



УДК: 546.56:594.3:556.5(476.2-21Гомель)

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ МЕДИ В МЯГКИХ ТКАНЯХ
БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В ВОДОЕМАХ Г. ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ
ТЕРРИТОРИЙ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)**

**Макаренко Татьяна Викторовна¹, Патапова Анастасия Дмитриевна¹,
Пырх Ольга Викторовна¹,
Макаренко Андрей Игоревич²**

¹ Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,

² Гомельский государственный медицинский университет,
Гомель, Республика Беларусь

Аннотация: *Содержание меди в тканях прудовика изменялось в пределах от 0,19 до 22,66 мг/кг сухой массы, в тканях живородки от 9,35 до 36,01 мг/кг сухой массы. В процессе исследований определено фоновое содержание меди для мягких тканей прудовика – 2,08 мг/кг, для живородки – 8,33 мг/кг. Отмечено превышение фоновой величины в 2022 г. для тканей прудовика практически во всех изучаемых водных экосистемах в 1,17-10,89 раза, для живородки – в 1,57-4,32 раза. Причиной увеличения содержания металлов в мягких тканях моллюсков, изучаемых видов, явилось поступление большого количества паводковых вод, вымывающих загрязнители с почвенных экосистем, в водные экосистемы.*

Ключевые слова: *тяжелые металлы, живородка речная, прудовик обыкновенный, брюхоногие моллюски, медь, донные отложения, биоаккумуляция.*

В моллюсках, по сравнению с другими гидробионтами, отмечается наибольшее накопление большинства тяжелых металлов. Моллюски как бентосные организмы обладают повышенной восприимчивостью к загрязнению водных экосистем и, прежде всего, донных отложений. Биоаккумуляция тяжелых металлов характеризуется видовой и даже органной специфичностью, что связано с существенными различиями в обменных процессах даже у представителей одного и того же рода гидробионтов [1]. Тяжелые металлы играют важную роль в жизнедеятельности многих организмов, так как большинство из них входят в перечень макро- и микроэлементов, являются составными элементами множества белков, нуклеиновых кислот, могут являться катализаторами химических реакций организма и др. Однако чрезмерные их концентрации пагубно влияют на жизнь гидробионтов, что можно подтвердить ухудшением жизнедеятельности организма или его смертью [2].

Цель работы - изучение динамики содержания меди в мягких тканях прудовика обыкновенного и живородки речной в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий, имеющих разный уровень антропогенной нагрузки.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования были выбраны 2 вида пресноводных моллюсков: Тип Моллюски – *Mollusca*; Класс Брюхоногие – *Gastropoda*; Семейство Прудовики – *Lymnaeidae*; Вид – Прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis* L.); Подкласс Переднежаберные улитки – *Prosobranchia*; Семейство Живородки – *Viviparidae*; Вид – Живородка речная (*Viviparus viviparus* L.). Вышеперечисленные виды моллюсков являются массовыми и встречаются в каждом водоеме исследования.

Отбор проб производился в летний период 2021–2022 гг. Пробы моллюсков отбирали методом ручного сбора по стандартной методике [3]. Мягкие ткани отделяли от раковин и использовали для анализа.

Количественное определение содержания меди в отобранных образцах брюхоногих моллюсков проводили на базе Государственного научного учреждения «Институт



радиобиологии НАН Беларуси» на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой с пробоподготовкой образцов в системе микроволнового вскрытия [4].

Результаты исследований. В тканях живородки отмечено увеличение концентрации соединений меди во всех водных экосистемах в 2022 г. в сравнении с 2021 г., в то время как в тканях прудовика, отобранного в старице р. Сож, содержание данного металла снизилось в 1,30 раза, а в оз. Любенское практически не изменилось (таблица 1).

В старичном комплексе р. Сож незначительные превышения фонового содержания меди установлены как для прудовика, так и для живородки. Однако в тканях прудовика отмечено снижение содержания металла в 1,30 раза в сравнении с 2021 годом, а живородки – увеличение в 1,40 раза, тогда как в донных отложениях концентрация меди в 2022 г. снизилась. Такое разнонаправленное изменение содержания токсиканта характерно только для старичного комплекса р. Сож и объясняется следующими причинами: различная доступность соединений меди в компонентах водоема для разных видов моллюсков, различной работой механизма блокировки со стороны живородки и прудовика за поступлением токсикантов в организм. В донных отложениях изучаемых водных экосистем содержание меди также увеличилось в среднем в 1,20-4,30 раза. По нашим предположениям, увеличение содержания соединений тяжелого металла в компонентах водных экосистем не является результатом загрязнения окружающей среды газопылевыми выбросами промышленных предприятий г. Гомеля и Гомельского района. Вероятнее всего, факт увеличения загрязнителей, в том числе и соединений меди, в водных экосистемах является следствием вымывания паводковыми водами токсикантов, находящихся в почвах, прилегающих к водоемам. В 2022 г. объем паводковых вод, поступивших в водоемы г. Гомеля и р. Сож, был значительно больше величины, отмеченной в 2021 г. Длительное время почвы городской и прилегающих к городу территорий накапливали загрязнители, которые поверхностные стоки вымывали из почвенных экосистем в водоемы и р. Сож. Данный факт подтверждает значительное содержание соединений меди в почвенных экосистемах водосборной территории практически для всех изучаемых водоемов. Снижение содержания металла в мягких тканях прудовика в старичном комплексе р. Сож при одновременном увеличении концентрации меди в тканях живородки этого же водоема в очередной раз подчеркивает более совершенную работу механизма блокировки поступления токсикантов в ткани у особой прудовика в сравнении с живородкой. В тканях живородки увеличение содержания меди в 2022 г. в сравнении с 2021 г. составило 1,10-1,72 раза, причем максимальное изменение характерно для участка реки ниже черты города. Незначительное, но одинаковое изменение содержание металла у особой данного вида (в среднем в 1,11 раза) характерно для водоемов с различной антропогенной нагрузкой: оз. Володькино (выше черты города), оз. Дедно (контакт с водоемом, принимающим стоки предприятий) и оз. Любенское (стоки с территории микрорайона «Любенский», где расположен частный сектор). Отмечено увеличение содержания меди в тканях прудовика в 2022 г. в 1,26-13,13 раза. Самые значительные изменения установлены для особой, отловленной в оз. Шапор, которое принимает поверхностный сток с территорий таких предприятий как ОАО «Гомельдрев», ОАО «Гомельобой» и ЧПУП «Фанерно-спичечный комбинат». Как известно, для обработки древесины используются противогрибковые препараты, содержащие медь. Также следует указать, что в водоем поступает поверхностный сток с близлежащих огородов частного сектора, где могут использоваться соединения меди в качестве удобрений. Для живородки в оз. Шапор не отмечено столь значительного увеличения концентрации металла в мягких тканях, что подчеркивает различную доступность металла для особой разных видов в абиотических компонентах водоема, а также различные пути поступления токсикантов в ткани. У прудовика увеличение содержания токсиканта в 2,30-3,66 раза характерно для участка р. Сож ниже черты города, в озерах Малое и Круглое. Вышеперечисленные



водоемы подвергаются значительной антропогенной нагрузке. В оз. Малое поступают ливневые канализации, собирающие поверхностные стоки троллейбусного парка, а также долгое время поступали стоки коптильного цеха, где используются соединения меди для обработки продукции. Оз. Круглое находится в непосредственной близости от предприятия “Красная гвоздика”, которое выращивает цветочную продукцию для всего города и использует препараты и удобрения, содержащие медь. Для остальных водных экосистем увеличение концентрации меди составило 1,27-1,71 раза.

Максимальное содержание металла как в 2021, так и в 2022 годах отмечено в тканях живородки в оз. Дедно и на участке реки парковой зоны. Следует отметить, что близкое по значению содержание ионов меди в 2022 г. характерно для водоемов с различным характером антропогенной нагрузки: участок р. Сож выше черты города, оз. Шапор и оз. Любенское. Концентрация металла в мягких тканях живородки в названных водоемах находится пределах от 20,82 мг/кг до 21,88 мг/кг. Вероятнее всего ионы меди в вышеперечисленных водных экосистемах поступили с поверхностным стоком, идущим с огородов частного сектора, которые располагаются как на участке реки выше черты города, так и вдоль берегов оз. Любенское и оз. Шапор. Минимум содержания металла в тканях живородки отмечено в водоемах с невысокой антропогенной нагрузкой – оз. Володькино и старица реки Сож. Незначительное содержание соединений меди отмечено у особей, отобранных на участке реки ниже черты города, что может объясняться контролем за поступление токсикантов в организм, так называемым «механизмом блокировки».

Таблица 1 - Содержание меди в мягких тканях прудовика и живородки водоемов города Гомеля

Водоемы	Прудовик			Живородка		
	2021 г.	2022 г.	Фон	2021 г.	2022 г.	Фон
Старица р. Сож	3,181	2,44	2,08	9,353	13,09	8,33
Оз.Володькино	1,198	1,52		17,859	19,94	
Р. Сож выше черты города	2,173	3,41		18,648	21,88	
Р. Сож парковая зона (центр города)	2,414	4,11		18,188	25,47	
Р. Сож ниже черты города	1,127	3,12		10,612	18,23	
Оз. Дедно	2,542	3,21		32,931	36,01	
Оз. Шапор	1,606	21,08		16,192	21,54	
У-образное	1,017	22,66		38,675	-	
Оз. Малое	2,113	4,86		-	-	
Оз. Круглое	0,197	16,18		-	-	
Оз.Любенское	0,626	3,92	18,648	20,82		

Высокий уровень содержания соединений меди отмечен в тканях живородки и прудовика, отобранных в разных водоемах. Для живородки – оз. Дедно и участки р. Сож выше черты города и в парковой зоне; для прудовика – озера У-образное, Шапор и Круглое. Все вышеперечисленные водоемы испытывают значительную антропогенную нагрузку, за исключением участка р. Сож выше черты города.

Низкие значения концентрации ионов меди отмечены как у прудовика, так и у живородки, отобранных в старице р. Сож, в оз. Володькино и на участке р. Сож ниже черты г. Гомеля. Старица р. Сож и оз. Володькино не испытывают значительной антропогенной нагрузки, в то же время на участок р. Сож ниже черты города поступают стоки со всей территории города и собирается вода со всех водоемов, имеющих контакт с р. Сож. Низкое



содержание ионов меди у особей обоих видов свидетельствует об активной работе механизма блокировки поступления токсикантов в ткани при значительном содержании их в абиотических компонентах водоема.

Превышение фонового содержания меди для мягких тканей живородки характерно для всех изученных водных экосистем в 1,57-4,32 раза. Максимальное превышение, составляющее 3,05 и 4,32 раза, характерно для парковой зоны и оз. Дедно соответственно. Незначительное превышение фона отмечено для живородок старичного комплекса р. Сож (в 1,57 раза). В остальных водных экосистемах превышение фона составляло 2,18-2,62 раза.

Только в мягких тканях прудовика, отобранного в оз. Володькино, содержание меди не превышало фонового значения, в остальных водных экосистемах превышение составило 1,17-10,89 раза, причем максимум превышения 7,77-10,89 раза установлен для озер с высокой антропогенной нагрузкой (Круглое, У-образное и Шапор). Для оз. Малое установлено превышение фона в 2,34 раза. Минимальное превышение фона в 1,17 раза отмечено для старичного комплекса р. Сож. В оз. остальных водоемах превышение составляло 1,50-1,88 раза

Заключение. Увеличение содержания соединений меди в мягких тканях изучаемых брюхоногих моллюсков связано не с увеличением антропогенной нагрузки на водные экосистемы, а с поступлением загрязнителей в водные экосистемы с поверхностным стоком, идущим в водоемы. Высокий уровень содержания меди в мягких тканях прудовика и живородки отмечен в разных водоемах, что может быть следствием различной биологической доступности соединений металла для особей разных видов в абиотических компонентах водных экосистем, различными путями поступления токсикантов в ткани моллюсков, различной работы «механизма блокировки» поступления токсических веществ в организм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- 1 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.
- 2 Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*) в природных водоемах Восточной Азии / В. В. Богатов [и др.] // Вестник ДВО РАН. – 2018. – № 2 – С. 4–9 .
- 3 Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с
- 4 Физико-химические методы анализа. Практическое руководство: Учебное пособие под редакцией В. Б. Алесковского. – Л.: Химия, – 1998. – 376 с.