

Сравнительная оценка влияния загрязнения среды пестицидами на цитоморфологию эритроцитов *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) и *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Anura, Amphibia)

А. И. Рабаданова [✉], Д. М. Гамидова

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

Информация о статье

Краткое сообщение

УДК 57.022

[https://doi.org/10.18500/1814-6090-](https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-84-89)

2024-24-1-2-84-89

EDN: CRLQWW

Поступила в редакцию 02.08.2023,

после доработки 02.11.2023,

принята 02.11.2023,

опубликована 28.06.2024

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

Аннотация. Проведена сравнительная оценка цитоморфологических особенностей эритроцитов *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) и *Bufo viridis* (Laurenti, 1768), обитающих вблизи территории, опрыскиваемой пестицидами. Выявлены разнонаправленные изменения параметров эритроцитов у сравниваемых видов, выражающиеся в увеличении ширины, площади и объема клеток у *P. ridibundus* и уменьшении значений этих параметров – у *B. viridis*. Отмеченные изменения рассматриваются как различные стратегии приспособления разных видов амфибий к загрязнению среды обитания.

Ключевые слова: озёрная лягушка, жабы, амфибии, пестициды, эритроциты

Образец для цитирования: Рабаданова А. И., Гамидова Д. М. 2024. Сравнительная оценка влияния загрязнения среды пестицидами на цитоморфологию эритроцитов *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) и *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Anura, Amphibia) // Современная герпетология. Т. 24, вып. 1/2. С. 84 – 89. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-84-89>, EDN: CRLQWW

Введение. В настоящее время одним из существенных антропогенных факторов, вызывающих неблагоприятное изменение окружающей среды, являются пестициды. Поступая в живые организмы, они воздействуют на ход обменных процессов, вызывая патологические изменения функций органов и систем. В аграрной Республике Дагестан пестициды находят широкое применение, в том числе и для борьбы с вредителями винограда. По данным Б. У. Мисриевой (2013) и других авторов, основной объем используемых в Дагестане препаратов приходится на фосфоорганические, пиретроидные инсектициды и медь- и серосодержащие фунгициды. Применение пестицидов может негативно сказываться и на обитателях близлежащих с виноградниками водоемов, в частности, на земноводных, многие представители которых находят широкое применение в качестве тест-объектов загрязнения среды обитания (Вершинин, 2004; Вафис, Пескова, 2009; Дробот и др., 2011).

Для обоснования безвредных уровней содержания пестицидов необходимо изучение степени их влияния на метаболические процессы обитателей водоемов, важную роль в осуществле-

нии которых играют компоненты крови (Вершинин, 2004; Вафис, Пескова, 2009; Романова, 2010; Скоркина, Липунова, 2010; Минеева, Минеев, 2011). Удобной моделью для выявления цитотоксичности ксенобиотиков представляются эритроциты, которые в последнее время стали предметом интенсивного научного интереса (Podsiedlik et al., 2020). Морфологические изменения, возникающие в эритроцитах под действием различных факторов, могут привести к последующим нарушениям целостности их мембраны и, как следствие, к их гемолизу.

В изученной авторами статьи литературе отсутствуют сведения о влиянии пестицидов на морфометрический профиль эритроцитов земноводных. Обнаружены лишь исследования, описывающие влияние инсектицидов на количественное содержание эритроцитов и гемоглобина в крови озёрной лягушки (Пескова, 2004; Якушева, Пескова, 2010). В отношении жаб подобного рода исследований нет. Имеются данные о поведении жаб во время опрыскивания территории пестицидами (Leeb et al., 2020), о влиянии пестицидов на репродуктивную способность обыкновенных жаб на виноградных план-

[✉] Для корреспонденции. Кафедра зоологии и физиологии биологического факультета Дагестанского государственного университета.

ORCID и e-mail адреса: Рабаданова Аминат Ибрагимовна: <https://orcid.org/0009-0002-3454-7605>, phisiodgu@mail.ru; Гамидова Джамиля Магомедсаидовна: <https://orcid.org/0000-0003-0460-9895>, Djamka_90@mail.ru.

тациях (Adams et al., 2021), тератогенном влиянии пестицидов на эмбриональное развитие жаб (Paskova et al., 2011).

В этой связи цель данной работы – изучение цитоморфологических особенностей эритроцитов крови двух фоновых видов земноводных – озёрной лягушки (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) и зелёной жабы (*Bufo viridis* Laurenti, 1768), обитающих вблизи территории, опрыскиваемой пестицидами.

Материал и методы. Объектами исследования послужили 28 особей *P. ridibundus* и 20 особей *B. viridis*, отловленных в водоемах, расположенных вблизи виноградных плантаций окрестностей с. Новые Викри весной и летом 2021 – 2022 гг. Химический анализ воды методом газовой хроматографии проводился дважды: до и после опрыскивания виноградников пестицидами.

Все манипуляции и исследования выполнены с соблюдением требований Хельсинкской декларации по гуманному обращению с животными и директивами Совета Европейского Сообщества по защите животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (<https://ecologysite.ru/norms/item/569>).

Забор крови проводили путем пункции вены задней лапки. Перед пункцией земноводных обездвигивали. Мазки крови готовили общепринятыми методами с окрашиванием красителем Романовского – Гимзе. Измерения эритроцитов проводили с помощью видеокуляра «TourCam 14.0 MP» (Китай), который встраивали в стереоскопический микроскоп МСП-1 «ЛОМО» (Россия). Полученные изображения обрабатывались с использованием программного обеспечения TopView 3.7.

Для определения цитоморфологии эритроцитов были измерены их длина (L) и ширина (W). На основе этих данных с использованием соответствующих формул были вычислены площадь (S), объем (V) и сферичность (E). Для расчета объема эритроцитов была использована формула:

$$V = \frac{4}{3} \pi ab^2,$$

где V – объем, a – длинная полуось, b – короткая полуось эллипса. Площадь вычисляли по формуле $S = ab\pi$. При вычислении сферического индекса (E) была использована формула:

$$E = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}.$$

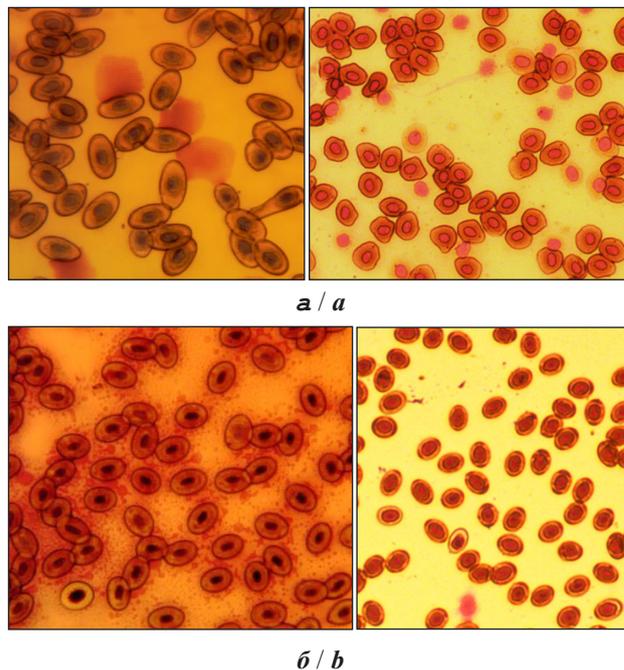
Полученные данные подвергали вариационно-статистической обработке в программах Excel 10 (Microsoft Corp., USA) и Statistica 10 (StatSoft Inc., OK, USA). Достоверность различий оценивалась с использованием критерия Стьюдента (t), для вы-

борок с нормальным распределением ($p \geq 0.05$). Нормальность распределения оценивали критериями Шапиро – Уилка. Для выборок с ненормальным распределением использовали непараметрический критерий Манна – Уитни. Рассчитывали коэффициент корреляции и коэффициент вариации.

Результаты и их обсуждение. Химический анализ воды водоема до опрыскивания близлежащих виноградных плантаций не выявил наличие в ней пестицидов. После опрыскивания было обнаружено повышенное содержание пестицидов пенконазол (топаз) – 0.005 мг/дм³ (предельно допустимая концентрация в воде 0.003 мг/дм³), ридомил голд – 0.002 мг/дм³ (предельно допустимая концентрация в воде 0.001 мг/дм³) и тиовит джет – 0.025 мг/дм³ (ПДК в воде 0.02 мг/дм³).

Результаты исследования по определению морфометрического профиля эритроцитов *P. ridibundus* и *B. viridis* до и после опрыскивания виноградных плантаций пестицидами представлены на рисунке и в табл. 1, 2.

Как видно из представленных данных (см. рисунок, табл. 1) эритроциты *P. ridibundus* имеют более вытянутую форму, по сравнению с эритро-



Микрофотографии эритроцитов крови *P. ridibundus* (а) и *B. viridis* (б), отловленных в водоеме, расположенном вблизи виноградных плантаций окрестностей с. Новые Викри, до (слева) и после (справа) опрыскивания пестицидами (увеличение 400 крат)

Figure. Micrographs of *P. ridibundus* (a) and *B. viridis* (b) red blood cells captured in a reservoir located near the grape plantations of the vicinity of Novye Vikri village, before (left) and after (right) spraying with pesticides (an increase of 400 times)

Таблица 1. Морфометрический профиль эритроцитов крови *P. ridibundus* и *B. viridis*, отловленных в водоеме, расположенном вблизи виноградных плантаций окрестностей с. Новые Викри, до и после опрыскивания пестицидами
Table 1. Morphometric profile of blood erythrocytes of *P. ridibundus* and *B. viridis* captured in a water body located near vine plantations in the vicinity of Novye Vikri village, before and after spraying with pesticides

Показатель / Indicator	<i>P. ridibundus</i>		<i>B. viridis</i>	
	До опрыскивания / Before spraying	После опрыскивания / After spraying	До опрыскивания / Before spraying	После опрыскивания / After spraying
<i>L</i> (длина, мкм / length, μm)	21.3±2.8	21.93±2.1	17.3±2.7	17.49±1.34
<i>W</i> (ширина, мкм / width, μm)	13.2±1.7	15.53±3.8*	16.1±3.7	13.39±1.2*
<i>L / W</i>	1.64±0.3	1.49±0.4*	1.1±0.2	1.3±0.2
<i>S</i> (площадь, мкм ² / area, μm^2)	221.0±42.5	267.34±6.2*	223±75.2	183.9±23.2*
<i>V</i> (объем, мкм ³ / volume, μm^3)	1121.5±11.7	1960.2±8.8*	1439.3±779.0	1256.4±197.9*
<i>S / V</i>	0.44±0.03	0.18±0.04*	0.17±0.04	0.20±0.02*
<i>E</i> (сферичность / sphericity)	0.89±0.08	0.74±0.04*	0.39±0	0.64±0.07*

Примечание. * – достоверно значимые отличия ($p \leq 0.05$).

Note. * – significant differences ($p \leq 0.05$).

цитами *B. viridis*. Об этом можно судить по значительному преобладанию длины над шириной у озерной лягушки (21.3±2.8 и 13.2±1.7 мкм соответственно), большему соотношению *L / W* (1.64±0.31), а также большему значению индекса сферичности (0.89±0.08). Однако, остальные параметры клеток (площадь, объем и толщина) больше у жаб. Обработка данных непараметрическими методами статистики выявила более широкий размах значений длины эритроцитов у озерной лягушки (18 мкм), тогда как у жаб эритроциты оказались более вариабельны по ширине (9–23 мкм), площади (105–380 мкм²) и объему (358–3298 мкм³).

Характерной особенностью эритроцитов *P. ridibundus* после воздействия пестицидов является увеличение их ширины ($F = 12.66, p < 0.00057$) без существенного изменения длины ($F = 1.384, p < 0.242$). За счет этого на 20.9% увеличивается площадь ($F = 13.489, p < 0.00039$) и на 74.8% – объем ($F = 12.27, p < 0.00069$) клеток крови. Вычисление

коэффициента корреляции выявил сильную положительную связь между изменением ширины и площади ($r = 0.91, p < 0.05$), а также ширины и объема ($r = 0.97, p < 0.05$). Эритроциты при этом становятся более сферичными, что может снизить их проходимость через узкие стенки сосудов. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что на фоне увеличения, как объема, так и площади эритроцитов у *P. ridibundus* при воздействии пестицидов отмечается снижение соотношения *S / V*, что указывает на уменьшение поверхности эритроцита в единицу объема, а значит и степени их деформации при прохождении через узкие капилляры.

Интересно отметить, что распределение эритроцитов по длине при этом сужается до 10 мкм, тогда как по ширине, площади и объему размах значений становится намного шире. При этом преобладает число эритроцитов с минимальными значениями этих параметров, на что указывает значение асимметрии больше 0.5. Сходные результа-

Таблица 2. Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови *P. ridibundus* и *B. viridis*, отловленных в водоеме, расположенном вблизи виноградных плантаций окрестностей с. Новые Викри, до и после опрыскивания пестицидами
Table 2. Erythrocyte and hemoglobin content in blood of *P. ridibundus* and *B. viridis* captured in a water body located near vine plantations in the vicinity of Novye Vikri village, before and after spraying with pesticides

Показатель / Indicator	<i>P. ridibundus</i>		<i>B. viridis</i>	
	До опрыскивания / Before spraying	После опрыскивания / After spraying	До опрыскивания / Before spraying	После опрыскивания / After spraying
Эритроциты, $\times 10^{11}/\text{л}$ / Erythrocytes, $\times 10^{11}/\text{l}$	3.4±0.8	4.0±0.9*	2.2±0.7	3.0±0.3*
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	70.5±1.9	71.6±1.8*	80.1±1.7	94.4±1.2*
MCH / MSN	20.7±0.7	17.9±0.8*	36.4±1.3	31.5±0.5

Примечание. * – достоверно значимые отличия ($p \leq 0.05$), MCH – среднее содержание гемоглобина в эритроците пропорционально отношению гемоглобин / количество эритроцитов.

Note. * – significant differences ($p \leq 0.05$), MSN – average hemoglobin content in erythrocyte proportional to the ratio hemoglobin / number of erythrocytes.

ты, указывающие на повышение числа более мелких эритроцитов округлой формы, были получены Т. Ю. Песковой (2004) при изучении влияния пестицида дециса на гематологические показатели крови озерной лягушки. Подобные изменения формы эритроцитов автор рассматривает как краткосрочную адаптацию к действию токсиканта.

Отмеченные изменения морфологии эритроцитов крови озерной лягушки могут быть связаны с увеличением их количества (на 17.6%, $p < 0.001$) после опрыскивания территории пестицидами. Содержание гемоглобина при этом также достоверно повышается, но незначительно. Известно, что более выраженное повышение эритроцитов по сравнению с гемоглобином имеет место при гипохромной анемии (Якушева, Пескова, 2010).

Подобные изменения параметров красной крови были отмечены Я. А. Якушевой, Т. Ю. Песковой (2010) при изучении влияния карбаминовых пестицидов (феноксикарба и карбарила) на гематологические параметры озерной лягушки. Авторы отмечают адаптивный характер возрастания показателей красной крови под действием карбоминовых пестицидов, поскольку это приводит к повышению кислородной емкости крови. Однако более высокие концентрации токсикантов вызвали развитие анемии, что свидетельствует о патологии.

Противоположные изменения нами были обнаружены у *B. viridis*. Это выразилось в уменьшении ширины эритроцитов ($F = 12.66$, $p < 0.001$), а также их площади ($F = 12.27$, $p < 0.001$) и объема ($F = 13.48$; $p < 0.00039$). Кроме того, сужается размах значений этих параметров. В крови жаб встречаются эритроциты с длиной 15 – 20 мкм, шириной – 11 – 16 мкм, площадью – 130 – 223 мкм² и объемом – 544 – 1311 мкм³, причем наиболее часто встречаются эритроциты со средними значениями данных параметров.

На фоне указанных изменений параметров эритроцитов у *B. viridis* эритроциты приобретают более вытянутую форму, на что указывает увеличение индекса сферичности до 0.64 ± 0.07 ($F = 58.9$, $p < 0.000$). Кроме того, отмечается повышение отношения площади эритроцитов к их объему ($F = 7.3$, $p < 0.009$). Это позволяет эритроцитам легче менять свою форму (увеличивается степень их деформации) и проходить через узкие капилляры, что улучшает транспортные функции крови. При высоком соотношении площади и объема любая молекула гемоглобина ближе располагается к поверхности, что обеспечивает максимально ускоренный газообмен. Это

позволяет рассматривать подобные изменения как компенсаторную реакцию.

Кроме того, уменьшение размеров эритроцитов при воздействии пестицидов у *B. viridis* происходит на фоне повышения их количества на 36.4% ($F = 15.1$, $p < 0.001$), а также увеличения содержания гемоглобина на 17.9% ($F = 8.1$, $p < 0.001$). Этот факт также свидетельствует о повышении кислородной емкости крови.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о разнонаправленном компенсаторном характере изменений морфометрических особенностей эритроцитов у двух сравниваемых видов амфибий, обитающих в условиях воздействия пестицидов. У *P. ridibundus* улучшение транспортных функций эритроцитов происходит за счет увеличения площади и объема клеток. Уменьшение этих же параметров у *B. viridis* может способствовать улучшению их проходимости через тонкие капилляры, а, значит, позволяет усилить эффективность газообмена. Общей реакцией красной крови на воздействие токсикантов у обоих видов является повышение содержания эритроцитов и гемоглобина в крови, что способствует улучшению кислородной емкости крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вафис А. А., Пескова Т. Ю. 2009. Реакции крови озерной лягушки, *Pelophylax ridibundus* Pal. на воздействие сточных вод сахарных заводов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. № 2. С. 8 – 18.
- Вершинин В. Л. 2004. Гемопозэз бесхвостых амфибий – специфика адаптиогенеза видов в современных экосистемах // Зоологический журнал. Т. 83, № 11. С. 1367 – 1374.
- Дробот Г. П., Мальцева Н. Л., Ведерников А. А. 2011. Ответная реакция некоторых тканей лягушки озерной (*Rana ridibunda*, 1771) на антропогенную нагрузку // Вестник Оренбургского государственного университета. № 12 (131). С. 65 – 67.
- Минеева О. В., Минеев А. К. 2011. Нарушение лейкоцитарной формулы крови озерной лягушки Саратовского водохранилища // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. № 2. С. 94 – 97.
- Мисриева Б. У. 2013. Результаты испытаний системных фунгицидов против эпифитотийно опасных болезней винограда в Дагестане // Аграрная Россия. № 4. С. 11 – 13. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2013-4-11-13>
- Пескова Т. Ю. 2004. Адаптационная изменчивость земноводных в антропогенно загрязненной среде : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти. 36 с.
- Романова Е. Б. 2010. Мониторинг состояния иммунной системы зеленых лягушек рода *Rana* в

условиях антропогенной трансформации городской среды // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. № 1. С. 131 – 134.

Скоркина М. Ю., Липунова Е. А. 2010. Система крови как скрининг-тест экологического состояния окружающей среды // Проблемы региональной экологии. № 1. С. 147 – 150.

Якушева Я. А., Пескова Т. Ю. 2010. Гематологические показатели озерной лягушки, экспонированной в растворах карбаминовых инсектицидов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 3 (24). С. 49 – 53.

Adams E., Leeb C., Brühl C. 2021. Pesticide exposure affects reproductive capacity of common toads (*Bufo bufo*) in a viticultural landscape // Ecotoxicology. Vol. 30, iss. 2. P. 213 – 223. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02335-9>

Leeb C., Brühl C., Theissinger K. 2019. Potential pesticide exposure during the post-breeding migration of the common toad (*Bufo bufo*) in a vineyard dominated landscape // Science of the Total Environment. Vol. 706. Article number 134430. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134430>

Paskova V., Hilscherova K., Bláha L. 2011. Teratogenicity and embryotoxicity in aquatic organisms after pesticide exposure and the role of oxidative stress // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology / ed. D. Whitacre. New York : Springer. Vol. 211. P. 25 – 61. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8011-3_2

Podsiedlik M., Markowicz-Piasecka M., Sikora J. 2020. Erythrocytes as model cells for biocompatibility assessment, cytotoxicity screening of xenobiotics and drug delivery // Chemico-Biological Interactions. Vol. 332, iss. 4. Article number 109305. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2020.109305>

Comparative assessment of the impact of pesticide pollution on the cytomorphology of erythrocytes *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) and *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Anura, Amphibia)

A. I. Rabadanova ✉, D. M. Gamidova

Dagestan State University
43a Gadzhiev St., Makhachkala 367000, Russia

Article info

Short Communication

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-84-89>

EDN: CRLQWW

Received August 2, 2023,
revised November 2, 2023,
accepted November 2, 2023,
published June 28, 2024

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

Abstract. A comparative assessment of morphological features of erythrocytes *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) and *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) living near the territory sprayed with pesticides was carried out. Multidirectional changes in the parameters of erythrocytes in the compared species were revealed, expressed in an increase in the width, area and volume of cells in *P. ridibundus* and a decrease in the values of these parameters in *B. viridis*. The noted changes are considered as different strategies of adaptation of different amphibian species to habitat pollution.

Keywords: frog, toads, amphibians, pesticides, erythrocytes

For citation: Rabadanova A. I., Gamidova D. M. Comparative assessment of the impact of pesticide pollution on the cytomorphology of erythrocytes *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) and *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Anura, Amphibia). *Current Studies in Herpetology*, 2024, vol. 24, iss. 1–2, pp. 84–89 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-84-89>, EDN: CRLQWW

REFERENCES

Vafis A. A., Peskova T. Yu. Blood change of lake frog (*Rana ridibunda*) influenced by sugar-beet mill sewage. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 2009, no. 2, pp. 8–18 (in Russian).

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

Drobot G. P., Maltseva N. L., Vedernikov A. A. The response of frog tissues (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) to the anthropogenous load. *Vestnik of the Orenburg State University*, 2011, no. 12 (131), pp. 65–67 (in Russian).

Mineeva O. V., Mineev A. K. Disorders of blood leukocyte formula in the lake frog of the Saratov reservoir. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2011, no. 2, pp. 94–97 (in Russian).

Misrieva B. U. Results of the tests of systemic fungicides against epiphytotically dangerous diseases of grapes in Dagestan. *Agrarnaya Rossiya*, 2013, no. 4, pp. 11–13 (in Russian). <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2013-4-11-13>

Peskova T. Yu. 2004. *Adaptation Variability of Amphibians in Anthropogenically Polluted Environment*. Thesis Diss. Dr. Sci. (Biol.). Togliatti, 2004. 36 p. (in Russian).

Romanova E. B. Monitoring of *Rana* frog immune system state under anthropogenic transformation of urban environment. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2010, no. 1, pp. 131–134 (in Russian).

Skorkina M. Yu., Lipunova E. A. Blood system as screening test of ecological state of the environment. *Regional Environmental Issues*, 2010, no. 1, pp. 147–150 (in Russian).

Yakusheva Ya. A., Peskova T. Yu. Hematological parameters of a lake frog exposed in solutions of carbamate insecticides. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2010, no. 3 (24), pp. 49–53 (in Russian).

Adams E., Leeb C., Brühl C. Pesticide exposure affects reproductive capacity of common toads (*Bufo bufo*) in a viticultural landscape. *Ecotoxicology*, 2021, vol. 30, iss. 2, pp. 213–223. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02335-9>

Leeb C., Brühl C., Theissinger K. Potential pesticide exposure during the post-breeding migration of the common toad (*Bufo bufo*) in a vineyard dominated landscape. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 706, article no. 134430. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134430>

Paskova V., Hilscherova K., Bláha L. Teratogenicity and embryotoxicity in aquatic organisms after pesticide exposure and the role of oxidative stress. In: Whitacre D., ed. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. New York, Springer, 2011, vol. 211, pp. 25–61. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8011-3_2

Podsiedlik M., Markowicz-Piasecka M., Sikora J. Erythrocytes as model cells for biocompatibility assessment, cytotoxicity screening of xenobiotics and drug delivery. *Chemico-Biological Interactions*, 2020, vol. 332, iss. 4, article no. 109305. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2020.109305>

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

ORCID and e-mail addresses: Aminat I. Rabadanova: <https://orcid.org/0009-0002-3454-7605>, phisiodgu@mail.ru; Jamilya M. Gamidova: <https://orcid.org/0000-0003-0460-9895>, Djamka_90@mail.ru.