

УДК 546.74:546.76:594.1:556.5(476.2-21Гомель)

Мониторинг содержания никеля и хрома в мягких тканях перловицы обыкновенной в водоемах города Гомеля и прилегающих территорий

Т.В. МАКАРЕНКО, О.В. ПЫРХ, А.В. ХАДАНОВИЧ, А.С. ПАРФЕНКОВА

Перловица обыкновенная (*Unio pictorum* L.) может выступать в качестве биоиндикатора, позволяющего установить степень влияния городской агломерации на загрязнение компонентов водной экосистемы, не имеющих видимой антропогенной нагрузки, соединениями тяжелых металлов. В статье рассматриваются вопросы, посвященные анализу содержания соединений никеля и хрома в мягких тканях моллюсков. Максимальное содержание никеля зафиксировано в образцах, отобранных в 2021 г. на участке р. Сож ниже административной черты г. Гомеля и в оз. Шапор. Максимум соединений хрома отмечен в моллюсках, обитающих в оз. У-образное (городская среда), что может свидетельствовать, с одной стороны, о разных источниках поступления тяжелых металлов в водоемы, с другой – о различной доступности соединений металлов из донных отложений одного и того же водоема для особей данного вида.

Ключевые слова: тяжелые металлы, перловица обыкновенная, водные экосистемы, тяжелые металлы, никель, хром, медь.

Pearl barley (*Unio pictorum* L.) can act as a bioindicator that allows to establish the degree of influence of urban agglomeration on contamination of components of the aquatic ecosystem that do not have a visible anthropogenic load with heavy metal compounds. The article examines issues related to the analysis of the content of nickel and chromium compounds in the soft tissues of molluscs. The maximum nickel content was recorded in the samples taken in 2021 at the river Sozh site below the administrative line of GomeI and in Shapor Lake. The maximum of chromium compounds is noted in mollusks living in U-shaped lake (city environment), which may indicate, on the one hand, the different sources of heavy metals entering water bodies, on the other hand, the different availability of metal compounds from bottom sediments of the same reservoir for individuals of this species.

Keywords: heavy metals, common pearl barley, water ecosystems, heavy metals, nickel, chromium, copper.

Введение. В комплексе проблем экологического мониторинга одно из приоритетных мест занимает исследование окружающей среды городов и близлежащих к ним территорий, так как интенсивное функционирование промышленно-индустриальных центров приводит к деградации, а зачастую и к полному уничтожению природных экосистем и слагающих их компонентов [1], [2]. В последние десятилетия в водных экосистемах наблюдаются достаточно интенсивные изменения, которые происходят под влиянием естественных условий среды и деятельности человека. Именно поэтому становятся актуальными мониторинговые исследования состояния водоемов, закономерностей реакции гидробионтов на меняющиеся условия среды. Угрозу для водных экосистем представляют высокие концентрации тяжелых металлов и их соединений, которые с каждым годом накапливаются в водоемах [3]. Среди водных беспозвоночных моллюски характеризуются наибольшей способностью к накоплению тяжелых металлов, легкостью определения до вида, широким распространением и простотой препарирования, а, следовательно, достаточными преимуществами использования в качестве биоиндикаторов [4]. Это связано со способностью последних аккумулировать загрязняющие вещества в тканях, в том числе тяжелые металлы, что позволяет использовать их при биомониторинге, определяя непосредственно содержание тяжелых металлов в их тканях и раковинах [5].

Целью исследований явились мониторинговые исследования содержания соединений никеля и хрома в мягких тканях перловицы обыкновенной (*Unio pictorum* L.).

Объект исследований – представители перловицы обыкновенной, отобранные в водоемах и водотоках г. Гомеля и прилегающих территорий, реки Сож. Выбор водоемов обусловлен близкими физико-географическими условиями (географическое положение, климат, почвы, геологическое строение, растительность), с существенным различием в степени и специфике хозяйственного освоения и техногенной нагрузки. На территории города распола-

гаются водоемы: Дедно, Шапор, Любенское, У-образное. В пригородной зоне отдыха находятся озера Володькино и Гребной канал. Озера Любенское, Дедно, Шапор и старица вблизи д. Поляновка – это пойменные водоемы, не утратившие связь с коренным руслом р. Сож. Оз. Володькино – русловой водоем, возникший в результате расширения коренного русла р. Сож в месте впадения в него р. Ипуть. Озеро У-образное некоторое время имело связь с р. Сож и осталось после осушительной мелиорации в виде отдельных водоемов. Для оценки влияния Гомельской городской агломерации на качество воды р. Сож и способности реки к самоочищению выполнялся отбор проб моллюсков из реки выше города в районе д. Кленки, в городской черте в районе парковой набережной и ниже административной черты города по течению в районе Гомельского объездного моста. Старица у д. Поляновка расположена на 10 км выше по течению от точки отбора проб на р. Сож у д. Кленки.

Отлов моллюсков производился в апреле-ноябре с помощью дночерпателя Петерсена, также дополнительно применялся и ручной сбор [6], [7]. Мягкие ткани отделялись от раковин, доводились до сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 105°C и далее анализировались отдельно. Определение количественного содержания никеля и хрома в отобранных образцах проводилось на базе Государственного научного учреждения «Институт радиобиологии НАН Беларуси» на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой с пробоподготовкой образцов в системе микроволнового вскрытия.

Результаты и их обсуждение. Характер варьирования содержания исследуемых тяжелых металлов в гидробионтах отражен на рисунке 1.

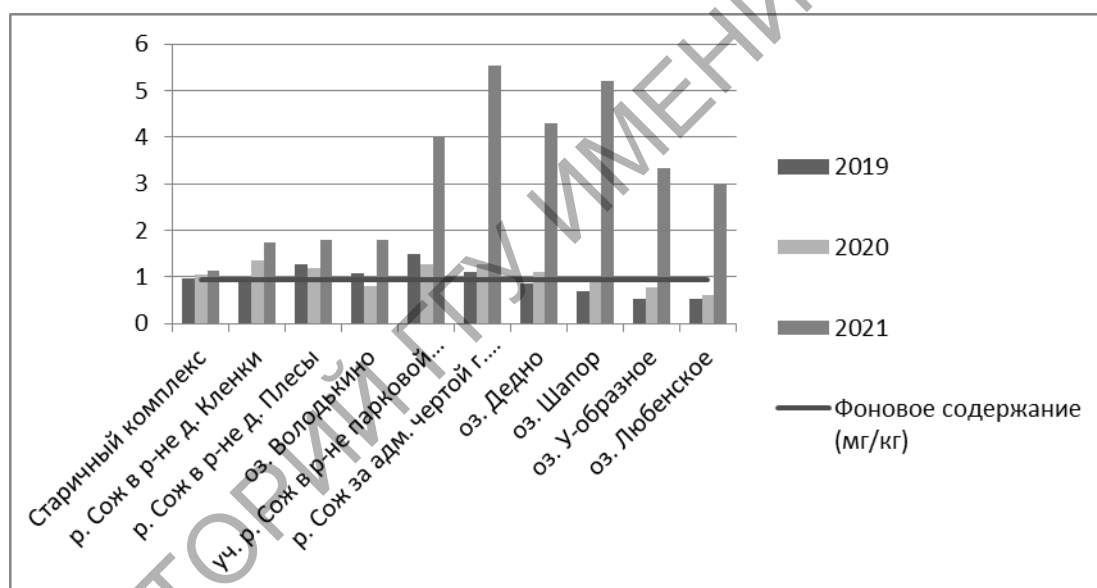


Рисунок 1 – Содержание соединений никеля в мягких тканях перловицы в водоемах г. Гомеля

За период исследований с 2019 по 2021 гг. отмечается снижение содержания никеля в мягких тканях перловицы обыкновенной во всех исследуемых водоемах за исключением оз. Дедно. В моллюсках, отобранных в старичном комплексе р. Сож в районе д. Поляновка, который не испытывает видимой антропогенной нагрузки, отмечается монотонный характер изменений концентраций соединений никеля. Незначительные колебания могут свидетельствовать об отсутствии поступления в водную экосистему загрязнителей, содержащих никель. Это свидетельствует о нахождении соединений никеля в донных отложениях старицы в малодоступных для биологических объектов формах. Даже при изменившихся физико-химических условиях состояния водных экосистем в 2021 г. содержание исследуемого металла в мягких тканях перловицы старичного комплекса изменилось незначительно, в то время как в большинстве водоемов концентрация элемента в организме моллюска возросла до уровня, превышающего содержание в 2019 г. При сравнительном анализе содержания никеля у моллюсков, обитающих в старичном комплексе с фоновой концентрацией, на протяжении периода иссле-

дований отмечено незначительное превышение только в 2021 г. В литературе описаны факты накопления токсикантов в живых организмах в чистых зонах в более значительных концентрациях в сравнении с загрязненными участками, что является следствием работы механизма блокировки поступления токсикантов в органы и ткани живых организмов [8].

Значительные изменения в содержании никеля отмечены у моллюсков водоемов, подвергающихся значительной антропогенной нагрузке (озера Шапор и У-образное), а также у особей, обитающих на участке р. Сож в центре города, где река принимает поверхностные стоки с центральной части г. Гомеля. Максимальное превышение концентрации никеля в мягких тканях моллюсков в 2021 г. отмечено для особей, обитающих в оз. Шапор. Данный водоем длительное время принимал поверхностные стоки с территорий предприятий ОАО «Гомельдрев», «Гомельобой» и ЧПУП «Фанерно-спичечный комбинат», что также могло вызвать накопление тяжелых металлов в донных отложениях и переход их в дальнейшем в доступные для живых организмов формы. Озеро У-образное на протяжении значительного периода времени принимало стоки промышленных объектов Северного промузла г. Гомеля. В настоящее время в озеро поступают стоки с крупных автомагистралей, расположенных по берегам озера, с территории Прудковского рынка и автостоянки. Все перечисленные факторы способствуют накоплению в донных отложениях различных токсикантов, которые могут переходить в доступные для биологических объектов формы. Стоит отметить высокое содержание никеля в мягких тканях моллюсков в 2021 г. в оз. Любенское, принимающее поверхностные стоки с территорий микрорайона Любенский, с огородов частного сектора, а также поверхностный сток с крупной объездной магистрали г. Гомеля. На протяжении 2019–2020 гг. содержание соединений никеля у особей, обитающих в оз. Любенское, было ниже фоновой величины в 1,7 раза и имело незначительные колебания. Возможно, поверхностные стоки с территорий города оказали значительное влияние на концентрацию изучаемого металла в донных отложениях, и накопившееся количество его перешло в биологически доступные формы, что послужило значительным увеличением его содержания в мягких тканях перловицы в 2021 г. (содержание металла увеличилось в сравнении с 2019 г.).

Максимальное увеличение содержания соединений никеля в 2021 г. в 5,8 раза по сравнению с фоновыми значениями отмечено для особей, обитающих на участке р. Сож ниже черты города по течению. Это может свидетельствовать не только о вторичном загрязнении водных экосистем тяжелыми металлами, но и о влиянии поверхностного стока г. Гомеля на накопление соединений никеля в водной системе р. Сож. Как указано в литературе, в относительно чистой среде биологические объекты накапливают токсиканты до более высоких уровней, чем загрязненные [9]. Однако на данном участке р. Сож, расположенном в парковой зоне, содержание металла в мягких тканях перловицы, отобранной в 2020 г., было ниже в сравнении с 2019 г., что может свидетельствовать о снижении антропогенной нагрузки на участок реки. На участке р. Сож за чертой города содержание никеля в мягких тканях моллюсков незначительно увеличилось в 2020 г. Разнонаправленное изменение содержания исследуемого металла в моллюсках на разных участках реки свидетельствует о разных источниках поступления его в р. Сож.

В 2019 г. у перловиц, обитающих в четырех водоемах, расположенных на территории города (озера Дедно, Шапор, У-образное, Любенское), отмечено содержание никеля ниже фоновых значений в среднем в 1,4 раза, причем первые три водоема подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Минимальное содержание металла (0,54 мг/кг) отмечено в 2019 г. у моллюсков, отобранных в оз. Любенское и оз. У-образное, что, вероятно, связано с работой механизма блокировки поступления токсикантов в живые организмы и малой биологической доступности никеля. В 2020 г. содержание металла в мягких тканях моллюсков четырех вышеперечисленных водоемов увеличилось в 1,3 раза, но оставалось ниже фона (исключение оз. Дедно). Однонаправленное, хоть и незначительное увеличение содержания металла в моллюсках изучаемых водных экосистем в 2020 г. может быть следствием как внешнего поступления тяжелых металлов в водную систему с поверхностным стоком с территорий города, так и признаком вторичного загрязнения водоемов. Одним из источников поступления тяжелых металлов в водоемы являются сухие и влажные осаждения газопылевых частиц, поступающие в воздушный бассейн города при работе промышленных предприятий. У перловиц на участке р. Сож в р-не д. Плесы и оз. Володькино содержание металла сни-

зилось в 2020 г. по сравнению с 2019 г. в 1,1 раза, что свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на экосистему р. Сож. Резкое увеличение концентрации никеля в мягких тканях моллюсков в 2021 г. является следствием изменения физико-химического состава водных экосистем ввиду изменения погодных условий и указывает на необходимость проведения мероприятий по очищению (оздоровлению) водных экосистем с использованием погруженных водных растений для снижения содержания доступных форм металла в донных отложениях.

За период исследования содержание хрома в мягких тканях перловицы в период с 2019 по 2021 гг. увеличилось, за исключением особей, на отобранных участках р. Сож, расположенных выше административной черты города по течению (р-н д. Плесы и д. Кленки) (рисунок 2).

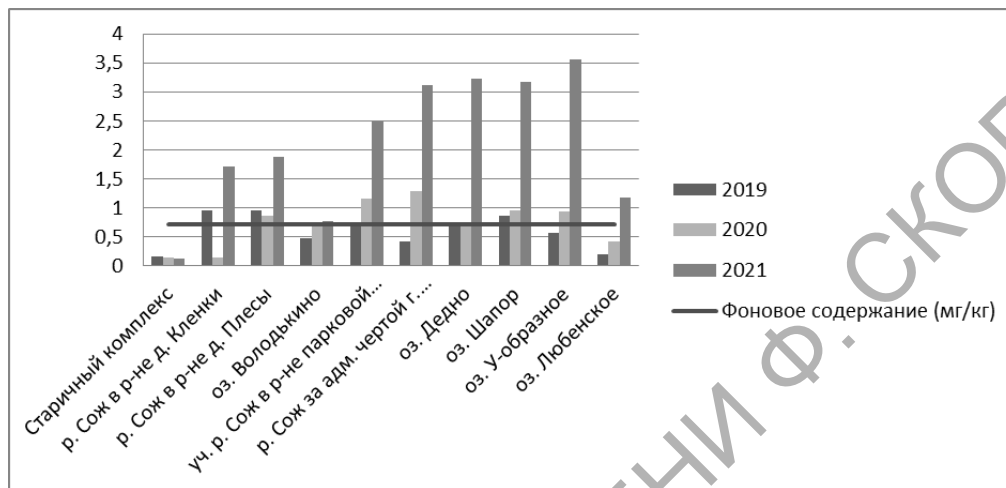


Рисунок 2 – Содержание соединений хрома в мягких тканях перловицы в водоемах г. Гомеля

Динамика изменения содержания изучаемого металла в мягких тканях перловицы схожа с таковой для соединений никеля и увеличивается на протяжении всего периода исследований (с 2019 по 2021 гг.). Повышение содержания соединений хрома может быть связано не только с антропогенным поступлением металла в водные экосистемы, но и с изменением доступности металла из донных отложений водоемов. Незначительные изменения в содержании металла характерны для особей старичного комплекса, где определено низкое содержание хрома (в среднем 0,14 мг/кг) в тканях перловицы, которое практически не изменялось на протяжении всего периода исследования, и было ниже фонового значения (0,71 мг/кг). Определенное низкое содержание хрома в тканях перловицы исследуемого водоема можно в дальнейшем использовать как фоновое содержание для проведения экологических исследований.

Для водоемов, принимающих поверхностные стоки с территорий близлежащих предприятий (озера У-образное и Шапор), отмечено повышение содержания хрома в тканях исследуемых моллюсков в 6,0 раз в 2021 г. Можно предположить, что в донных отложениях данных водоемов накопилось значительное количество тяжелых металлов, которые могут оказывать влияние на загрязнение водных экосистем.

В образцах моллюсков, отобранных в оз. Володькино в 2021 г., содержание металла не изменилось в сравнении с 2020 г., что может быть связано с работой механизма блокировки поступления токсикантов в ткани перловицы. Можно предположить, что в донных отложениях оз. Володькино соединения хрома не содержатся в количествах, которые могут представлять угрозу для дальнейшего загрязнения биологических объектов водоема. Объяснить значительное увеличение содержания металла в мягких тканях перловицы в 2021 г. на участке р. Сож выше города по течению довольно сложно. В 2020 г. содержание металла снизилось в 6,4 раза в сравнении с 2019 г., но в 2021 г. концентрация соединений хрома резко увеличилась. Данный факт требует более длительного и детального изучения.

Содержание соединений хрома в особях, обитающих в оз. Дедно, в 2020 и 2021 гг. находилось практически на одном уровне. Можно предположить, что сточные воды, поступающие в водоем, контактирующий напрямую с оз. Дедно, не загрязнены соединениями изучаемого металла, либо он находится в недоступных для моллюсков формах.

Озеро Любенское подвергалось реконструкции по соединению водоема с р. Сож, про-

водимые работы незначительно изменили структуру донных отложений водоема, появилось много каменистых включений, дно стало более песчаным с малым содержанием органического вещества. Значительное увеличение хрома в мягких тканях особей данного водоема свидетельствует о внешнем источнике поступления металла с поверхностным стоком.

Тенденция к увеличению содержания изучаемых металлов в мягких тканях перловицы в большинстве изучаемых водоемов может свидетельствовать не только о вторичном загрязнении, но и о поступлении, пусть и в незначительных количествах, их соединений в водные экосистемы в результате контакта с загрязненными воздушными массами города и поверхностным стоком с городских территорий. Значительные колебания в содержании хрома и никеля в период с 2019 по 2021 гг. отмечены у моллюсков, обитающих в разных водоемах.

Заключение. На протяжении всего периода исследования (2019–2021 гг.) выделить наиболее загрязненные и чистые водоемы по содержанию исследуемых металлов в тканях моллюсков достаточно сложно, так как в одном и том же водоеме содержание одного металла в тканях особей перловицы было максимальным, а другого металла было низким или минимальным. Так, например, максимальное содержание никеля в 2021 г. отмечено на участке р. Сож ниже административной черты г. Гомеля и в оз. Шапор, для соединений хрома максимум отмечен в оз. У-образное. Это может свидетельствовать, с одной стороны, о разных источниках поступления тяжелых металлов в мягкие ткани моллюсков; с другой, можно предположить о различной доступности соединений металлов из абиотических компонентов водоема для особей данного вида.

Литература

1. Кадацкая, О. В. Гидрографическая сеть урбанизированных территорий как элемент формирования природного каркаса города / О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии : материалы VI Междунар. науч. конф. (к 110-летию со дня рождения профессора В. А. Дементьева), Минск, 13–16 нояб. 2018 г. / редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 194–196.
2. Постевая, М. А. Анализ атмосферных выбросов в г. Мурманске и их связь с загрязнением городских озер / М. А. Постевая, З. И. Слукровский // Вестник МГТУ. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 190–201.
3. Безматерных, Д. М. Моллюски прудовик обыкновенный и прудовик яйцевидный как аккумулятивные индикаторы загрязнения пресных вод тяжелыми металлами / Д. М. Безматерных // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2018. – № 1 (5). – С. 112–117.
4. Макаренко, Т. В. Изучение содержания тяжелых металлов в мягких тканях моллюсков и водоемах г. Гомеля / Т. В. Макаренко, А. И. Штанько, А. О. Иванов // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2018. – Вып. 11 (43), ч. 6. – С. 79–85.
5. Бурдин, К. С. Основы биологического мониторинга / К. С. Бурдин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 275 с.
6. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
7. Абакумов, В. А. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / В. А. Абакумов. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 229 с.
8. Силкина, Е. Н. Влияние тяжелых металлов на функциональные и биохимические показатели морских гидробионтов как биоиндикаторов экологического состояния среды / Е. Н. Силкина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 11.
9. Скупченко, В. Б. Биоиндикация окружающей среды : учебное пособие / В. Б. Скупченко, Л. О. Соколова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2009. – 72 с.