

**Динамика эритропоза у головастиков
Rana macrocnemis Boulenger, 1885 (Ranidae, Amphibia)
в процессе роста и развития в высокогорном Дагестане**

И. К. Газимагомедова

*Дагестанский государственный университет
Россия, 367025, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43а*

Информация о статье*Краткое сообщение*

УДК 574.24:567.8:591.3:612.1

[https://doi.org/10.18500/1814-6090-](https://doi.org/10.18500/1814-6090-2026-26-1-2-20-25)

2026-26-1-2-20-25

EDN: FWGTIE

Поступила в редакцию 22.03.2025,
после доработки 10.04.2026,
принята 17.04.2026

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

Аннотация. Представлены данные о динамике содержания эритроцитов в крови личинок малоазиатской лягушки *Rana macrocnemis* на 23-й – 46-й стадиях развития (по Госнер) в условиях высокогорья (с. Бурши, Республика Дагестан: 42°01' с.ш., 47°03' в.д.; 2250 м над ур. м.). Выявлена положительная динамика эритропоза у головастиков *R. macrocnemis*: содержание эритроцитов в периферической крови с 23-й – 24-й стадии личиночного развития до завершения метаморфоза увеличивается приблизительно на 42%. Активация эритропоза в раннем онтогенезе в первую очередь направлена на улучшение снабжения клеток кислородом для энергообеспечения процессов пролиферации и дифференцировки клеток, роста и развития, а также отражает особенности адаптации к экологическим условиям.

Ключевые слова: амфибии, *Rana macrocnemis*, эритроциты, онтогенез, высокогорье

Образец для цитирования: Газимагомедова И. К. 2026. Динамика эритропоза у головастиков *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 (Ranidae, Amphibia) в процессе роста и развития в высокогорном Дагестане // Современная герпетология. Т. 26, вып. 1/2. С. 20 – 25. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2026-26-1-2-20-25>, EDN: FWGTIE

Введение. Гемопоз можно рассматривать как уникальную и удобную модель для изучения механизмов дифференцировки, регенерации клеток, адаптации организмов к различным условиям среды, а также для понимания протекания процессов роста и развития. Гематологические показатели информативны в оценке физиологических реакций и их активности (Вершинин, 2004; Романова и др., 2018, 2024; Claver, Agustin, 2009).

При изучении физиологии раннего онтогенеза земноводных первоочередное внимание следует уделить динамике параметров красной крови, в связи с ее кислородтранспортной функцией, которая важна для оптимального обеспечения кислородом всех тканей. От насыщенности тканей кислородом напрямую зависит митохондриальная активность клеток и, соответственно, интенсивность ассимиляционных реакций, как основополагающих для реализации роста и развития.

Вопросы биологии и физиологии земноводных в экологических условиях высокогорья недостаточно изучены (Газимагомедова, 2019). Гематологические показатели земноводных в личиночный период развития мало исследованы, в проанализированной литературе отсутствуют данные

о параметрах крови личинок земноводных, развивающихся в природных условиях высокогорья.

Цель исследования – изучение динамики содержания эритроцитов у головастиков *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 при развитии в естественных биотопах высокогорного Дагестана.

Материал и методы. Объект исследования – головастики *R. macrocnemis* были отловлены в августе 2024 г. в окрестностях с. Бурши Лакского района Республики Дагестан (42°01' с.ш., 47°03' в.д.; 2250 м над ур. м.) (рисунок). Отлов головастиков проводился в послеобеденное время, температура воды в водоеме составляла 16 – 20°C. Анализ гидрохимических показателей воды (содержание минеральных веществ, жесткость, pH) был сделан в лаборатории физико-химических исследований Института геологии Дагестанского научного центра РАН (Лурье, 1971; Новиков и др., 1990). Содержание кислорода в воде не определяли.

Кровь для приготовления мазков бралась из сердца личинок путем прокола сразу после их отлова и усыпления на шести сроках развития с 23-й по 46-ю стадии по К. L. Gosner (1960) с соблюдением биоэтики согласно требованиям Хельсинкской декларации по защите животных, используемых в

✉ Для корреспонденции. Кафедра зоологии и физиологии Дагестанского государственного университета.

ORCID и e-mail адрес: Газимагомедова Изабела Курбанмагомедовна: <https://orcid.org/0009-0002-3454-7605>, kurbanova_i9@mail.ru



Юго-восточные окрестности с. Бурши (Лакский район, Республика Дагестан)

Figure. Southeastern environs of Burshi village (Laksky district, the Republic of Dagestan)

экспериментальных научных целях. Для определения содержания эритроцитов использовался подсчет клеток в камере Горяева под микроскопом Микромед-2 (Меньшиков, 1987).

Результаты статистически обработаны методом малой выборки по T_{st} -критерию Стьюдента (Лакин, 1990). За величину статистической значимости принимали $p \leq 0.05$.

Результаты и их обсуждение. На территории Дагестана *R. macrocnemis* является фоновым горным видом, который в основном придерживается умеренно-увлажненных биотопов, для нереста использует хорошо прогреваемые солнцем слабощелочные водоемы (см. рисунок) (Мазанова, 2000).

Природно-климатические особенности высокогорья с резкими суточными перепадами температур и высокой солнечной активностью обуславливают растянутость личиночного развития *R. macrocnemis* вплоть до сентября, асинхронность развития в разных участках сети мелководья, в зависимости от степени нагревания воды (Газимагомедова, 2019).

Данные гидрохимического анализа пробы воды из окрестностей с. Бурши позволяют исключить токсическую или антропогенную нагрузку. Вода имеет слабо щелочную реакцию ($pH = 7.4$), мутность отсутствует, мягкая (общая жесткость составляет 1.8 мг-экв/л), уровень минерализации – низкий (193.6 мг/л). Содержание всех минеральных компонентов в воде заметно ниже, чем предельно допустимые концентрации (ПДК), более насыщена бикарбонатами (122.0 мг/л) по сравнению с другими минеральными веществами (натрий – 16.0; магний – 6.7; кальций – 25.0; фториды – 0.28; хлориды – 2.76; нитраты – 5.75; сульфаты – 15.0 мг/л; железо, цинк, медь, стронций, аммоний не обнаружены).

Результаты исследования динамики содержания эритроцитов в крови *R. macrocnemis* из высокогорной популяции на личиночной стадии развития представлены в таблице. Эритроциты личинок *R. macrocnemis* имеют овальную форму с ядром, также как у взрослых особей, что согласуется с литературными данными по крови личинок *R. macrocnemis* из других популяций (Гамидова, Рабаданова, 2023; Газимагомедова, 2024).

Динамика содержания эритроцитов в крови головастиков *R. macrocnemis* ($M \pm m, n = 3$)

Table. Dynamics of the erythrocyte content in the blood of *R. macrocnemis* larvae ($M \pm m, n = 3$)

Стадия личиночного развития / Stage of development ($n = 9-10$)	Эритроциты, 10^{10} л / Erythrocytes, 10^{10} l	Статистические показатели / Statistical indicators	
		T_{st}	p
23 – 24 стадия / Stage 23–24	19.0±2.3	–	–
27 – 30 стадия / Stage 27–30	19.5±2.1	2.02	0.06
36 – 38 стадия / Stage 36–38	24.0±0.9	2.13	0.05
41 стадия / Stage 41	23.8±0.8	2.10	0.05
44 – 46 стадия / Stage 44–46	25.6±1.0	2.13	0.05
Завершение метаморфоза / Completion of the metamorphosis	27.0±0.7	2.56	0.02

Примечание. T_{st} – критерий Стьюдента, p – уровень значимости (при сравнении с 23-й – 24-й стадией развития).
Note. T_{st} is Student's t -test, p is a significance level (when compared with stages 23–24 of development).

Получены данные, отражающие статистически значимое повышение активности эритропоэза в ходе личиночного развития *R. macrocnemis*, которое проявилось в положительной динамике постепенного возрастания количественного содержания эритроцитов в периферической крови. Содержание эритроцитов у головастика малоазиатской лягушки с 23-й – 24-й стадии развития до завершения метаморфоза увеличилось приблизительно на 42% ($T_{st} = 2.56$, $p = 0.02$) (см. таблицу).

В период метаморфоза и на этапе его завершения не было выявлено значительных колебаний в содержании эритроцитов по сравнению с более ранним периодом развития, что может говорить об отсутствии выраженных различий в метаболической активности на клеточном уровне на этих стадиях онтогенеза. С переходом из водной среды в наземно-воздушную изменяется не только путь поступления кислорода в организм, но и потребность в нем клеток. Однако при смене средовых условий не происходит резкой перестройки метаболических процессов, что, по-видимому, обуславливает повышение уязвимости у метаморфизовавших особей. Вероятно, успешно реализовать стратегию выживания и адаптации личинок и метаморфов позволяет многоочаговость гемопоэза в личиночный период развития земноводных.

Следует полагать, что благоприятные гидробиологические характеристики среды обитания головастика *R. macrocnemis* в условиях высокогорья, особенно низкая минерализация и относительно невысокая температура воды, несмотря на ее суточные колебания, наряду с относительно низкой двигательной активностью личинок позволяют им не испытывать дефицит кислорода.

Для детального изучения особенностей кроветворения в раннем онтогенезе земноводных и их различий у разных экологических групп необходимо проведение дальнейших исследований.

Заключение. Известно, что кроветворение у земноводных по своей природе является неравновесным, носит циклический сезонный характер. Все процессы адаптации организма в ходе роста и развития, подготовки к зимнему оцепенению, к нересту реализуются с участием кроветворной ткани, которая чутко реагирует на любые изменения внешних и внутренних факторов. Морфофизиологические признаки эритроцитарной популяции динамичны, что связано с особенностями экологии данного класса. Функцио-

нальная лабильность системы красной крови обусловлена высокой гетерогенностью популяции эритроцитов, разноочаговостью эритропоэза. Скорость размножения и дифференцировки клеток зависит также от температуры, но при этом эритропоэз у земноводных продолжается и во время зимовки, посредством гормонов, влияющих на синтез эритропоэтина, обеспечивая тем самым поддержание количества эритроцитов (Домарацкая, 2004; Грушко, 2010а, б; Акуленко, 2012).

На основании полученных результатов можно сделать заключение о положительной активности эритропоэза у головастика *R. macrocnemis*, обитающих в условиях высокогорья, об усилении эритропоэза в ходе развития, что является необходимым условием для обеспечения процессов дифференцировки клеток, развития, метаморфоза и реализации стратегии экологической адаптации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акуленко Н. М. 2008. Сезонная динамика эритропоэза и его топографическое распределение у лягушки озерной // Вестник Запорожского национального университета. № 2. С. 5 – 10.
- Вершинин В. Л. 2004. Гемопоэз бесхвостых амфибий – специфика адаптиогенеза видов в современных экосистемах // Зоологический журнал. Т. 83, № 11. С. 1367 – 1374.
- Гамидова Д. М., Рабаданова А. И. 2023. Влияние pH на цитоморфологические параметры эритроцитов головастика малоазиатской лягушки // Известия РАН. Серия биологическая. № 5. С. 520 – 530. <https://doi.org/10.31857/S1026347022600443>
- Газимагомедова И. К. 2019. Влияние разного температурного режима на эмбриональное и личиночное развитие малоазиатской лягушки, *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 в лабораторных условиях // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. № 2 (26). С. 5 – 16. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-1>
- Газимагомедова И. К. 2024. К вопросу о термоадаптации личинок малоазиатской лягушки Boulenger, 1885 (Amphibia, Ranidae) к низкотемпературным условиям среды // Современная герпетология. Т. 24, вып. 1/2. С. 12 – 19. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-12-19>, EDN: SNQGZU
- Грушко М. П. 2010а. Особенности гемопоэза в красном костном мозге озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Известия вузов. Северокавказский регион. Серия: Естественные науки. № 4. С. 87 – 89.
- Грушко М. П. 2010б. Особенности гистологической организации некоторых органов кроветворения озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. № 1 (49). С. 78 – 80.

Домарацкая Е. И. 2004. Экспериментальное исследование клеточных механизмов кроветворения в онтогенезе : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. 56 с.

Лакин Г. Ф. 1990. Биометрия. М. : Высшая школа. 352 с.

Лурье Ю. Ю. 1971. Унифицированные методы анализа вод. М. : Химия. 376 с.

Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П., Андреева З. М., Анкирская А. С., Балашовский И. С., Белокриницкий Д. В., Воропаева С. Д., Гаранина Е. Н., Лукичева Т. И., Плетнева Н. Г., Смолыницкий А. Я. 1987. Лабораторные методы исследования в клинике. М. : Медицина. 368 с.

Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. 1990. Методы исследования качества воды водоемов. М. : Медицина. 400 с.

Романова Е. Б., Шаповалова К. В., Рябинина Е. С. 2018. Лейкоцитарный состав крови и микроядра в эритроцитах амфибий загрязненных водных объектов Нижегородской области // Принципы экологии. № 2. С. 125 – 139.

Романова Е. Б., Плотникова В. Д., Рябинина Е. С. 2024. Сравнительный иммуно-гематологический профиль *Pelophylax ridibundus* и *P. lessonae* (Amphibia: Ranidae), инфицированных гемопаразитами // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 190 – 204. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-2-190-204>

Claver J. A., Agustin I. E. 2009. Comparative Morphology, development, and function of blood cells in nonmammalian vertebrates // Journal of Exotic Pet Medicine. Vol. 18, iss. 2. P. 87 – 97. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2009.04.006>

Gosner K. L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification // Herpetologica. Vol. 16, № 3. P. 183 – 190. <https://doi.org/10.2307/3890061>

Mazanaeva L. F. 2000. The distribution of amphibians in Daghestan // Advances Amphibian Research in the Former Soviet Union. Sofia ; Moscow : Pensoft. Vol. 5. P. 141 – 156.

**Erythropoiesis dynamics in larvae
of *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 (Ranidae, Amphibia)
during their growth and development in mountainous Dagestan**

I. K. Gazimagomedova

*Dagestan State University
43a Gadzhiev St., Makhachkala 367025, Russia*

Article info

Short Communication

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2026-26-1-2-20-25>

EDN: FWGTIE

Received March 22, 2025,
revised April 10, 2026,
accepted April 17, 2026

Abstract: The article presents data on the dynamics of the erythrocyte content in the blood of the larvae of the brown frog *Rana macrocnemis* at stages 23–46 of their development (according to Gosner) in the highlands (Burshi village, Republic of Dagestan: 42°01'N, 47°03'E; 2250 m asl). Significantly high activity of erythropoiesis was revealed in the larvae of *Rana macrocnemis*. The number of erythrocytes in peripheral blood increases during the development of larval: from stage 23–24 to the completion of metamorphosis, their content rising by 42%. Erythropoiesis activation in early ontogenesis is primarily aimed at improving the supply of oxygen to cells in order to provide energy for cell proliferation and differentiation, growth, and development, as well as reflecting some specifics of adaptation to environmental conditions.

Keywords: amphibians, *Rana macrocnemis*, erythrocytes, ontogenesis, highlands

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

For citation: Gazimagomedova I. K. Erythropoiesis dynamics in larvae of *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 (Ranidae, Amphibia) during their growth and development in mountainous Dagestan. *Current Studies in Herpetology*, 2026, vol. 26, iss. 1–2, pp. 20–25 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2026-26-1-2-20-25>, EDN: FWGTIE

REFERENCES

Akulenko N. M. Seasonal dynamics of erythropoiesis and its topographic distribution in the lake frog. *Bulletin of the Zaporozhye National University*, 2008, no. 2, pp. 5–10 (in Russian).

Vershinin V. L. Hematopoiesis of tailless amphibians – specificity of adaptationogenesis of species in modern ecosystems. *Zoologicheskii zhurnal*, 2004, vol. 83, no. 11, pp. 1367–1374 (in Russian).

Gamidova D. M., Rabadanova A. I. Effect of pH on the cytomorphological parameters of erythrocytes of *Rana macrocnemis* tadpoles. *Biology Bulletin*, 2023, vol. 50, iss. 5, pp. 959–968. <https://doi.org/10.1134/s1062359023602367>

Gazimagomedova I. K. The effect of temperature conditions on embryonic and larval development of the caucasian brown frog, *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 in captivity. *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*, 2019, no. 2 (26), pp. 5–16 (in Russian). <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-1>

Gazimagomedova I. K. On the issue of the thermal adaptation of the larvae caucasian brown frog *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 (Amphibia, Ranidae) to low-temperature environmental conditions. *Current Studies in Herpetology*, 2024, vol. 24, iss. 1–2, pp. 12–19 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-12-19>, EDN: SNQGZU

Grushko M. P. Hemopoiesis features in a red bone brain of a lake frog (*Rana ridibunda*). *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science*, 2010a, no. 4, pp. 87–89 (in Russian).

Grushko M. P. Peculiarities of histological organization of some hemopoietic organs of lake frog (*Rana ridibunda*). *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 2010b, no. 1, pp. 78–80 (in Russian).

Domaratskaya E. I. *Experimental Study of Cellular Mechanisms of Hematopoiesis in Ontogenesis*. Thesis Diss. Dr. Sci. (Biol.). Moscow, 2004. 56 p. (in Russian).

Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1990. 352 p. (in Russian).

Lurie Yu. Yu. *Unifitsirovannyye metody analiza vod* [Unified Methods of Water Analysis]. Moscow, Khimiya, 1971. 376 p. (in Russian).

Menshikov V. V., Delektorskaya, L. N., Zolotnitskaya R. P., Andreeva Z. M., Ankirskaya A. S., Balakhovsky I. S., Belokrinitzky D. V., Voropaeva S. D., Garanina E. N., Lukicheva T. I., Pletneva N. G., Smolyanitsky A. I. *Laboratornyye metody issledovaniya v klinike* [Laboratory Methods of a Research in the Clinic]. Moscow, Meditsina, 1987. 368 p. (in Russian).

Novikov Yu. V., Lastochkina K. O., Boldina Z. N. *Metody issledovaniya kachestva vody vodoemov* [Methods of Water Quality Research in Reservoirs]. Moscow, Meditsina, 1990. 400 p. (in Russian).

✉ Corresponding author. Department of Zoology and Physiology of Faculty of Biology, Dagestan State University, Russia.

ORCID and e-mail address: Isabela K. Gazimagomedova: <https://orcid.org/0009-0002-3454-7605>, kurbanova_i9@mail.ru.

Romanova E. B., Shapovalova K. V., Ryabinina E. S. Leukocyte composition of blood and micronuclei in amphibian erythrocytes of polluted water bodies of the Nizhny Novgorod region. *Principles of Ecology*, 2018, no. 2, pp. 125–139 (in Russian).

Romanova E. B., Plotnikova V. D., Ryabinina E. S. Comparative immunohematological profile of *Pelophylax ridibundus* and *P. lessonae* (Amphibia: Ranidae) infected with hemoparasites. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2024, no. 2, pp. 190–204 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-2-190-204>

Claver J. A., Agustin I. E. Comparative Morpho-

logy, development, and function of blood cells in non-mammalian vertebrates. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2009, vol. 18, iss. 2, pp. 87–97. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2009.04.006>

Gosner K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 1960, vol. 16, no. 3, pp. 183–190. <https://doi.org/10.2307/3890061>

Mazanaeva L. F. The distribution of amphibians in Daghestan. In: *Advances Amphibian Research in the Former Soviet Union*. Sofia, Moscow, Pensoft, 2000, vol. 5, pp. 141–156.