

Количественное содержание сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) не превышало уровень ПДК ( $100 \text{ мг/дм}^3$ ) на протяжении всего периода исследований. Значительные количества сульфатов поступают в природные воды за счет вноса в почву удобрений, например, сернокислого калия, а также определенный вклад вносят и сточные воды.

Количественное содержание фосфатов колебалось от  $0,046 \text{ мг/дм}^3$  (февраль 2021) до  $0,512 \text{ мг/дм}^3$ , превышение ПДК ( $0,066 \text{ мг/дм}^3$ ) установлено в октябре 2021. Повышенное содержание фосфатов свидетельствует о загрязнении данного водного объекта промышленными отходами, фосфорными удобрениями, а также полифосфатами.

По итогам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что, так как водные ресурсы реки Беличанки используются для гидромелиорации сельскохозяйственных земель, которые могут загрязняться химическими веществами вследствие смыва в реку удобрений с сельхозугодий, сброса сточных вод предприятий, а также бытовых сточных вод, то они могут служить источниками вторичного загрязнения сельскохозяйственных экосистем и тем самым способствовать накоплению этих токсикантов в выращиваемых культурах.

### Литература

1 Блакітная кніга Беларусі : энцыклапедыя / рэдкал. : Н. А. Дзісько [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 1994. – 415 с.

2 Состояние природной среды Беларуси : ежегодное информационно-аналитическое издание / Р. В. Михалевич [и др.]; под общ. ред. доц. М. А. Ересько. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2020. – 101 с.

3 Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод : учеб. пособие / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.

УДК 546.56:594.3

*И. В. Елагин*

### ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В МЯГКИХ ТКАНЯХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ГОМЕЛЯ

*Статья показывает проблему загрязнения мягких тканей моллюсков в водоемах города Гомеля соединениями тяжелых металлов, а именно меди. За период исследований содержание соединений меди в тканях моллюсков значительно снизилось, в сравнении с 2010 г. Увеличение содержания токсиканта в мягких тканях живородки свидетельствует о вторичном загрязнении водных экосистем, когда тяжелые металлы переходят в донных отложениях в доступные для биологических объектов формы.*

**Введение.** Одним из основных источников поступления тяжелых металлов в водные экосистемы являются антропогенные нагрузки на водоем. Токсиканты накапливаются в мягких тканях моллюсков, растениях, донных отложениях, рыбах, мелких организмах, таких как планктон и другие, и между данными обитателями по трофическим путям происходит распределение исследуемых элементов.

Важным компонентом для оценивания загрязненности водных экосистем являются брюхоногие моллюски. Их использование в качестве биоиндикатора загрязнения водной среды возможно по причине того, что она способна аккумулировать практически все тяжелые металлы, обладают высокой биомассой.

Для оценки загрязненности водоемов одним из важных методов являются методы биоиндикации. Важную роль в оценке водной среды играют организмы, способные накапливать в организме токсиканты, так называемые виды-аккумуляторы. При этом аккумулятивная способность является своеобразным откликом на уровень техногенного загрязнения, а её изучение представляет значительный научный интерес и практическую значимость с точки зрения индикации состояния экосистем.

**Цель работы** – мониторинг содержания меди в мягких тканях моллюсков и прилегающих территорий водоемов города Гомеля.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объекта исследования были выбраны 2 вида пресноводных моллюсков, таких как прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis* L.) и живородка речная (*Viviparus viviparus* L.) – широко распространенные виды в водоемах Республики Беларусь. Отбор проб производился в летне-осенний период 2019–2021 гг. Использовался метод ручного сбора по стандартной методике [1, с. 103]. Для анализа использовались только мягкие ткани. Пробы последовательно высушивали, затем озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С в течение 8 часов. Содержание тяжелых металлов в золе брюхоногих моллюсков определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиэкологии «Института радиобиологии НАН Беларуси».

**Результаты исследований и их обсуждение.** Питание брюхоногих моллюсков, в связи с их способностью к передвижению, включает в себя растительную пищу. Это могут быть как листья водных растений, так и их стебли. Для того, чтобы употребить растение в пищу, моллюск пользуется своего рода языком, которым оно стирает листья. Процесс действительно похож на трение. Кроме растений, эти моллюски могут даже поедать мелких животных, таких как планктон, мелкие рачки [2, с. 113].

В водных экосистемах, где проводились исследования, живородка была собрана не только с водных растений, коряг и камней, но, также большое количество особей было отобрано в донных отложениях водоемов, что говорит о возможности поступления тяжелых металлов в организм моллюсков данного вида, не только из растений и воды водоемов, но и из органических фракций донных отложений.

Прудовик в отличие от живородки в большей степени для питания использует водные растения.

Поступление меди в окружающую среду связано с антропогенными факторами: производством цветных металлов, сжиганием древесины, производством стали и железа. Природным источником соединений исследуемого металла является природная пыль. Также источником металла являются удобрения [3, с. 90], которые с током грунтовых вод могут попадать в водные экосистемы. В городе Гомеле нет крупных предприятий, выбрасывающих значительное количество соединений меди в окружающую среду.

Соединения меди для пресноводных моллюсков являются токсичным элементом, более 50 % организмов, в которых содержание токсиканта находится в пределах 0,006–225 мг/л, погибают. Токсичность меди в пресных водоемах показывает относительное содержание свободных ионов металла. Однако в пределах ПДК медь является эссенциальным элементом т. к. данный элемент входит в состав крови, многих ферментов, а также белков. Медь является важным элементом в реализации гуморального иммунного ответа [4, с. 171].

Сравнительный анализ содержания меди в 2010 г. и 2019 г. показал значительное снижение содержания соединений металла в мягких тканях изучаемых видов, а именно: в 2019 г. для живородки снижение составило 8,3 раза, для прудовика – 6,9 раз.

В литературе известны факты, когда донные отложения могут становиться источниками вторичного загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами [5, с. 264]. Донные отложения играют двоякую роль. С одной стороны, они являются депонирующей

средой не только в водоемах, но и в водотоках с малыми течениями и высокой меандрированностью русла, и выполняют роль индикатора загрязненности речной воды. С другой – при определенных условиях (взмучивании воды, резких изменениях гидрометеорологических условий и др.) служат источником вторичного ее загрязнения [5, с. 266]. В донных отложениях изучаемых водоемов накапливается большое количество соединений тяжелых металлов, которые могут переходить в биологически доступные формы, а далее поступать в ткани биологических объектов, конечным звеном которых является организм человека.



Рисунок 1 – Содержание меди в мягких тканях моллюсков в водоемах города Гомеля и прилегающих территорий (мг/кг сухого вещества)

В 2021 г. в летний период отбора проб (июль–август) в связи с изменением климатических условий (снижение температуры, снижение количества осадков и др.) уровень содержания воды в водоемах снизился на метр и более [6]. Следовательно, в придонных слоях воды увеличилась температура, увеличилось обогащение кислородом, что вызвало переход многих загрязнителей, содержащихся в донных отложениях, в биологически доступные формы. Содержание меди в донных отложениях изучаемых водоемов снизилось в 1,5–2,0 раза. Можно предположить, что соединения металла переходят в биологически активные формы.

В период с 2019 г. по 2021 г. единой динамики в содержании меди в тканях живородки и прудовика не наблюдалось. В мягких тканях живородки концентрация металла однонаправленно увеличивалась, тогда как в тканях прудовика содержание меди в 2020 г. снизилось по сравнению с 2019 г., а в 2021 г. количество соединений металла практически не изменилось. Данный факт подтверждает различные пути поступления как питательных веществ, так и токсикантов в организм и ткани различных видов моллюсков. Кроме того, это указывает на различную доступность одних и тех же соединений меди для разных видов брюхоногих моллюсков в одних и тех же водоемах.

Учитывая низкий уровень содержания соединений меди в тканях прудовика в данный период исследований и отсутствие повышения содержания металла в 2021 г., можно предположить низкую способность особей данного вида поглощать соединения меди из абиотических компонентов водных экосистем. Малые концентрации соединений меди в мягких тканях прудовика могут быть также связаны с работой механизма блокировки поступления металлов в живые организмы. По этой причине прудовик менее интересен для мониторинга загрязнения водных экосистем соединениями меди.

В тканях живородки содержание соединений меди, как было сказано выше, в период 2019–2021 гг. увеличивается. Отмечено, что в 2021 г. содержание элемента превышает содержание, определенное в 2020 г. в 2,0 раза. Увеличение содержания меди на протяжении 2019–2021 гг. свидетельствует не только о наличии доступных форм металла в донных отложениях водоемов, но и о возможности поступления металла с поверхностным стоком в водные экосистемы. Несмотря на то, что изучаемые водоемы не принимают сточных вод предприятий, в почвах водосборных территорий может содержаться значительное количество токсикантов, которые накапливались в течение длительного времени и вымываются дождевыми и талыми водами, поступают в водные экосистемы.

**Заключение.** Донные отложения водоемов и почвы прилегающих территорий к водным экосистемам могут являться источниками вторичного загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами. Снижение содержания соединений меди в мягких тканях брюхоногих моллюсков в 2019 г. в сравнении с 2010 г. свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на водные экосистемы. Это является результатом природоохранной политики, проводимой в Республике Беларусь. Для мониторинга содержания доступных форм меди в абиотических компонентах водных экосистем можно использовать живородку речную. Увеличение содержания токсиканта в мягких тканях живородки свидетельствует о вторичном загрязнении водных экосистем, когда тяжелые металлы переходят в донных отложениях в доступные для биологических объектов формы.

### Литература

1 Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. – 240 с.

2 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.

3 Дабахов, М. В. Экотоксикология и проблемы нормирования / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Новгород : ВВАГС, 2005. – 165 с.

4 Мур, Дж. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / Дж. Мур, С. Рамамурти: пер. с англ. – Москва : Мир, 1987. – 288 с.

5 Донные отложения как индикатор первичного и источник вторичного загрязнения речных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса / В. Е. Закруткин [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2020. – № 84 (2). – С. 259–271.

6 Уровень и температура воды в р. Сож по гидропосту г. Гомель сегодня [Электронный ресурс] / AllRivers Уровень воды онлайн. – Гомель, 2019. – Режим доступа : <https://allrivers.info>. – Дата доступа : 31.07.2021.

УДК 543.068.8:631.465

*Д. М. Емельянов*

### ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРЕАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ

*В статье рассмотрена возможность экспресс-диагностики уреазной активности почв по методу Т. В. Аристовской и М. В. Чугуновой. Данный метод основан на фиксации*