

БИОХИМИЯ

BIOCHEMISTRY

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-1-68-77

EDN: COGPPE

УДК 574.522


Научная статья / Research article

Биохимическая оценка действия антибиотика эритромицина на моллюсков живородка речная (*Viviparus viviparus* L.)

Е.А. Тишина¹, Т.С. Дроганова¹,
Л.В. Поликарпова¹, А.Л. Петров²

¹Государственный университет просвещения, Мытищи, Российская Федерация

²Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген», Москва, Российская Федерация

tatyana droganova@gmail.com

Аннотация. Исследована активность комплекса кислых дезоксирибонуклеаз (ДНКаз) и рибонуклеаз (РНКаз) гепатопанкреаса моллюска живородка речная (*Viviparus viviparus* L.) в норме и при остром воздействии эритромицина. Установлено увеличение активности кислых ДНКаз, тогда как характер изменения активности РНКаз является менее значимым. На основании полученных экспериментальных данных было установлено существенное влияние эритромицина на моллюсков живородка речная (*Viviparus viviparus* L.), проявляющееся на биохимическом уровне. Показана возможность использования изменения активности нуклеаз гепатопанкреаса живородки речной в качестве маркеров загрязнения водных экосистем.

Ключевые слова: водные объекты, эритромицин, нуклеазы, РНКазы, ДНКазы, живородка речная

Вклад авторов. Петров А.Л., Поликарпова Л.В. – сбор биологического материала, проведение эксперимента; Тишина Е.А., Дроганова Т.С. – анализ полученных результатов и написание текста статьи.

© Тишина Е.А., Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В., Петров А.Л., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 31.05.2024; доработана после рецензирования 30.09.2024; принята к публикации 27.11.2024

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тишина Е.А., Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В., Петров А.Л. Биохимическая оценка действия антибиотика эритромицина на моллюсков живородка речная (*Viviparus viviparus* L.) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 1. С. 68–77. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-1-68-77>

Biochemical assessment of the effect of the antibiotic erythromycin on the river snail (*Viviparus viviparus* L.)

Ekaterina A. Tishina¹, Tatiana S. Droганova¹✉,
Lyudmila V. Polikarpova¹, Andrew L. Petrov²

¹*Federal State University of Education, Mytishchi, Russian Federation*

²*Medical Immunobiological preparations “Microgen”, Moscow, Russian Federation*

✉tatyanadroganova@gmail.com

Abstract. The activity of the complex of acid deoxyribonucleases (DNases) and ribonucleases (RNases) of the hepatopancreas of the river snail (*Viviparus viviparus* L.) was studied under normal conditions and under acute exposure to erythromycin. An increase in the activity of acidic DNases has been established, while the nature of the change in RNase activity is less significant. Based on the experimental data obtained, a significant effect of erythromycin on the river snail (*Viviparus viviparus* L.), manifested at the biochemical level, was established. The possibility of using changes in the activity of hepatopancreas nucleases of the common river snail as markers of pollution of aquatic ecosystems has been demonstrated.

Keywords: water bodies, erythromycin, nucleases, RNase, DNAase, river snail

Authors' contribution. Petrov A.L., Polikarpova L.V. – collection of biological material, conducting the experiment; Tishina E.A., Droганova T.S. – analysis of the results obtained and writing the text of the article.

Article history: received 31.05.2024; revised 30.09.2024; accepted 27.11.2024.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Tishina EA, Droганova TS, Polikarpova LV, Petrov AL. Biochemical assessment of the effect of the antibiotic erythromycin on the river snail (*Viviparus viviparus* L.). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(1):68–77. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-1-68-77>

Введение

В животноводстве субтерапевтические дозы противомикробных препаратов играют важную роль в стимуляции роста и предотвращении болезней животных [1–3]. Литературные данные свидетельствуют о загрязнении антибиотиками, например эритромицином, сточных вод животноводства, которые

вместе с паводковыми попадают в водные объекты. Эритромицин – один из антибиотиков, наиболее часто применяющихся в ветеринарии, о чем свидетельствует появление эритромицин-резистентных штаммов микроорганизмов в водоемах близ сельскохозяйственных территорий, а также в молоке коров [4–6].

Как и все антибиотики группы макролидов, эритромицин содержит лактонное кольцо, с которым через кислород соединены углеводные компоненты. В соответствии с классификацией эритромицин является 14-членным природным макролидом, продуцентом которого являются актиномицеты *Streptomyces erythreus* [7]. Литературные данные свидетельствуют о загрязнении антибиотиками, и в частности эритромицином, сельскохозяйственных предприятий и сточных вод, которые затем вместе с паводками попадают в водоемы и реки [4; 5; 8]. Появление антибиотиков в водных объектах приводит к различным негативным воздействиям на живые объекты, которое изучено в основном на рыбах [9], менее известны характер и степень воздействия антибиотиков на моллюсков. В связи с этим **цель исследования** – изучение токсического действия макролидного антибиотика эритромицина на активность кислых ДНКаз и РНКаз моллюсков живородка речная (*Viviparus viviparus* L.), которые широко распространены в водоемах Европейской части России и рассматривались в ряде исследований как биомаркеры загрязнения водной среды [10–14]. В работах [12; 13] показано, что активность ДНКазы является информативным показателем состояния гидробионтов при действии катионов тяжелых металлов.

Объекты и методы исследования

В настоящей работе для пресноводных моллюсков живородка речная исследовали изменение активности ферментов РНКазы и ДНКазы при воздействии эритромицина в течение 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 и 96 ч. В качестве материала для исследования были использованы гомогенаты тканей пищеварительной железы (гепатопанкреаса) пресноводных моллюсков живородка речная. В качестве токсиканта был использован эритромицин (препарат эритромицина (Синтез, Россия)) в концентрации, соответствующей 10 ПБК_{вод.} (предельно безопасная концентрация для водных объектов) (PNEC_{aq}) ПБК_{вод.} – 0,0002 мг/дм³ [15]. Контрольная группа моллюсков содержалась в воде без добавления токсиканта.

По истечении установленных промежутков времени моллюсков препарировали и извлекали пищеварительную железу. Ткани гомогенизировали в фарфоровой ступке в течение 5 мин растиранием с битым кварцевым стеклом и экстрагирующей жидкостью (0,5%-й раствор Тритон X-100 на дистиллированной воде, прибавляемый в десятикратном объеме по отношению к навеске ткани). Экстракты очищали центрифугированием при 10 000 g и 4 °С в течение 30 мин на рефрижераторной центрифуге [11]. Концентрацию белка в экстрактах определяли методом Лоури [16].

Активность РНКазы определяли модифицированным методом Анфинсена по изменению оптического поглощения раствора, в котором находятся кислоторастворимые продукты гидролиза высокомолекулярной РНК, при 260 нм на спектрофотометре «Thermo Genesis 6» [17].

Активность ДНКазы измеряли флуориметрически [18], используя в качестве субстрата синтетический одноцепочечный олигодезоксирибонуклеотид Rsol-P (TTCGCCTACGAATTTCAAGCC) («BioBeagle»), меченный парой флуорофоров: сигнальным красителем 6-FAM (6-карбоксифлуоресцеин, $\lambda_{\text{макс. поглощения}} = 490$ нм, $\lambda_{\text{макс. флуоресценции}} = 520$ нм) на 5'-конце и тушителем флуоресценции BHQ-1 (Black Hole Quencher, $\lambda_{\text{макс. поглощения}} = 535$ нм, диапазон гашения 480–580 нм) на 3'-конце (аналогично зондам TaqMan-типа) на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» при длинах волн 492 нм (поглощение света) и 520 нм (флуоресценция).

За единицу активности РНКазы принимали такое количество фермента, которое вызывает увеличение поглощения раствора на единицу оптической плотности при 260 нм за 1 мин. За единицу активности ДНКазы принимали такое количество фермента, которое катализировало превращение 1 моль субстрата за 1 мин. Удельную активность ферментов рассчитывали в единицах на 1 мг белка (Е/мг белка).

Все биохимические исследования проводили в пяти биологических и трех аналитических повторностях. Изменение удельной активности нуклеаз моллюсков под действием эритромицина сравнивали с контрольными значениями в соответствующих временных интервалах.

Статистическую обработку проводили при помощи программы Microsoft Office Excel. Результаты представлены в виде «среднее значение \pm стандартное отклонение». Достоверность результатов определяли по *t*-критерию Стьюдента. Различия между средними значениями считали достоверными, если уровень значимости был более 95 % ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение

При анализе изменений активности РНКазы у моллюсков опытной группы по сравнению с моллюсками контрольной группы (рис. 1) выявлено незначительное увеличение активности между контрольной и опытной группами моллюсков в период экспозиции от 0 до 24 ч, что свидетельствует о незначительном влиянии эритромицина на активность РНКазы при непродолжительном воздействии. Необходимо отметить, что активность РНКазы увеличивается с 48 ч экспозиции и остается выше контрольных значений до конца эксперимента. В целом действие эритромицина приводит к незначительному увеличению активности РНКазы.

Исследование изменения удельной активности ДНКазы пищеварительной железы живородки речной (рис. 2) в опытной группе моллюсков выявило выраженное чередование фаз активности фермента. На протяжении всего времени экспозиции наблюдается увеличение активности ДНКазы примерно в 3–4 раза по сравнению с контрольными значениями.

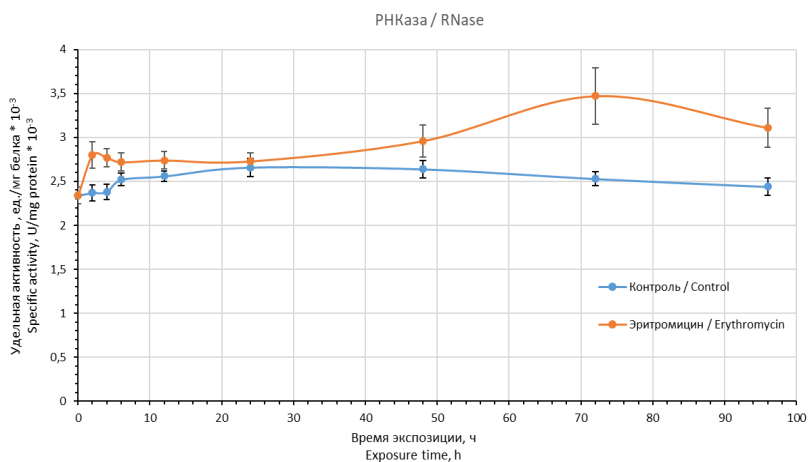


Рис. 1. Изменение удельной активности РНКазы под действием эритромицина в концентрации, соответствующей 10 ПБК_{вод}. Различия между значениями удельной активности фермента статистически значимы при $p \leq 0,05$ в экспозиции 4, 72 и 96 ч
 Источник: составлено Е.А. Тишиной, Т.С., Дрогановой, Л.В. Поликарповой., А.Л. Петровым
Figure 1. Change in specific activity of RNase under the influence of erythromycin at a concentration corresponding to 10 PNEC_{aq}. The differences between the specific enzyme activity values are statistically significant at $p \leq 0.05$ at exposure of 4, 72 and 96 hours
 Source: compiled by E.A. Tishina, T.S. Droganova, L.V. Polikarpova, A.L. Petrov.

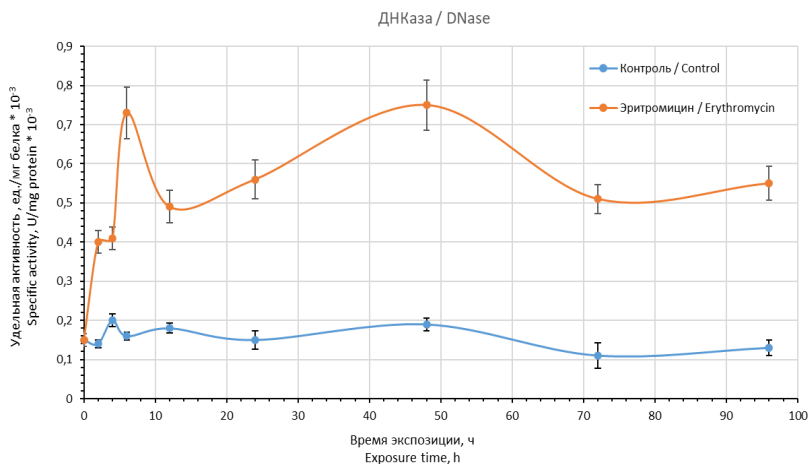


Рис. 2. Изменение удельной активности ДНКазы под действием эритромицина в концентрации, соответствующей 10 ПБК_{вод}. Различия между значениями удельной активности фермента статистически значимы при $p \leq 0,05$ во всех точках экспозиции
 Источник: составлено Е.А. Тишиной, Т.С., Дрогановой Л.В., Поликарповой., А.Л. Петровым.
Figure 2. Change in specific activity of DNase under the influence of erythromycin at a concentration corresponding to 10 PNEC_{aq}. The differences between the specific enzyme activity values are statistically significant at $p \leq 0.05$ at all exposure points
 Source: compiled by E.A. Tishina, T.S. Droganova, L.V. Polikarpova, A.L. Petrov.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, согласуются с данными об острой токсичности макролидов для гидробионтов [9] и показывают изменение удельной активности обоих исследуемых ферментов, что является реакцией на воздействие эритромицина.

Полученные результаты соотносятся с данными, полученными ранее при изучении изменения активности нуклеаз под воздействием неорганических токсикантов: катионов Zn^{2+} [13] и Pb^{2+} [12] и литературными данными [19; 20].

Заключение

Изменение активности ДНКазы можно использовать в качестве маркера загрязнения водоемов макролидными антибиотиками, в частности эритромицином. При этом индикация загрязнений по изменению активности РНКазы может быть затруднительна.

На основании результатов, полученных в ходе исследования, было установлено токсическое действие эритромицина на живородку речную (*Viviparus viviparus* L.), а также показана возможность использования изменения активности нуклеаз гепатопанкреаса живородки речной в качестве маркера загрязнения водных экосистем.

Список литературы

- [1] *Cromwell G.L.* Why and how antibiotics are used in swine production // *Animal Biotechnology*. 2002. Vol. 13. No. 1. P. 7–27. <http://doi.org/10.1081/ABIO-120005767>
- [2] *Magouras I., Carmo L.P., Stärk K.D.C., Schüpbach-Regula G.* Antimicrobial usage and resistance in livestock: where should we focus? // *Frontiers in Veterinary Science*. 2017. Vol. 4. P. 148. <http://doi.org/10.3389/fvets.2017.00148>
- [3] *Ibrahim M., Ahmad F., Yaqub B., Ramzan A., Imran A., Afzaal M., Mirza S.A., Mazhar I., Younus M., Akram Q., Ali Taseer M.S., Ahmad A., Ahmed S.* Current trends of antimicrobials used in food animals and aquaculture // *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment*. 2020. Vol. 1. P. 39–69. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-818882-8.00004-8>
- [4] *Артемяева О.А., Переселкова Д.А., Виноградова И.В., Котковская Е.Н., Гладырь Е.А., Сивкин Н.В., Зиновьева Н.А.* Скрининг стада молочных коров на наличие в молоке гемолитических микроорганизмов во взаимосвязи с содержанием соматических клеток // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 6. С. 810–816. <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.810rus>. EDN: VHRESR
- [5] *Ларцева Л.В., Истелюева А.А., Менькова А.В.* Мониторинг антибиотикорезистентности энтеробактерий, изолированных во внутренних водотоках города Астрахани // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13. № 1 (6). С. 1350–1353. EDN: PFAJQT
- [6] *Тимофеева С.С., Гудилова О.С.* Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы // *XXI век. Техносферная безопасность*. 2021. Т. 6. № 3 (23). С. 251–265. <http://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-3-251-265> EDN: DIORQU
- [7] *Фармакология : учебник / под ред. А.А. Свистунова, В.В. Тарасова*. 3-е изд. Москва : Лаборатория знаний, 2020. 768 с.
- [8] *Обухова О.В., Ларцева Л.В., Лисицкая И.А.* Санитарно-микробиологическая оценка гидроэкосистемы дельты Волги при антропогенном загрязнении // *Гигиена и санитария*. 2009. № 1. С. 23–25. EDN: KGEDMJ

- [9] Yan Z., Huang X., Xie Y., Song M., Zhu K., Ding S. Macrolides induce severe cardiotoxicity and developmental toxicity in zebrafish embryos // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 649. P. 1414–1421. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.432>
- [10] Тишина Е.А., Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В. Влияние фосфорорганических соединений на изменение качественного состава белков пресноводных моллюсков // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы международной научной конференции. Киров, 16–18 апреля 2019 года. Киров : ВятГУ, 2019. С. 162–165. EDN: ZSLOTJ
- [11] Дроганова Т.С., Коничев А.С., Петренко Д.Б., Поликарпова Л.В., Цветков И.Л. Влияние фторида натрия и фторуксусной кислоты на активность кислой ДНКазы, кислой фосфатазы и спектр растворимых белков гепатопанкреаса живородки речной // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 36–45. <http://doi.org/10.18384/2310-7189-2017-4-36-45> EDN: YNEGIQ
- [12] Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В., Коничев А.С. Белковые спектры печени живородки речной в норме и при интоксикации ионами свинца (II) // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 109–113. <http://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-109-113> EDN: MPZMYS
- [13] Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В., Тишина Е.А., Анка М., Петренко Д.Б., Васильев Н.В. Влияние ионов Zn^{2+} на активность кислых нуклеаз пресноводных моллюсков // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2022. № 2. С. 219–224. <http://doi.org/10.31857/S1026347022020056> EDN: LWJJIR
- [14] Уваева Е.И., Шимкович Е.Д. Биоиндикационное значение популяционных характеристик живородок (*Mollusca*, *Gastropoda*, *Viviparidae*) в водоемах Центрального Полесья // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 159. № 3. С. 521–530. EDN: ZSWNTH
- [15] Прожерина Ю.П. Фармацевтические отходы как новая экологическая проблема // Ремедиум. 2017. № 11. С. 14–19. <http://doi.org/10.21518/1561-5936-2017-11-14-19> EDN: ZWHRQH
- [16] Lowry O.H., Rosenbrought N.J., Farr A.L., Rangal R.L. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent // *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193. No. 2. P. 265–275. [http://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](http://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
- [17] Anfinsen C.B., Redfield R.R., Choate W.I., Page J., Carrol W.R. Studies of cross structure, cross-linkage and terminal sequences in ribonuclease // *Journal of Biological Chemistry*. 1954. Vol. 207. P. 201–210. [http://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)71260-X](http://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)71260-X)
- [18] Цветков И.Л., Поликарпова Л.В., Коничев А.С. Новый метод количественного определения активности дезоксирибонуклеазы с использованием флуоресцентно меченых олигонуклеотидов в качестве субстрата // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 3. С. 46–51. EDN: PJSLDX
- [19] Мензорова Н.И., Рассказов В.А. Использование различных тест-систем и биохимической индикации для мониторинга экологического состояния бухты Троицы (Японское море) // Биология моря. 2007. Т. 33. № 2. С. 144–149. EDN: IJXGKN
- [20] Kovačić I., Fafandel M., Perić L., Batel I. Effect of environmental pollutant mixtures on acid DNase activity in mussel *Mytilus galloprovincialis*: ex situ and in situ study // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017. Vol. 99. P. 433–437. <http://doi.org/10.1007/s00128-017-2162-y>

References

- [1] Cromwell GL. Why and how antibiotics are used in swine production. *Animal Biotechnology*. 2002;13(1):7–27. <http://doi.org/10.1081/ABIO-120005767>
- [2] Magouras I, Carmo LP, Stärk KDC, Schüpbach-Regula G. Antimicrobial usage and resistance in livestock: where should we focus? *Frontiers in Veterinary Science*. 2017;4:148. <http://doi.org/10.3389/fvets.2017.00148>
- [3] Ibrahim M, Ahmad F, Yaqub B, Ramzan A, Imran A., Afzaal M, Mirza SA, Mazhar I, Younus M, Akram Q, Ali Taseer MS, Ahmad A, Ahmed S. Current trends of antimicrobials used in food animals and aquaculture. *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment*. 2020;1:39–69. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-818882-8.00004-8>
- [4] Artem'eva OA, Pereselkova DA, Vinogradova IV, Kotkovskaya EN, Gladyr' EA, Sivkin NV, Zinovieva NA. Screening of dairy cows' herd for presence in milk of hemolytic microorganisms in relation to somatic cell content. *Agricultural Biology*. 2015;50(6):810–816. (In Russ.) <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.810rus> EDN: VHRESR
- [5] Lartseva LV, Istelyueva A.A, Menkova AV. Monitoring of enterobacteria antibiotic resistance isolated in internal waterways of Astrakhan city. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011;13(1):1350–1353. (In Russ.) EDN: PFAJQT
- [6] Timofeeva SS, Gudilova OS. Antibiotics in the environment: status and problems. *XXI century. Technosphere safety*. 2021;6(3):251–265. (In Russ.) <http://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-3-251-265> EDN: DIORQU
- [7] Svistunova AA, Tarasov VV. (eds.). *Pharmacology: textbook*. 3rd ed. Moscow: Laboratory of Knowledge Publ.; 2020. 768 p. (In Russ.)
- [8] Obukhova OV, Larceva LV, Lisitskaya IA. Sanitary and microbiological assessment of the Volga Delta hydroecosystem under anthropogenic pollution. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2009(1):23–25. (In Russ.) EDN: KGEDMJ
- [9] Yan Z, Huang X, Xie Y, Song M, Zhu K, Ding S. Macrolides induce severe cardiotoxicity and developmental toxicity in zebrafish embryos. *Science of the Total Environment*. 2019;649:1414–1421. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.432>
- [10] Tishina EA, Droганova TS, Polikarpova LV. Effect of organophosphorus compounds on changes in the qualitative composition of freshwater mollusk proteins. In: *Transformation of ecosystems under the influence of natural and anthropogenic factors. Proceedings of the International Scientific Conference. Kirov, April 16–18, 2019*. Kirov: VyatGU; 2019. p. 162–165. (In Russ.) EDN: ZSLOTJ
- [11] Droганova TS, Konichev AS, Petrenko DB, Polikarpova LV, Tsvetkov IL. Effect of sodium fluoride and fluoroacetic acid on the activity of acid DNase, acid phosphatase and soluble protein spectrum hepatopancreas river snail. *Vestnik Moscow State Region. University. Seriya: Natural Sciences*. 2017;(4):36–45. (In Russ.) <http://doi.org/10.18384/2310-7189-2017-4-36-45> EDN: YNEGIQ
- [12] Droганova TS, Polikarpova LV, Konichev AS. River snail liver protein spectrum in normal conditions and when intoxicated with lead (II) ions. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019(3):109–113. (In Russ.) <http://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-109-113> EDN: MPZMYS
- [13] Droганova TS, Polikarpova LV, Tishina EA, Anka M, Petrenko DB, Vasiliev NV. Effect of Zn^{2+} ions on acidic nuclease activity of freshwater molluscs. *Izvestiia Akademii nauk. Seriya biologicheskaya*. 2022(2):219–224. (In Russ.) <http://doi.org/10.31857/S1026347022020056> EDN: LWJJIR

- [14] Uvaeva EI, Shimkovich ED. Bioindication value of the population characteristics of the river snail (*Mollusca, Gastropoda, Viviparidae*) in water bodies of Central Polesie. *Scientific notes of Kazan University. Natural Sciences Series*. 2017;159(3):521–530. (In Russ.) EDN: ZSWNTH
- [15] Prozherina JP. Pharmaceutical waste as a new environmental issue. *Remedium*. 2017;(11):14–19. (In Russ.) <http://doi.org/10.21518/1561-5936-2017-11-14-19> EDN: ZWHRQH
- [16] Lowry OH, Rosenbrought NJ, Farr AL, Rangal RL. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. *J. Biol. Chem.* 1951;193(2):265–275. [http://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](http://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
- [17] Anfinsen CB, Redfield RR, Choate WI, Page J, Carrol WR. Studies of cross structure, cross-linkage and terminal sequences in ribonuclease. *Journal of Biological Chemistry*. 1954;207:201–210. [http://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)71260-X](http://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)71260-X)
- [18] Tsvetkov IL, Polikarpova LV, Konichev AS. A new method for quantitative determination of deoxyribonuclease activity using fluorophore labeled oligonucleotides as a substrate. *Vestnik Moscow State Region. University. Seriya: Natural Sciences*. 2012(3):46–51. (In Russ.) EDN: PJSLDX
- [19] Menzorova NI, Rasskazov VA. Application of different test systems and biochemical indicators for environmental monitoring of the Troitsa Bay, Sea of Japan. *Biologiya Morya*. 2007;33(2):144–149. (In Russ.) EDN: IJXGKN
- [20] Kovačić I, Fafandel M, Perić L, Batel I. Effect of environmental pollutant mixtures on acid DNase activity in mussel *Mytilus galloprovincialis*: ex situ and in situ study. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017;99:433–437. <http://doi.org/10.1007/s00128-017-2162-y>

Сведения об авторах:

Тишина Екатерина Александровна, заведующая учебной лабораторией прикладной химии, Государственный университет просвещения, Российская Федерация, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24. ORCID: 0000-0001-8329-7855. E-mail: 89266182591@mail.ru

Дроганова Татьяна Сергеевна, старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии, Государственный университет просвещения, Российская Федерация, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24. ORCID: 0000-0002-8917-7392; eLIBRARY SPIN-код: 2250-9950. E-mail: tatyana droganova@gmail.com

Поликарпова Людмила Викторовна, научный сотрудник учебно-научной лаборатории экологической биохимии, Государственный университет просвещения, Российская Федерация, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24. ORCID: 0000-0002-5459-3054; eLIBRARY SPIN-код: 9605-2840. E-mail: judmilapolikarpova@yandex.ru

Петров Андрей Леонидович, лаборант производства бактериальных препаратов, Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген». Российская Федерация, 127473, г. Москва, 2-й Волконский переулок, д. 10. ORCID: 0009-0002-8219-8876. E-mail: unodeldiablo@mail.ru

Bio notes:

Ekaterina A. Tishina, Head of the Educational Laboratory of Applied Chemistry, State University of Enlightenment, 24 Vera Voloshina St, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-8329-7855. E-mail: 89266182591@mail.ru

Tatiana S. Droganova, Senior Lecturer at the Department of Theoretical and Applied Chemistry State University of Enlightenment. 24 Vera Voloshina St, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-8917-7392; eLIBRARY SPIN-code: 2250-9950. E-mail: tatyandroganova@gmail.com

Lyudmila V. Polikarpova, Researcher at the Educational and Scientific Laboratory of Ecological Biochemistry, State University of Enlightenment, 24 Vera Voloshina St, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5459-3054; eLIBRARY SPIN-code: 9605-2840. E-mail: judmilapolikar

Andrew L. Petrov, Laboratory Assistant for the production of bacterial preparations, Scientific and Production Association for Medical Immunobiological preparations “Microgen”. 10 2nd Volkonsky lane, Moscow, 127473. Russian Federation. ORCID: 0009-0002-8219-8876. E-mail: unodeldiablo@mail.ru