

requires further more detailed study. The low metal content in the soft tissues of the pond in reservoirs with polluted bottom sediments can be explained by the operation of the mechanism for blocking the entry of heavy metals into the organisms of mollusks. The high content of cadmium compounds in individuals of the pond fish selected at the site of R. Sozh is below the administrative line of Gomel, testifies to the influence of the city's surface runoff on the ecosystem of the Sozh river.

Key words: heavy metals, hydrobionts, mollusks, biosphere, bottom sediments, accumulation, soft tissues.

УДК 546.56:581.526.3:556.5(476.2-21Гомель)

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ПОГРУЖЕННЫХ РАСТЕНИЯХ В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Т. В. МАКАРЕНКО, А. А. БОЛИГАТОВА

tmakarenko1968@bk.ru, aleks.boligatova@yandex.by

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь*

Аннотация: *Значительное увеличение содержания меди в 2021 году в водных растениях при снижении содержания их концентрации в донных отложениях свидетельствует о вторичном загрязнении водных экосистем, когда загрязнители в донных отложениях переходят в биологически доступные формы и поглощаются живыми организмами. В литературе известны факты, когда донные отложения выступают вторичными источниками загрязнения водных экосистем. Этот факт увеличения содержания меди в растениях подтверждается необходимостью проведения мероприятий по экологическому оздоровлению водных экосистем города, которые используются населением для проведения культурно-массовых мероприятий.*

Ключевые слова: *медь, тяжелые металлы, макрофиты, растения, экосистема воды.*

Введение. Тяжелые металлы играют особую роль в биосфере. Они могут образовывать локальные аккумуляции, находясь преимущественно в рассеянном состоянии, где их концентрация превышает среднемесячные уровни. Большинство металлов, попадая в организм выполняют важные функции. Их влияние на организм человека и животных различно и зависит от его природы, концентрации и типа соединений в котором он существует в природной среде. Некоторые тяжелые металлы жизненно необходимы для человека и других живых организмов. Другие вызывают противоположный эффект и, попадая в живой организм, приводят к его отравлению или гибели. К группе тяжелых металлов относятся медь, никель, ртуть, свинец, цинк, хром и кадмий, т.к. они являются наиболее опасными для здоровья человека и животных.

В макрофитах тяжелые металлы входят в группу микроэлементов наряду с физиологически необходимыми, такими как цинк, медь, железо, марганец, молибден, кобальт и др. Большинство микроэлементов могут оказывать отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. Это связано с тем, что действие любых химических веществ носит строго дозовый характер [1].

Медь – один из важнейших микроэлементов в живых организмах. Физиологическая активность данного металла связана, с включением его в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Недостаточное содержание ионов металла отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию

растительных организмов. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Вместе с тем, избыточные концентрации микроэлемента оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы. Хронический избыток металла вызывает остановку роста, снижение содержания гемоглобина, поражению печени, почек и мозга [2].

Цель: изучить содержания меди в погруженных растениях в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий.

Объекты исследования: В ходе исследования были отобраны погруженные или почти погруженные растения: рдест *Potamogeton natans* L и роголистник обыкновенный *Ceratophyllum* L. Подводные (погруженные) макрофиты на протяжении вегетационного сезона могут менять источники поступления химических веществ в свои ткани.

Для исследования были выбраны водные экосистемы с различной антропогенной нагрузкой: оз. Дедно, Шапор, Володькино, Малое, Волотовское, У-образное, старица р. Сож. Озеро Володькино представляет собой водоем, возникший в результате расширения коренного русла р. Сож в месте впадения в него р. Ипуть. Озеро Дедно – пойменный водоем контактирует через земляную дамбу с водоемом-«отстойником», принимающим стоки некоторых предприятий города, имеет связь с коренным руслом р. Сож, находится в черте города Гомеля. Озеро Шапор является старым руслом р. Сож, в настоящее время представляющее ответвление от основного русла, находится в черте города Гомеля. Оз. У-образное принимает стоки Прудковского рынка, автостоянки и автомагистрали. Значительное влияние на водную экосистему города оказывает предприятие ОАО «Гомельский химический завод», перерабатывающий сырье, поступающее на завод с различных горнодобывающих площадок. Старичный комплекс, расположенный выше города по течению на 10 км, загрязняется только воздушными массами Гомельской городской агломерации, а также водой р. Сож, с которой контактирует через небольшой перешеек, в большей степени в момент снеготаяния, половодий и при обильных дождях. Стоит отметить, что вокруг нет сельскохозяйственных угодий, не производится выпас скота, но, как известно, в водоемах с минимальной антропогенной нагрузкой биологически живые организмы могут накапливать токсиканты в концентрациях превышающие в загрязненной зоне [3].

Для оценки влияния поверхностных стоков с территории г. Гомеля на водную экосистему р. Сож для исследования были выбраны участки реки ниже административной черты города в р-не Гомельской объездной автомагистрали, а также значительно выше черты города в р-не д. Кленки. Данные водоемы широко используются населением для проведения культурно-массовых мероприятий.

Пробы растений после тщательного ополаскивания последовательно высушивали до воздушно-сухого, затем абсолютно сухого состояния и озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С. Определение содержания тяжелых металлов проводилось в ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси».

Результаты исследования. Проводимые с 2019 по 2021 г. исследования содержания соединений меди в погруженных водных растениях показали, что макрофиты в водоемах черты города испытывают большее влияния, чем водоемы пригородной территории (рисунок 1). На протяжении всего периода исследований содержание меди в растениях городских водоемов постоянно увеличивалось. Это озера Дедно, Шапор, У-образное и Любенское. В оз. Шапор поступают стоки с территории предприятий ОАО «Гомельдрев», ФСК, ОАО «Гомельобой»; оз. Дедно контактирует с водоемом принимающим стоки Прудковского и Хатаевичского коллекторов; в оз. У-образное поступает сток с территорий автостоянки и Прудковского рынка, а также с близлежащих крупных магистралей города. Высокое содержание соединений металла характерно для растений оз. Любенское, хотя водоем не испытывает высокую антропогенную нагрузку. Однако в оз. Любенское поступает поверхностный сток с огородов близлежащего

частного сектора и улиц микрорайона «Любенский». Высока вероятность того, что в поверхностных стоках, идущих в вышеперечисленные водоемы, соединения меди находятся в доступных для биологических объектов формах, что может объяснить увеличение содержания металла в растениях на протяжении периода исследований. Не стоит исключать вторичное загрязнение водных экосистем, когда металлы переходят в донные отложения в доступные для живых организмов формы. В донных отложениях металлы и другие загрязнители накапливаются длительный промежуток времени, но чаще всего, находятся в малодоступных для живых организмов формах. При изменении физико-химических показателей состояния водоемов соединения меди переходят в биологически доступные формы и поглощаются, в данном конкретном случае, водными растениями, что значительно повышает содержание меди в биологических компонентах водных экосистем.

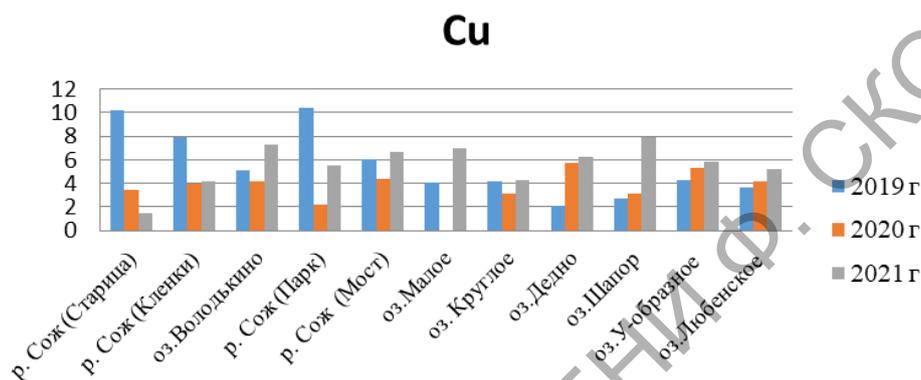


Рисунок 1 – Содержание меди в водных растениях в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий

В летний период 2021 г. физико-химические условия состояний водных экосистем изменились т.к. по данным гидромета за летний период выпало малое количество атмосферных осадков, значительно ниже нормы, отмечена высокая среднемесячная температура [4]. Это привело к снижению уровня воды в р. Сож на метр и более. В изучаемых водоемах, где проводили исследования отмечается падение уровня воды более чем на 1 метр. Вследствие этого изменились формы нахождения соединения тяжелых металлов и их соединения стали более доступны для водных растений, о чем свидетельствует увеличение концентраций металлов в погруженных растениях и снижение их в донных отложениях в 2021 г. Это подтверждает факт перехода соединений меди в более доступные для растений формы.

Иная динамика в сравнении с растениями озер черты города (оз. Дедно, Шапор, У-образное, Любенское) наблюдается у макрофитов, отобранных в р. Сож на разных участках и в оз. Володькино, которое является расширением коренного русла р. Сож в месте впадения в него р. Ипуть. Концентрация меди у растений водоемов р. Сож и в оз. Володькино снижается к 2020 году, а в 2021 г. увеличивается. Такая же динамика характерна для макрофитов оз. Круглое, располагающегося практически за чертой города, но принимаются стоки с улиц г. Гомеля (ул. Лепешинского) и с территорий некоторых предприятий Северного промышленного узла. И только у растений Старичного комплекса наблюдается однонаправленное снижение содержания меди на протяжении всего периода исследований. Водоем загрязняется только воздушными массами города, которые могут распространяться на значительном расстоянии от городских территорий [5,6] и водой р. Сож, которая в настоящее время через небольшой перешеек поступает в старичный комплекс. Снижение содержания соединений металла в растениях водоема, не испытывающего видимой антропогенной нагрузки (старичный комплекс р. Сож), а также снижение количества меди в растениях отдельных водоемов в 2020 г. свидетельствует об улучшении экологического состояния изучаемых водных экосистем за счет проведения природоохранной политики Республики Беларусь.

Для оз. Малое проследить изменения концентрации меди в растениях сложно, так как в 2020 году для экологического улучшения состояния водоемов водные растения были убраны по решению городских властей. В водоемах растения являются биофильными, могут поглощать различные токсиканты и чтобы предотвратить вторичное загрязнение водоемов необходимо удалить водные растения из водной экосистемы.

Несмотря на увеличение содержания металла в растениях водоемов в 2021 г. в сравнении с 2020 г. концентрация соединений меди в макрофитах на участке р. Сож выше черты города (д. Кленки) и на участке р. Сож в парковой зоне не превысило уровень содержания, определенный в 2019 г. Вероятнее всего, что данные участки реки ранее испытывали значительную антропогенную нагрузку, в водоемы поступал поверхностный сток, содержащий доступные для макрофитов соединения меди. Но с течением времени нагрузка на вышеперечисленные участки реки значительно снизилась, что вызвало снижение содержания металла и в растениях.

Максимальное содержание соединений меди за период исследования отмечено в 2019 году в растениях р. Сож парковой зоны, где вода принимает поверхностный сток с территории центральной части города. Объяснить высокое содержание металла в макрофитах выше черты города (д. Кленки) в 2019 г. можно только поступлением в реку большого количества поверхностного стока с огородов и дачных участков подходящие близко к урезу воды на данном участке берега р. Сож. Как показывают исследования, минеральные удобрения содержат соединения тяжелых металлов [7]. Кроме того, берег на данном участке реки обрывистый, что способствует поступлению поверхностного стока в речную систему. Дать объяснение высокому содержанию меди в 2019 году в погруженных растениях Старицы, не испытывающей антропогенные нагрузки и расположенного выше черты города по течению можно только высокой доступностью металла для растений данных видов в воде и донных отложениях водоема. В литературе описываются факты, когда в водоеме с низким содержанием меди в воде и донных отложениях биологические объекты накапливали металлы в своих органах и тканях до высоких уровней [9].

Максимальное снижение содержания металла в 2020 году в сравнении в 2019 году характерно для участка р. Сож в парковой зоне – снижение содержания составляет 4,8 раза и в старичном комплексе р. Сож (д. Поляновка) – в 2,9 раза. Незначительное снижение концентраций соединений меди было отмечено у растений в оз. Круглое в 2020 г. и составило 1,3 раза. Содержание металла в макрофитах оз. Володькино в 2021 г. превысило содержание, определенное для 2019 г, водоем не испытывает видимой антропогенной нагрузки и факт высокого содержания соединений меди в растениях озера требует дальнейшего изучения.

Заключение. Значительное увеличение содержания меди в 2021 году в водных растениях при снижении содержания их концентрации в донных отложениях свидетельствует о вторичном загрязнении водных экосистем, когда загрязнители в донных отложениях переходят в биологически доступные формы и поглощаются живыми организмами. В литературе известны факты, когда донные отложения выступают вторичными источниками загрязнения водных экосистем. Этот факт увеличения содержания меди в растениях подтверждается необходимостью проведения мероприятий по экологическому оздоровлению водных экосистем города, которые используются населением для проведения культурно массовых мероприятий.

Список литературы

1. Комаровский, Ф.Я. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов / Ф.Я. Комаровский, Л.Р. Полищук // Гидробиологический журнал. –1981. – Т. 17. – № 5. – С. 71–83.

2. Афанасьева, Л.С. Экологическая химия: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / Л.С. Афанасьева. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 224 с.

3. Головатый, С.Е., Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый – М. : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 239 с.

4. Интернет-портал республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2021. URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru>

5. Баглаева, Е.М. Пространственная структура техногенного загрязнения снежного покрова промышленного города и его окрестностей растворимыми и нерастворимыми формами металлов / Е.М. Баглаева, А.П. Сергеев, А.Н. Медведев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2012. – № 4. – С. 326–335.

6. Куимова, Н.Г. Эколого-геохимическая оценка аэротехногенного загрязнения урбанизированной территории по состоянию снежного покрова / Н.Г. Куимова [и др.]. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2012. – № 5. – С. 422–435.

7. Хомич, В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик. – Минск : РУП «Минсктиппроект», 2004. – 260 с.

9. Макаренко, Т.В. Динамика содержания тяжелых металлов в донных отложениях и водных растениях р. Сож в районе Гомеля / Т.В. Макаренко, А.С. Косматков // Журн. Белорус. Гос. ун-та. Экология. – 2018. – № 1. – С. 48–60.

STUDY OF COPPER CONTENT IN SUBMERGED PLANTS IN RESERVOIRS OF GOMEL AND ADJACENT TERRITORIES

T. V. MAKARENKO, A. A. BOLIGATOVA

tmakarenko1968@bk.ru, aleks.boligatova@yandex.by

GSU named after F. Skorins

Gomel, Republic of Belarus

Abstract: *A significant increase in the copper content in aquatic plants in 2021 with a decrease in their concentration in bottom sediments indicates secondary pollution of aquatic ecosystems when pollutants in bottom sediments pass into biologically accessible forms and are absorbed by living organisms. There are well-known facts in the literature when bottom sediments act as secondary sources of pollution of aquatic ecosystems. This fact of an increase in the copper content in plants is confirmed by the need to take measures to improve the ecological health of the city's aquatic ecosystems, which are used by the population for cultural events.*

Key words: *copper, heavy metals, macrophytes, aquatic ecosystem.*

УДК 544.723:546.74-128:627.157(282.247.321.7)

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ НИКЕЛЯ ДОННЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ СТАРИЦЫ РЕКИ СОЖ

A. V. ХАДАНОВИЧ, E. M. БЕЛОУС

hadanovich@gsu.by

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,

г. Гомель, Беларусь

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы, связанные с особенностями сорбции ионов никеля донными отложениями старицы р. Сож. Установлен характер изменения параметров сорбции, рассчитанные значения рК-функциональных групп сорбента указывают на участие в поглощении изучаемых ионов функциональных групп кислотной природы.*