

Abstract: The article discusses issues related to the problem of the receipt and accumulation of some heavy metals by components of aquatic ecosystems of the Gomel region. The annual dynamics of zinc accumulation by bottom sediments and representatives of the bivalve mollusk class is shown. Low metal content in bottom sediments of water bodies may indicate high availability of zinc compounds in abiotic components of aquatic ecosystems. The choice of a priority type of hydrobionts for research is justified - common pearl barley *Unio pictorum* L. The background concentration of zinc in the soft tissues of mollusks (19.20 mg/kg) was established. The decrease in the content of zinc in the tissues of pearl barley in the reservoirs of Gomel and adjacent territories in 2019 indicates an improvement in the environmental state of the Republic of Belarus.

Keywords: Aquatic ecosystems, heavy metals, zinc, bottom sediments, mollusks, common barley, common toothless, biological accumulation coefficient

В настоящее время загрязнение окружающей среды обусловлено поступлением токсикантов, образующихся в процессе деятельности человека, которые оказывают непосредственное и косвенное воздействие окружающую природную среду [1]. Среди опасных химических веществ важное место занимают тяжелые металлы вследствие их отличия от органических загрязняющих веществ, которые подвергаются процессам разложения. Металлы сравнительно легко накапливаются в экосистемах и очень медленно выводятся, аккумулируются живыми организмами, в том числе гидробионтами. Особое место среди загрязнителей занимает цинк, так как он является эссенциальным элементом, который в небольших количествах необходим для нормальной жизнедеятельности живых организмов, функционирует как кофактор многих ферментов, участвующих в метаболизме азота, фотосинтезе, биосинтезе гормонов, нуклеиновых кислот и белков [2]. Соединения тяжелых металлов быстро включаются в разнообразные внутрисистемные биохимические процессы и при высоких концентрациях являются высокотоксичными для различных биологических объектов [3].

Одной из важнейших практических задач современной экологии является контроль состояния водных объектов. Водоемы малых речных бассейнов весьма чувствительны к антропогенной нагрузке и использование экологического биомониторинга позволяет определить уровень антропогенного воздействия на разные природные среды [4]. Широко распространено использование живых организмов, в частности, двустворчатых моллюсков, в качестве биоиндикаторов [5–7], отражающих как пространственные, так и временные изменения концентрации загрязнителей в среде [8,9].

Целью работы явилось изучение накопления цинка в донных отложениях и мягких тканях двустворчатых моллюсков водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий.

Объект исследования – образцы донных отложений, отобранных из озер Дедно, Шапор, Володькино, У-образное, Любенское, старицы р. Сож. и представителей класса двустворчатых моллюсков – перловицы обыкновенной – *Unio pictorum* L. и беззубки обыкновенной – *Anodonta cygnea* L. в летний период (июль – август) с 2019 по 2021 гг.

Отбор проб исследуемых объектов проводили по стандартным методикам [10, 11]. Мягкие ткани моллюсков отделялись от раковин, и для анализа использовались мягкие ткани. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях и в золе двустворчатых моллюсков определяли на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой с подготовкой образцов в системе микроволнового вскрытия в лаборатории государственного научного учреждения (Институт радиобиологии Национальной Академии Наук Беларуси).

На рисунке 1 представлен характер изменения среднего количественного содержания цинка в донных отложениях. Отмечена общая тенденция снижения содержания цинка в отложениях изучаемых экосистем в период 2020–2021 гг.

Содержание изучаемого металла в донных отложениях всех водных экосистем г. Гомеля и прилегающих территорий за период исследований изменялось во многих водоемах незначительно, в других водоемах различия составляли 2,0 - 4,0 раза и более, что представлено на рисунке 2.

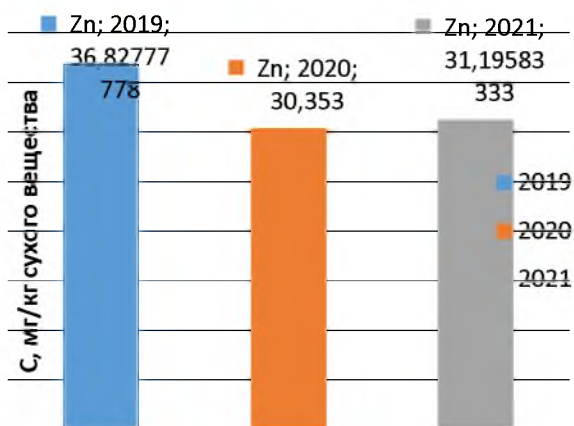


Рисунок 1 – Содержание цинка в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

Варьирование концентрации соединений цинка в донных отложениях оз. Любенское и участка р. Сож ниже города по течению за период исследований незначительное. В отложениях оз. Дедно содержание металла увеличилось практически в 5,0 раз в 2020 и 2021 гг. по сравнению с 2019 г. Для отложений оз. Шапор и оз. У-образное, принимающих поверхностный сток с промышленных площадок и автомагистралей, содержание цинка однонаправленно снижалось. Аналогичный характер изменения содержания изучаемого металла отмечен и для старичного комплекса р. Сож. Незначительные изменения содержания цинка в донных отложениях отдельных водоемов подтверждает факт снижения поступления его соединений в водные экосистемы.

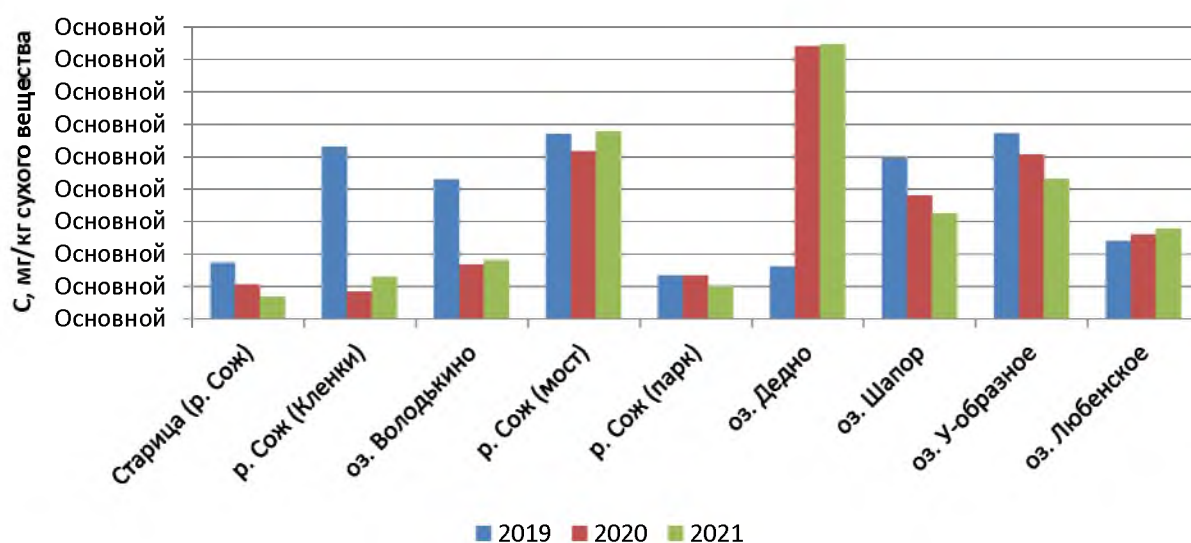


Рисунок 2 – Содержание цинка в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

Динамика содержания цинка в тканях моллюсков представлена на рисунке 3. Отмечено снижение содержания изучаемого металла в тканях двустворчатых моллюсков в 2020 г. в сравнении с 2019 г. и повышение концентраций в 2021 г. в мягких тканях. Для особей, обитающих в оз. Дедно, зафиксировано максимальное снижение концентрации металла (в 3,5 раза) в период с 2019 по 2020 гг.

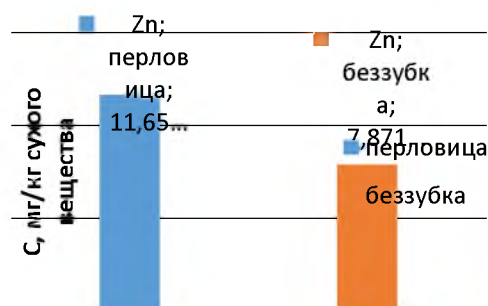


Рисунок 3 – Среднее содержание цинка в тканях представителей класса двустворчатых моллюсков, обитающих в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий

Как показали результаты исследований, в тканях беззубки обыкновенной среднее содержание цинка характеризуется меньшими значениями в сравнении с тканями перловицы обыкновенной. Варьирование количественного содержания цинка в тканях двух видов моллюсков свидетельствует об изменении физико-химических условий в изучаемых водоемах и наличии биологически доступных форм металлов в воде и донных отложениях водных экосистем. Данный факт подтверждает существование различных путей поступления тяжелых металлов в организм представителей различных видов двустворчатых моллюсков, а также о разной доступности соединений металлов в компоненты одной и той же водной экосистемы для разных видов моллюсков. В большинстве исследуемых водоемов отлов беззубки обыкновенной был затруднительным, так как данный вид в водоемах обитает на более глубоких участках по сравнению с перловицей обыкновенной в значительно меньшем количестве. Все вышесказанное делает беззубку менее привлекательным объектом для экологического мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами. Таким образом, для качественной оценки состояния водоемов г. Гомеля и прилегающих к нему территорий была выбрана перловица обыкновенная.

При проведении экологических исследования важно оперировать значениями фоновых величин содержания компонентов для оценки загрязненности водных экосистем, а также для определения доступности соединений тяжелых металлов в водных объектах. В проводимых ранее исследованиях (с 2000 по 2010 гг.) был выбран водоем, не имеющий видимой антропогенной нагрузки и расположенный на 10 км выше города по течению (старица р. Сож возле д. Поляновка), который загрязняется только воздушными массами города и водой р. Сож, с которой старичный комплекс имел тесный контакт. В период исследований, вследствие снижения количества атмосферных осадков, наблюдалась тенденция снижения уровня воды в р. Сож, с которой связана старица, и в самой старице. В результате водоем утратил связь с р. Сож, исчезло течение, появилось большое количество водных растений, а в донных отложениях увеличилось содержание органических фракций. Содержание большинства тяжелых металлов, в частности цинка, стало сравнимо с величинами, определенными у особей в городских водоемах. Для проведения мониторинговых исследований авторами предложены значения фоновых

концентраций цинка, содержащегося в мягких тканях изучаемых моллюсков, обитающих в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий, который составил 19,20 мг/кг.

На рисунке 4 представлены результаты количественного определения содержания цинка в мягких тканях перловицы в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий. Содержание соединений цинка ниже фоновое значение на протяжении всего периода исследований отмечено в старичном комплексе р. Сож и в оз. Любенское, где концентрация указанного металла в донных отложениях минимальна, что, вероятно, служит подтверждением малодоступности его в абиотических компонентах водных экосистем для живых организмов. Значительное увеличение содержания в мягких тканях двустворчатых моллюсков соединений цинка в 2021 г. отмечено для особей, обитающих в р. Сож ниже черты города по течению, в озерах Шапор и У-образное. Низкое содержание металла в донных отложениях данных водоемов может свидетельствовать о высокой доступности соединений цинка в абиотических компонентах водных экосистем.

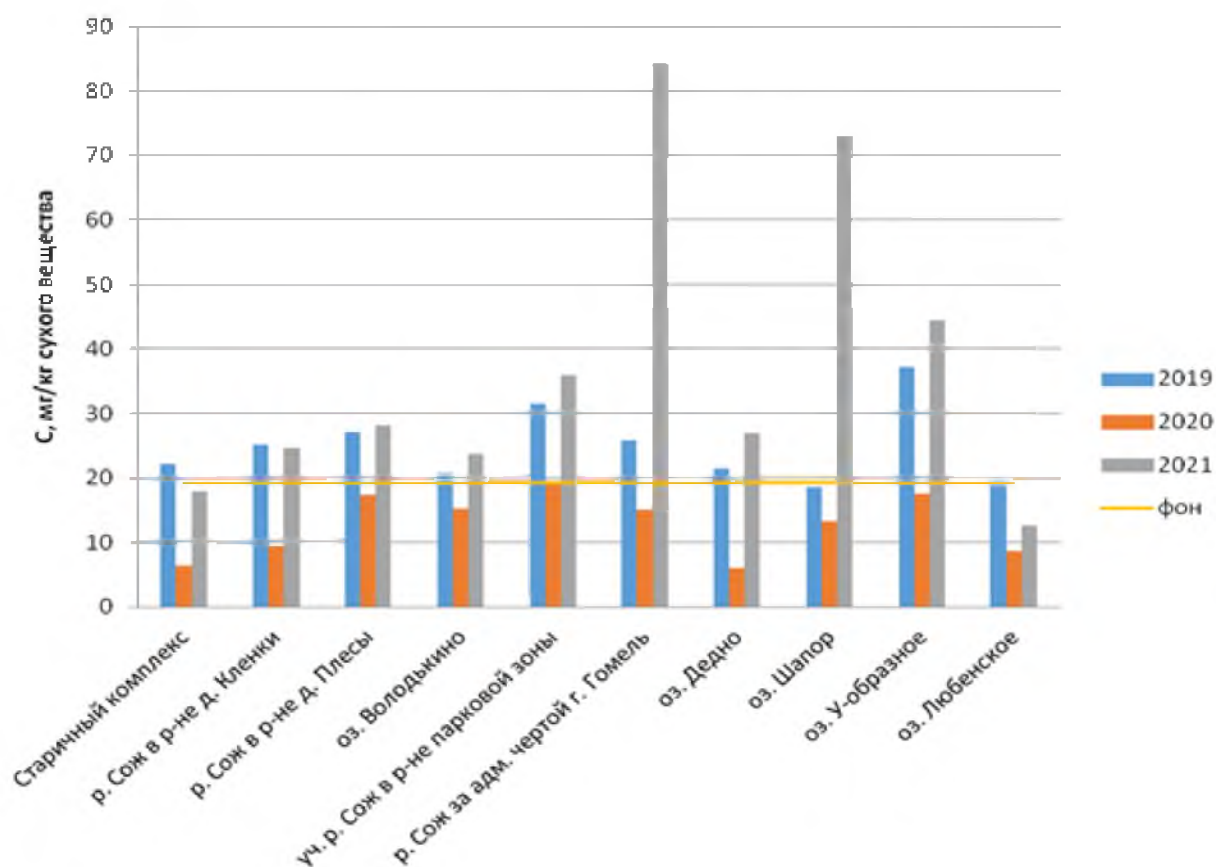


Рисунок 4 – Содержание цинка в тканях перловицы в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий

Динамика изменения среднего содержания цинка в тканях перловицы обыкновенной представлена на рисунке 5.

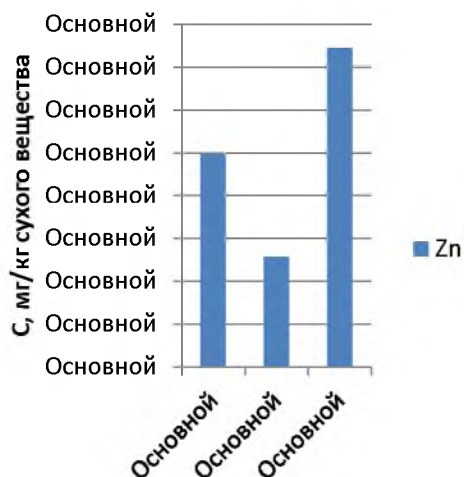


Рисунок 5 – Содержание тяжелых металлов в тканях перловицы в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий

В 2020 г. содержание цинка в мягких тканях моллюсков снизилось в 2 раза по сравнению с 2019 г., однако в 2021 г. отмечено повышение концентрации в 1,5 раза по сравнению с 2019 г.

Снижение содержания цинка в тканях перловицы в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий в 2019 и 2020 гг. свидетельствует об улучшении экологического состояния окружающей среды Республики Беларусь. Это может быть связано с природоохранной политикой, проводимой в Республике. Однако, почвы водосборных территорий водных экосистем и донные отложения водоемов, накопили за длительное время значительные количества тяжелых металлов и могут служить их вторичным источником загрязнения, что подтверждается повышением содержания изучаемого металла в 2021 г. в сравнении с 2019 и 2020 гг. Учитывая вышесказанное, быстрого очищения в биологических компонентах водных экосистем в скором времени, вероятно, не приходится ожидать в связи с перечисленными факторами.

Список литературы:

1. Берсенева, М.Л. Влияние антропогенной деятельности на содержание некоторых тяжелых металлов в зерновых культурах окрестностей г. Красноярск // Научные исследования: теория, методика и практика : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 29 янв. 2018 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 286–288.
2. Ahmad, M.S.A., Ashraf, M. and Hussain, M. (2011) Phytotoxic Effects of Nickel on Yield and Concentration of Macro- and Micro-Nutrients in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Achenes. *Journal of Hazardous Materials*, 185, 1295–1303.
3. Решетняк, О. С. Многолетняя изменчивость содержания соединений кадмия и свинца в речных экосистемах России / О. С. Решетняк, В. А. Брызгалов, Л. С. Косменко // Географ. и природн. ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 71–80.
4. Чермных, Л. П. Оценка методов исследования экологического состояния малых рек : монография / Л. П. Чермных. - Германия : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2013. - 158 с.
5. Шишин, М. М. Влияние тяжелых металлов (цинк, медь) на скорость пищевой реакции карпа и активность протеиназ пищеварительного тракта рыбы : автореф. дис. ... канд. биол. наук 03.00.16 / М. М. Шишин ; Ин-т биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – Борок, 2006. – 22 с.

6. Bervoets L., Voets J., Chu S. et al. Comparison of accumulation of micropollutants between indigenous and transplanted zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) // *Envir. Toxicol. Chemistry*. – 2004. – Vol.23, №8. – P. 1973–1983.
7. Boening, D.W. An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters // *Environmental monitoring and assessment*. – 1999. – Vol.55. – P. 459–470.
8. Лукашев, Д. В. Особенности сезонной динамики накопления цинка моллюсками р. Днепр в районе г. Киева / Д. В. Лукашев // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Біологія*. – 2009. – № 878, Вип. 10. – С. 69-74.
9. Kwan M., Chan M., Lafontaine Y. Metal contamination in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) about the St.Lawrence river // *Environment. Monitor. Assessment*. – 2003. – Vol.88. – P. 193–219
10. Абакумов, В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В.А. Абакумов [и др.]. Под ред. В.А. Абакумова – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.

