology*, 2018, vol. 25, no. 4, pp. 253–258. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2018-25-4-253-258>
- Skorinov D. V., Mizhareva P. S., Pasynkova R. A., Litvinchuk S. N. What is the true karyotype of *Bufoletes latastii* (Amphibia, Anura, Bufonidae)? *Russian Journal of Herpetology*, 2024, vol. 31, no. 5, pp. 265–274. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2024-31-5-265-274>

[✉] Corresponding author. Laboratory of Chromosome Stability and Genome Microevolution of the Institute of Cytology of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Dmitriy V. Skorinov: <https://orcid.org/0000-0002-9916-2098>, skorinovd@yandex.ru; Roza A. Pasynkova: liltsraven@yandex.ru; Spartak N. Litvinchuk: <https://orcid.org/0000-0001-7447-6691>, litvinchukspartak@yandex.ru.