

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-34

КОНЦЕНТРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЕЧЕНИ ЗЕМНОВОДНЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ МЕСТООБИТАНИЯ

В.С. Полякова^{1,2}, Е.А. Сизова^{1,2}¹ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13² ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»,
Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января 29

РЕЗЮМЕ. Тяжелые металлы могут накапливаться в тканях рыб и других водных организмов, что увеличивает риск биоаккумуляции и биомagnификации в органах и тканях наземных и водных видов, создавая высокую степень опасности и токсичности. Проанализированы результаты содержания тяжелых металлов в толще воды, донных отложениях и накопление этих металлов в печени земноводных. Исследуемые образцы были отобраны в трех точках: вблизи населенных пунктов Аксу, Пугачево и Аралтал, а также в месте впадения р. Караоба. Во всех трех точках обнаружены превышения ПДК кадмия в толще воды, однако наибольшая концентрация была в точке возле поселка Аксу – 0,0033 мг/кг. Установлено, что наибольшие концентрации кадмия встречаются у особей *Pelophylax ridibundus* с этого участка. Исследование аккумуляции металлов показало, что несмотря на высокую концентрацию цинка в воде и донных отложениях, наибольшую способность к накоплению в организме проявляет медь.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, донные отложения, река Урал, биоаккумуляция, печень, *Pelophylax ridibundus*.

Для цитирования: Полякова В.С., Сизова Е.А. Концентрация тяжелых металлов в печени земноводных в зависимости от их местообитания. Микроэлементы в медицине. 2024;25(2):76–79. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-34.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение водоемов тяжелыми металлами представляет собой одну из основных экологических проблем. Высокая токсичность этих химических элементов негативно влияет на растительный и животный мир, здоровье человека, а также на окружающую среду в целом. Тяжелые металлы, такие как медь, свинец, кадмий, ртуть и другие, могут накапливаться в тканях рыб и других водных организмов, что в конечном итоге приводит к попаданию их в пищевую цепь, что увеличивает риск биоаккумуляции и биомagnификации в органах и тканях наземных и водных видов, создавая высокую степень опасности и токсичности (Leyte-Vidal et al., 2019). Водные бассейны принимают на себя антропогенные выбросы, что приводит к отложению тяжелых металлов в речном грунте, делая эти реки основными путями перемещения химических элементов. Для реки Урал (Жайык) и её бассейна на территории Российской Федерации характерно систематическое загрязнение медью: концентрация меди превышает допустимую норму в два и более раза во всех исследованных участках. Кроме того, на территории различных регионов отмечены превышения ПДК: марганца в Челябинской области, сульфатов, ХПК и БПК₅ в Оренбургской области, азота нитритного и фенолов в Западно-Казахстанской области, а также магния в Атырауской области. В донных отложениях отмечены высокие концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов (Полякова, Сизова, 2023).

Ц е л ь р а б о т ы – исследование наличия взаимосвязи между содержанием тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Шынгырлау и их накоплением в тканях печени особей озерной лягушки (*Pelophylax ridibundus*; син. *Rana ridibunda* (Pallas, 1771)).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения уровня биоаккумуляции тяжелых металлов в организмах были выбраны особи озерной лягушки (*Pelophylax ridibundus*), которые являются пластичными, чувствительными к загрязнению среды и толерантными даже к высокому уровню антропогенной нагрузки (Zhelev et al., 2020). Отбор проб проводился летом 2023 г. в пойме р. Шынгырлау на территории Бурлинского района, Западно-Казахстанской области (рис. 1): вблизи населенных пунктов Аксу (№ 1), Пугачево и Аралтал (№ 2), в месте впадения р. Караоба (№ 3).



Рис. 1. Точки, выбранные для отбора проб

Отлов особей *P. ridibundus* и отбор проб проводили в соответствии со стандартными методиками. Исследовали содержание тяжелых металлов, таких как медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb) и кадмий (Cd). Пробы анализировали на базе Испытательного центра ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН методом атомной абсорбции. Статистическую обработку выполняли при помощи корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ содержания тяжелых металлов в воде показал, что самые высокие значения концентрации Cu наблюдаются в точке № 2 (0,046 мг/кг), Zn – в точке № 3 (0,020 мг/кг), а Cd – в точке № 1 (0,0033 мг/кг). Превышение ПДК Cd отмечено в точке № 1 – в 3,3 раза, в точке № 2 – в 1,8 раза, в точке № 3 – в 2 раза.

Наибольшие значения содержания Cu (5,95 мг/кг) и Zn (17,59 мг/кг) в донных отложениях зафиксированы в точке № 1, а содержание Cd в точке № 3 – 0,303 мг/кг. Ряд накопления металлов, как в толще воды, так и в донных отложениях, выглядит следующим образом: в точке № 1 – $Zn > Cd > Cu > Pb$; в точках № 2 и № 3 – $Zn > Cu > Cd > Pb$. Pb находился в очень низких концентрациях, что затруднило его изучение в водоеме.

Изучение печени *P. ridibundus* выявило наивысшую концентрацию меди – 45,28 мг/кг и цинка – 27,29 мг/кг у особей, обитающих в точке № 2, в то время как свинец (0,05 мг/кг) и кадмий (0,08 мг/кг) достигли пиковой концентрации в точке № 1. Аккумулирующая способность исследуемых металлов во всех точках изменялась в следующем порядке: $Cu > Zn > Cd > Pb$. Проведенный анализ показал существование тесной связи ($r=0,751$) между содержанием меди в донных осадках и уровнем меди в печени *P. ridibundus*. Отмечается положительная корреляция между содержанием цинка и кадмия ($r=0,336$ и $r=0,897$ соответственно) и концентрацией тяжелых металлов в воде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что точка в месте впадения р. Караоба, является наиболее чистым участком по сравнению с другими, в то время как участки возле поселка Аксу и близ поселков Пугачево и Аралтал демонстрируют схожие результаты загрязнения среды. Во всех трех точках обнаружены превышения ПДК кадмия в толще воды, однако наибольшая концентрация была в точке возле поселка Аксу – 0,0033 мг/кг. Одновременно с этим выявлены наибольшие концентрации кадмия у особей *P. ridibundus* с этого участка. Также стоит отметить, что при анализе донных отложений

наибольшие концентрации меди и цинка наблюдались возле поселка Аксу, но наибольших значений в печени земноводных они достигали в районе поселков Пугачево и Аралтал. Исследование аккумуляции металлов показало, что несмотря на высокую концентрацию цинка в воде и донных отложениях, наибольшую способность к накоплению в организме проявляет медь.

Таким образом, тяжелые металлы могут биоаккумулироваться в организмах и биомагнироваться по всей пищевой цепи. Поэтому необходимы меры по контролю и уменьшению загрязнения водоемов тяжелыми металлами, чтобы обеспечить сохранение здоровья окружающей среды и общества в целом.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Leyte-Vidal J.J.P., González-Fernández L.A., Gutiérrez-Artiles O., et al. Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados. *Revista Cubana de Química*. 2019; 31(2): 293–308.

Полякова В.С., Сизова Е.А. Мониторинг состояния водных ресурсов реки Жайык (Урал) в период с 2018 по 2022 год. Теория и практика инновационных исследований в области естественных наук: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2023; 70–73. [Polyakova V.S., Sizova E.A. Monitoring sostoyaniya vodnyh resursov reki Zhajyk (Ural) v period s 2018 po 2022 god. *Teoriya i praktika innovatsionnyh issledovaniy v oblasti estestvennyh nauk sbornik materialov II Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Orenburg: Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. 2023; 70–73. (In Russ.)].

Zhelev Z.M., Arnaudova D.N., Popgeorgiev G.S., Tsonev S.V. In situ assessment of health status and heavy metal bioaccumulation of adult *Pelophylax ridibundus* (Anura: Ranidae) individuals inhabiting polluted area in southern Bulgaria. *Ecological Indicators*. 2020; 115: 106413.

THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE LIVER OF AMPHIBIANS, DEPENDING ON THEIR HABITAT

V.S. Polyakova^{1,2}, E.A. Sizova^{1,2}

¹ Orenburg State University,

Pobedy ave., 13, Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation

² Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Yanvary 9 str. 29, Orenburg, Orenburg region, 460000, Russian Federation

ABSTRACT. Heavy metals such as copper, lead, cadmium, mercury and others can accumulate in the tissues of fish and other aquatic organisms, increasing the risk of bioaccumulation and biomagnification in the organs and tissues of terrestrial and aquatic species, creating a high degree of hazard and toxicity. This work analyzes the results of the content of heavy metals in the water column, bottom sediments and the accumulation of these metals in the liver of amphibians. The studied samples were taken at three points: near the settlements of Aksu, Pugachevo and Araltal and at the confluence of the Karaoba River. At all three points, excesses of the maximum permissible concentration of cadmium in the water column were found, but the highest concentration was at a point near the village of Aksu - 0.0033 mg/kg. At the same time, it was found that the highest concentrations of cadmium were found in *Pelophylax ridibundus* individuals from this site. A study of metal accumulation showed that despite the high concentration of zinc in water and bottom sediments, copper exhibits the greatest ability to accumulate in the body.

KEYWORDS: heavy metals, sediments, Ural river, bioaccumulation, liver, *Pelophylax ridibundus*.