



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 346–350

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 346–350

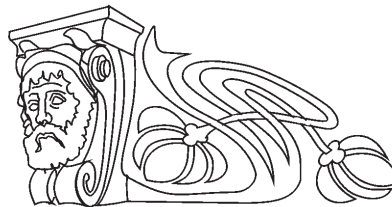
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-346-350>

Научная статья

УДК 595.461

Филогенетические связи скорпионов рода *Mesobuthus* (Vachon, 1950) из Нижнего Поволжья и Южного Урала



Н. М. Поверенный , В. В. Аникин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Поверенный Никита Максимович, аспирант кафедры морфологии и экологии животных, nikitapov64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9958-9342>

Аникин Василий Викторович, доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии и экологии животных, anikinvasiliiv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8575-5418>

Аннотация. В статье представлены данные о новом местонахождении скорпионов рода *Mesobuthus* в заповеднике «Оренбургский». Целью работы является определение видовой принадлежности на основании выявленных морфологических особенностей популяций, обитающих на Южном Урале (территория заповедника «Оренбургский», Оренбургская область, Кувандыкский гор. округ, окрестности аула Айтуар) и филогенетических связей с популяциями, обитающими на территории Нижнего Поволжья (Красноармейский район Саратовской области, Камышинский район Волгоградской области, Ахтубинский район Астраханской области), на основе сравнения нуклеотидных последовательностей фрагментов генов COI. ДНК выделена из метасомальных сегментов и секвенирована с помощью реакции по Сэнгеру. Множественный анализ выполнен с помощью инструментов программного пакета MEGA X. Данные, полученные авторами в ходе работы, вносят вклад в развитие представлений о филогенетических связях между популяциями скорпионов рода *Mesobuthus*, обитающих в Палеарктике на территориях Сахаро-Гобийской и Скифской степной областей. В ходе морфологического анализа представителя оренбургской популяции скорпионов выяснено, что исследуемая популяция относится к виду *M. bogdoensis* на основании идентифицированных специфических морфологических признаков, например таких как: число пектиновых зубцов, окраска хелицер панциря и тергит, форма тельсона. Данные множественного анализа расшифрованных последовательностей ДНК также подтверждают наличие близкородственных связей между нижевожскими и южно-уральскими популяциями скорпионов. Отличительные признаки, выявленные в ходе морфологического анализа, представляют интерес для дальнейших сравнительных морфологических исследований в рамках изучения филогении рода *Mesobuthus*.

Ключевые слова: скорпион, *Mesobuthus*, степь, кладограмма, Оренбургский заповедник

Для цитирования: Поверенный Н. М., Аникин В. В. Филогенетические связи скорпионов рода *Mesobuthus* (Vachon, 1950) из Нижнего Поволжья и Южного Урала // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 346–350. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-346-350>

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

Article

Phylogenetic relationships of scorpions of the genus *Mesobuthus* (Vachon, 1950) from the Lower Volga and Southern Urals

N. M. Poverenniy , V. V. Anikin

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Nikita M. Poverenniy, nikitapov64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9958-9342>

Vasily V. Anikin, anikinvasiliiv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8575-5418>

Abstract. The article presents data on the new location of scorpions of the genus *Mesobuthus* in the Orenburg Nature Reserve. The aim of the work is to determine the species on the basis of the identified morphological features of populations living in the Southern Urals (the territory of the Orenburg Nature Reserve, Orenburg region, Kuvandyksky Mountains. the district, the vicinity of Aituar village) and phylogenetic relationships with populations living on the territory of the Lower Volga region (Krasnoarmeysky district of the Saratov region, Kamyshinsky district of the Volgograd region, Akhtubinsky district of the Astrakhan region) based on a comparison of nucleotide sequences of COI gene fragments. DNA was isolated from metasomal segments and sequenced using the Sanger reaction. Multiple analysis was performed using the tools of the MEGA X software package. The data obtained by the authors in the course of their work contribute to the development of ideas about phylogenetic relationships between populations of scorpions of the genus *Mesobuthus* living in the Palearctic in the territories of the Sakhar-Gobi and Scythian steppe regions. In the course of the study, specific morphological features were identified for the Orenburg scorpion population, such as: the number



of pectin teeth, the color of the chelicerae of the shell and tergite; the shape of the telson. Thus, the data obtained during the multiple analysis of the decoded DNA sequences confirm the presence of closely related links between the Lower Volga and South Ural scorpion populations. The distinctive features identified during morphological analysis are of interest for further comparative morphological studies in the framework of studying the phylogeny of the genus *Mesobuthus*.

Keywords: scorpion, *Mesobuthus*, steppe, cladogram, Orenburg Reserve

For citation: Poverenniy N. M., Anikin V. V. Phylogenetic relationships of scorpions of the genus *Mesobuthus* (Vachon, 1950) from the Lower Volga and Southern Urals. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 346–350 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-346-350>

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

Введение

Естественный ареал обитания вида *Mesobuthus bogdoensis* (Virula, 1896) в Палеарктике простирается от Прикаспийской подпровинции до Западноказахстанской подпровинции [1]. Распространение вида имеет широкий, но в то же время локальный характер [2]. Этот вид был внесен в список исчезающих видов (как *M. eurus* и *M. e. volgensis*) в Красных книгах Астраханской, Саратовской, Волгоградской, Оренбургской областей России. Он охраняется в Щербаковском природном парке, Нижне-Банновском памятнике природы и Богдо-Баскунчакском заповеднике, все три местности представлены в ДНК-данных и депонированы в базе данных NCBI (США) [1, 3–6]. Данный вид предположительно представляет собой палео-каспийский реликт.

Самая северная находка *M. bogdoensis* была впервые обнаружена в Оренбургской области [1], фиксирована как вид *Mesobuthus eurus*, местонахождение – 51°13' с.ш., 57°75' в.д. [7]. Предлагаемый лимитирующий фактор для *Mesobuthus* – наличие неблагоприятного типа почвы [8]. Известно о нескольких находках из Оренбурга, в частности Кувандыкского района. Одна из них принадлежит коллекции зоо-

логического института (г. Санкт-Петербург).

Целью работы было проверить предположение о том, что популяции из Нижнего Поволжья и Южного Урала являются близкородственными группами в филогенетическом отношении.

Материалы и методы

В ходе работы был проведен морфологический анализ представителя скорпионофауны оренбургского заповедника, который показал, что общая длина взрослого самца 42 мм. Число пектиновых зубцов у собранного образца 25. Хелицеры желтые. Педипальпы и сегменты метасомы не имеют щетинок. Панцирь и тергиты желтовато-коричневые, пигментированные черным; метасома, тельсон, педипальпы и ноги светло-песочные. Подвижные пальцы педипальп с 11 режущими рядами зубчиков и пятью концевыми зубчиками. Центральные латеральные и задние латеральные кили панциря не соединяются, образуя непрерывный линейный ряд гранул к заднему краю. Седьмой стернит с 4 хорошо выраженными гладкими киями. Четвёртый метасомальный сегмент с латеромедиальным гладким килем. Тельсон вытянутый. Анальная доля разделена бороздой на две части (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид скорпиона, обитающего на территории заповедника «Оренбургский» (фото Н. Поверенного)

Fig. 1. Appearance of a scorpion living on the territory of the Aytuarskaya steppe in the Orenburgsky nature reserve (photo by N. Poverenniy)



Для проведения множественного анализа расшифрованных фрагментов генов в качестве информативного инструмента был использован ген первой субъединицы цитохрома С-оксидазы. Фрагмент этого гена является часто используемым в исследованиях филогенетических отношений между представителями скорпионов рода *Mesobuthus* [9, 10]. Для амплификации фрагмента гена COI использовали олигонуклеотиды: 5'-GGTCAACAATCATCATAAAGATATTGG-3' (LC01490) [11], 5'-CCCGGTAATAAATATAAACTTTC-3' (CI-N-2191) [12]. ДНК выделяли из метасомы. Ткань извлекали из вторых каудальных сегментов с помощью скальпеля и пинцета. Амплификацию выделенной ДНК проводили методом полимеразной цепной реакции, для постановки реакции использовали набор Alltaq PCR Core («Qiagen», США). Результаты электрофореза

показали, что длина полученных продуктов в среднем равна 9000 п. о., продукты полимеразной цепной реакции секвенированы реакцией по Сэнгеру. Анализ секвенирования проводился на секвенаторе «Нанофор-05», производитель Синтол (Россия). Множественное выравнивание последовательностей проводилось вручную с помощью программы ClustalX. В качестве эволюционной модели для построения кладограммы использовалась модель Джукса – Кантора. Множественный анализ выполнен с помощью инструментов программного пакета MEGA X [13]. В анализе в качестве статистического метода использовалась проверка наибольшего правдоподобия (Maximum Likelihood).

В анализе в качестве дополнительной сравнительной группы были введены сиквенсы скорпионов вида *Mesobuthus thersites*, обитающих в Южном Казахстане (база GenBank NCBI США) (рис. 2).

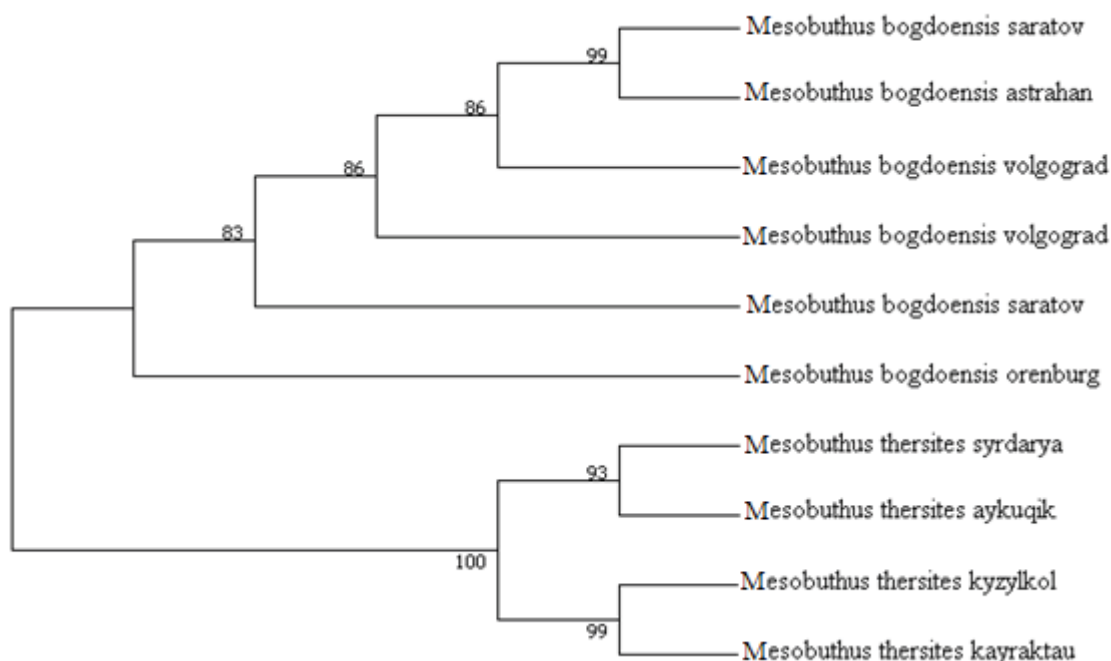


Рис. 2. Кладограмма по результату анализа последовательностей фрагмента COI исследуемых скорпионов Южного Урала, Казахстана и Нижнего Поволжья
Fig. 2. Cladogram based on the analysis of the sequences of the COI fragment of the studied scorpions of the Southern Urals, Kazakhstan and the Lower Volga region

Результаты и их обсуждение

На полученной кладограмме выявлено две группы: первая группа соответствует представителям вида *M. bogdoensis*, поддержка расхождения составляет 83–99% от каждого представителя соответственно. Вторая группа разделена на две подгруппы представителей, собранных в Южном Казахстане, поддержка расхождения которых составляет 100%. Филогенетические отношения этого сборного конгломерата южно-казахстанской популяции рода *Mesobuthus* ранее были определены авторами как представители вида *M. e. thersites* [14]. От первой группы отдельной ветвью обособлен представитель оренбургской скорпионофауны, собранный в Айтуарской степи.

Морфологический анализ специфических признаков у представителя оренбургской по-



пуляции указывает на принадлежность этого представителя к виду *M. bogdoensis*. Анализ признаков проводили относительно представленной в недавней ревизии морфологической характеристики вида *M. bogdoensis*. Единственным специфичным признаком, отличающим эту популяцию от представителей вида *M. bogdoensis*, является их светло-песочная окраска. Этот признак скорее можно считать внутривидовой изменчивостью, так как она характерна для этого вида скорпионов. Так, например, окраска у представителей вида *M. bogdoensis*, обитающих в Богдинско-Баскунчакском заповеднике, имеет тёмно-песочный оттенок в отличие от саратовских представителей того же вида, имеющих песочный оттенок. Дополнительным подтверждающим аргументом в вопросе близкородственности исследуемых популяций служит результат филогенетического анализа. На его основании можно утверждать, что популяция скорпионов, обитающая в Кувандыкском районе Оренбургской области, является близкородственной по отношению к популяциям вида *M. bogdoensis*, обитающим на территории Нижнего Поволжья.

В ревизии рода *Mesobuthus*, написанной учёными в 2022 г. [1], выдвигается предположение, что нижневолжские популяции скорпионов были отрезаны от других популяций в ходе восстановления и деградации моря Паратетис. Исходя из данных ревизии и результатов, полученных в ходе этой работы и предыдущих работ авторов, можно предположить, что оренбургская популяция была отделена по причине того же изоляционного фактора, но позже, уже после обособления нижневолжских популяций. Таким образом, популяция скорпионов, обитающая на территории заповедника «Оренбургский», представляет собой палео-каспийский реликт.

Список литературы

1. Kovařík F., Fet V., Gantenbein B., Graham M. R., Yağmur E. A., Štáhlavský F., Poverennyi N. M., Novruzov N. E. A revision of the genus *Mesobuthus* Vachon, 1950, with a description of 14 new species (Scorpiones: Buthidae) // *Euscorpius*. 2022. № 348. P. 1–189.
2. Поверенный Н. М., Аникин В. В. Нахождение скорпиона *Mesobuthus eupeus* (C. L. Koch, 1839) (Scorpiones) в различных биотопах Богдинско-Баскунчакского заповедника // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. 2015. Вып. 12. С. 153–155.
3. Красная книга Астраханской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения объекты животного и растительного мира. 2-е изд. Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2014. 413 с.
4. Красная книга Волгоградской области. Т. 1: Животные / под ред. В. П. Белика. 2-е изд., перераб. и доп. Волгоград ; Воронеж : Издат-Принт, 2017. 216 с.
5. Аникин В. В., Поверенный Н. М. Скорпион пёстрый – *Mesobuthus eupeus* (C. L. Koch, 1839) // Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов : Папирус, 2021. С. 263.
6. Красная книга Оренбургской области : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Воронеж : ООО «МИР», 2019. 488 с.
7. Fet V. Scorpions of Europe // *Acta Zoologica Bulgarica*. 2010 Vol. 62. P. 3–12.
8. Gromov A. V. The northern boundary of scorpions in Central Asia // Fet V., Seldenv P. A. (eds.). *Scorpions 2001 In Memoriam Gary A. Polis*. Burnham Beeches, Bucks. British Arachnological Society. 2001. P. 301–306.
9. Suranse V., Sawant N. S., Paripatyadar S. V., Krutha K., Paingankar M. S., Padhye A. D., Bastawade D. B., Dahanukar N. First molecular phylogeny of scorpions of the family Buthidae from India // *Mitochondrial DNA A DNA Mapp. Seq. Anal*. 2017. Vol. 28, № 4. P. 606–611. <https://doi.org/10.3109/24701394.2016.1149830>
10. Parmakelis A., Stathi I., Chatzaki M., Simaiakis S., Spanos L., Louis C., Mylonas M. Evolution of *Mesobuthus gibbosus* (Brulle, 1832) (Scorpiones: Buthidae) in the northeastern Mediterranean region // *Mol. Ecol*. 2006. Vol. 15, № 10. P. 2883–2894. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02982.x>
11. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial Cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 1994. Vol. 3, № 5. P. 294–299.
12. Raharimalala F. N., Ravaomanarivo L. H., Ravelonandro P., Rafaraso L. S., Zouache K., Tran-Van V. Biogeography of the two major arbovirus mosquito vectors, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae), in Madagascar // *Parasit. Vectors*. 2012. № 5 (56). P. 5–10. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-56>
13. Mega для Windows 10. URL: <https://mega.softok.info> (дата обращения: 21.01.2022).
14. Поверенный Н. М. Филогенетические связи скорпиона *Mesobuthus eupeus* (C. L. Koch, 1839) (Scorpiones) из Нижнего Поволжья и Южного Казахстана. Часть 1: молекулярно-генетическое сходство сиквенсов гена COI // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. 2019. Вып. 16. С. 9–14.

References

1. Kovařík F., Fet V., Gantenbein B., Graham M. R., Yağmur E. A., Štáhlavský F., Poverennyi N. M., Novruzov N. E. A revision of the genus *Mesobuthus* Vachon, 1950, with a description of 14 new species (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 2022, no. 348, pp. 1–189.
2. Poverennyi N. M. Finding the scorpion *Mesobuthus eupeus* (C. L. Koch, 1839) (Scorpiones) in various biotopes of



- the Bogdinsko-Baskunchak reserve. *Entomological and Parasitological Investigations in the Povolzh'e Region*, 2015, iss. 12, pp. 153–155 (in Russian).
3. *Krasnaya kniga Astrakhanskoy oblasti: Redkiye i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya ob'yekty zhivotnogo i rastitel'nogo mira. 2-e izd.* [Red Book of the Astrakhan Province: Rare and Endangered Objects of the Animal and Plant World. 2nd ed.]. Astrakhan, Astrakhanskiy Universitet Publ., 2014. 413 p. (in Russian).
 4. *Krasnaya kniga Volgogradskoy oblasti. T. 1: Zhivotnyye, pod red. V. P. Belika. 2-e izd., pererab. i dop.* [Belik V. P., ed. Red Book of the Volgograd Province. Vol. 1: Animals. 2nd ed., reprint. and add.]. Volgograd, Voronezh, Izdat-Print Publ., 2017. 216 p. (in Russian).
 5. Anikin V. V., Poverennyi N. M. Scorpion mottled – *Mesobutus eupeus* (C. L. Koch, 1839). In: *Krasnaya kniga Saratovskoy oblasti: Griby. Lishayniki. Rasteniya. Zhivotnyye* [Red Book of Saratov Province: Mushrooms. Lichens. Plants. Animals]. Saratov, Papyrus Publ., 2021. 263 p. (in Russian).
 6. *Krasnaya kniga Orenburskoy oblasti. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy zhivotnyh, rastenij i gribov* [Red book of the Orenburg Province: Rare and endangered species of animals, plants and fungi]. Voronezh, OOO "MIR" Publ., 2019. 488 p. (in Russian).
 7. Fet V. Scorpions of Europe. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2010, vol. 62, pp. 3–12.
 8. Gromov A. V. The northern boundary of scorpions in Central Asia. In: Fet V., Seldenv P. A., eds. *Scorpions 2001 in Memoriam Gary A. Polis*. Burnham Beeches, Bucks, British Arachnological Society, 2001, pp. 301–306.
 9. Suranse V., Sawant N. S., Paripatyadar S. V., Krutha K., Paingankar M. S., Padhye A. D., Bastawade D. B., Dahanukar N. First molecular phylogeny of scorpions of the family Buthidae from India. *Mitochondrial DNA A DNA Mapp. Seq. Anal.*, 2017, vol. 28, no. 4, pp. 606–611. <https://doi.org/10.3109/24701394.2016.1149830>
 10. Parmakelis A., Stathi I., Chatzaki M., Simaiakis S., Spanos L., Louis C., Mylonas M. Evolution of *Mesobuthus gibbosus* (Brulle, 1832) (Scorpiones: Buthidae) in the northeastern Mediterranean region. *Mol. Ecol.*, 2006, vol. 15, no. 10, pp. 2883–2894. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02982.x>
 11. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial Cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 1994, vol. 3, no. 5, pp. 294–299.
 12. Raharimalala F. N., Ravaomanarivo L. H., Ravelonandro P., Rafaraso L. S., Zouache K., Tran-Van V. Biogeography of the two major arbovirus mosquito vectors, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) in Madagascar. *Parasit. Vectors*, 2012, no. 5 (56), pp. 5–10. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-56>
 13. *Mega for Windows 10*. Available at: <https://mega.softok.info> (accessed 21 January 2022).
 14. Poverennyi N. M., Anikin V. V. Phylogenetic relationships of the scorpion *Mesobutus eupeus* (C. L. Koch, 1839) (Scorpiones) from the Lower Volga region and Southern Kazakhstan. Part 1: Molecular genetic similarity of COI gene sequences. *Entomological and Parasitological Investigations in the Povolzh'e Region*, 2019, iss. 16, pp. 9–14 (in Russian).

Поступила в редакцию 18.05.2022; одобрена после рецензирования 31.05.2022; принята к публикации 31.05.2022
The article was submitted 18.05.2022; approved after reviewing 31.05.2022; accepted for publication 31.05.2022