

Т. В. Макаренко

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ВАНАДИЯ МОЛЛЮСКАМИ, ОБИТАЮЩИМИ В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ Г. ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Анализ содержания ванадия в мягких тканях моллюсков, обитающих в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий, показал, что особенно высокой концентрацией металла в мягких тканях характеризуется живородка. Наиболее активными концентраторами металла являются брюхоногие моллюски: живородка, катушка и, в меньшей степени, прудовик. Полученные результаты отражают весьма неоднозначный характер распределения ванадия в тканях всех видов моллюсков обследованных водоемов. Отсутствует четко выраженная тенденция максимальной загрязненности тканей моллюсков изучаемых видов в каком-либо одном водоеме.

Для целей мониторинга загрязнения водных экосистем ванадием по абсолютному содержанию и величине K_H по донным отложениям предпочтительнее использовать живородку и катушку.

- **Ключевые слова:** *ванадий, брюхоногие и двустворчатые моллюски, донные отложения, коэффициент накопления.*

Введение

Содержание и степень накопления химических элементов в гидробионтах определяется не только геохимическим составом среды обитания и биологической природой организмов, но и биогеохимическими пищевыми цепями миграции элементов в животные организмы [1]. Принимая во внимание вышесказанное, особое внимание уделяется вопросам биологической доступности тяжелых металлов для гидробионтов с учетом условий среды, а также особенностей конкретных водоемов [2].

Материалы и методы

Исследования проводились в течение 2000–2011 гг. Для отлова моллюсков использовали дночерпатель и применяли ручной сбор. Мягкие ткани отделяли от раковин и далее анализировали отдельно. В сушильном шкафу при температуре 105 °С их доводим до постоянной массы, затем подвергали сухому озолению в муфельной печи [3]. Содержание тяжелых металлов в животных образцах определялось атомно-эмиссионным спектральным методом [4, 5] на спектрофотометре PGS-2 в лаборатории физико-химического анализа Института геохимии и геофизики НАН Беларуси. Для исследования выбраны следующие виды моллюсков из класса брюхоногих (Gastropoda): прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis* L.), живородка речная (*Viviparus viviparus* L.), катушка окаймленная (*Planorbis planorbis* L.); из класса двустворчатых (Bivalvia): беззубка обыкновенная (*Anodonta cygnea* L.), перловица обыкновенная (*Unio pictorum* L.).

Обследовано 11 водоемов г. Гомеля и прилегающих к городу территорий (рис. 1). Организованные выпуски промышленных и хозяйственно-бытовых стоков на момент исследования производились только в оз. Шапор (ОАО «Гомельдрев» и «Гомельобой») и оз. Дедно (Прудковский и Хатаевичский коллекторы, принимающие стоки нескольких автопредприятий, фабрики «Спартак», речного порта и др.). Оз. Володькино принимает воду р. Ипуть, в которую выше по течению поступают стоки предприятий г. Добруш. На участке реки выше города по течению вдоль берега располагается большое количество дачных участков, огороды которых, в отдельных случаях, подходят близко к обрывистому берегу, и река загрязняется поверхностным стоком с огородов, сточными водами станции обезжелезивания и атмосферными выпадениями.

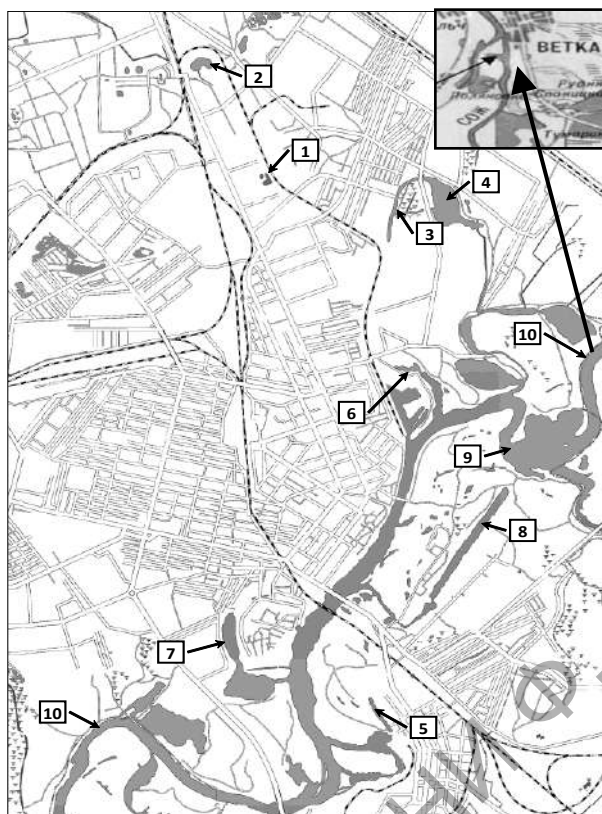


Рис. 1. Схема расположения водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий:
 1) оз. Малое; 2) Круглое; 3) У-образное; 4) Волотовское; 5) Шапор; 6) Дедно;
 7) оз. Любенское; 8) Гребной канал; 9) оз. Володькино; 10) р. Сож

Участок реки, располагающийся ниже города, не принимает очищенные стоки Гомельской станции аэрации и загрязняется только поверхностным стоком города, стоком с огородов частного сектора и атмосферными выпадениями.

Оз. Малое, Круглое, У-образное и Волотовское находятся в зоне влияния выбросов в атмосферу предприятий Северного промузла. Оз. Малое расположено рядом с территорией троллейбусного парка № 1, вдоль берега проходит железная дорога и оживленная автомагистраль. На другом берегу оз. Малое располагается несанкционированная свалка. Вдоль береговой линии водоемов У-образное и Волотовское расположены крупные городские автомагистрали и остановки городского транспорта. На берегу оз. У-образное находится несанкционированная свалка, располагающаяся рядом с рынком «Прудковский». На отдельных участках берегов Гребного канала, практически к урезу воды, подходят огороды частного сектора и подворья жителей д. Якубовка. Такая же ситуация наблюдается и у оз. Любенское с той лишь разницей, что вдоль берега последнего расположен частный сектор 5-го мкр-н г. Гомеля и идут автомагистрали города.

В настоящей работе для выбора фонового водоема была применена процедура выделения эталонных створов в соответствии с положениями Европейской Рамочной Водной директивы [6]. Ее суть заключается в сравнительном анализе параметров состояния конкретной водной экосистемы по отношению к таковым в зоне предполагаемого эталонного створа. Старичный комплекс у д. Поляновка Ветковского р-на (на 15 км выше города по течению) был предположительно выбран в качестве локального (местного) фонового водоема с наименьшим загрязнением. Сравнительный анализ содержания металлов в его компонентах проведен с данными, полученными для остальных изученных водоемов. Средние значения величин сравнения, в основном, оказались выше единицы. Следовательно, в качестве фонового водоема можно выбрать старичный комплекс у д. Поляновка Ветковского р-на (в таблицах обозначен как фоновый водоем).

Донные отложения отбирались в летнюю межень (июль–август) с использованием дночерпателя Боруцкого и Петерсена [4, 5]. Каждый образец составлялся из 5 частных проб с однородного участка. Отобранные в полиэтиленовые емкости образцы в дальнейшем высушивались до воздушно-сухого состояния. Ситовым методом выделялась для исследования фракция менее 1 мм, и пробы озолялись при 450 °С [4, 5].

В качестве параметра миграции химических токсикантов, в т. ч. и тяжелых металлов, в трофических звеньях животных и растительных организмов применяется коэффициент накопления (КН), представляющий собой отношение концентрации металла в ткани (органе, или целом организме) к концентрации металла в пищевом субстрате (или среде обитания) [7]:

$$K_n = \frac{\text{Концентрация элемента в организме(мг/кг)}}{\text{Концентрация элемента в субстрате(мг/кг)}}$$

В наших исследованиях в качестве исходного потенциального поставщика ванадия в организм моллюсков (субстрата) рассматривались донные отложения.

Проанализировано 292 пробы донных отложений, 417 проб мягких тканей моллюсков, 92 пробы раковин.

Результаты и их обсуждение

Микроэлементный состав тканей животных довольно разнообразен, однако для каждого микроэлемента характерен свой уровень накопления, который, в свою очередь, может зависеть от вида животного, его возраста, условий питания и физиологического состояния. Для оценки степени техногенного воздействия на водные экосистемы некоторый интерес представляет выявление животных организмов-биомониторов, обладающих избирательной аккумулялирующей способностью в отношении определенных химических элементов, в том числе и тяжелых металлов. Концентрация металла в организме, в данном случае, будет являться отражением степени биодоступности этого элемента в окружающей среде (вода, донные отложения).

На основании вышесказанного были проведены сравнительная оценка уровней накопления ванадия в некоторых видах брюхоногих и двусторчатых моллюсков и поиск видов-концентраторов. В тканях моллюсков концентрация ванадия изменяется в широких пределах: от следовых количеств до 5,1 мг/кг в зависимости от вида моллюска и его местообитания (табл. 1).

Таблица 1

Содержание ванадия в мягких тканях моллюсков и донных отложениях водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий

Водоем	Содержание, мг/кг сухой массы					
	в мягких тканях моллюсков					в донных отложениях
	Живородка	Катушка	Прудовик	Беззубка	Перловица	
оз. Малое	5,07 ± 0,51	3,69 ± 0,32	2,96 ± 0,29	н. о.	н. о.	37,07 ± 3,37
оз. Круглое	н. о.	3,66 ± 0,30	1,73 ± 0,17	н. о.	н. о.	43,30 ± 4,76
оз. Вологовское	н. о.	1,78 ± 0,15	1,27 ± 0,13	н. о.	н. о.	17,30 ± 1,37
оз. Шапор	2,10 ± 0,19	н. о.	4,15 ± 0,42	1,03 ± 0,09	1,22 ± 0,08	27,56 ± 2,36
оз. Дедно	< п. о.	н. о.	3,33 ± 0,34	1,48 ± 0,14	1,39 ± 0,15	26,77 ± 2,70
Гребной канал	3,43 ± 0,32	н. о.	4,60 ± 0,43	1,94 ± 0,19	1,35 ± 0,14	41,23 ± 4,34
оз. Любенское	< п. о.	н. о.	2,38 ± 0,20	0,80 ± 0,05	н.о.	37,99 ± 4,21
оз. Володькино	3,69 ± 0,29	3,75 ± 0,37	3,57 ± 0,33	4,17 ± 0,33	1,38 ± 0,14	23,76 ± 2,05
р. Сож (выше города)	3,30 ± 0,36	н. о.	н.о.	1,44 ± 0,11	1,27 ± 0,12	36,13 ± 3,45
р. Сож (черта города)	3,37 ± 0,33	н. о.	н.о.	2,28 ± 0,24	1,32 ± 0,12	34,52 ± 2,92
р. Сож (ниже города)	3,45 ± 0,26	н. о.	3,91 ± 0,32	3,13 ± 0,28	1,38 ± 0,12	32,90 ± 2,83
Фоновый водоем	< п. о.	< п. о.	0,97 ± 0,08	1,42 ± 0,12	2,50 ± 0,21	13,30 ± 1,23

Примечание 1: < п. о. – ниже предела чувствительности метода. Примечание 2: н. о. – особи данного вида не отловлены.

Полученные результаты отражают весьма неоднозначный характер распределения ванадия в тканях всех видов моллюсков обследованных водоемов. Отсутствует четко выраженная тен-

денция максимальной загрязненности моллюсков изучаемых видов какого-либо одного водоема. У живородки и катушки максимальный уровень загрязнения отмечается в водоемах городской и пригородной зон отдыха (оз. Малое и Володькино), у прудовика – в пригородной зоне отдыха (Гребной канал). Однако высокая концентрация металла у прудовика определена в водоемах, принимающих стоки предприятий города (оз. Шапор, Дедно и участок реки ниже города). Ткани живородки из оз. Дедно, которое принимает стоки предприятий, на протяжении всего периода исследования содержали ванадий в количествах, ниже предела чувствительности метода. Такая же картина характерна и для оз. Любенское, расположенного в городской зоне отдыха. Оз. Дедно и Любенское различаются по концентрации металла в донных отложениях, но в тканях живородки, обитающей в данных водоемах, соединения ванадия не накапливаются, что требует дальнейшего изучения. Минимальное количество металла отмечено у представителей класса брюхоногих моллюсков в фоновом водоеме.

У двустворчатых моллюсков не наблюдается столь широкого варьирования концентрации ванадия в зависимости от их места обитания, как в случае с брюхоногими моллюсками. У перловицы, в отличие от всех изучаемых видов моллюсков, максимальный уровень загрязнения определен в фоновом водоеме, что требует дальнейшего исследования. На втором месте по содержанию ванадия в тканях перловицы находится оз. Дедно, используемое для сброса стоков. Однако в оз. Шапор, также принимающем стоки, у представителей вышеупомянутого вида отмечается минимальное количество ванадия. У беззубки, как и у живородки, высокое содержание металла определено в оз. Володькино и на участке реки ниже черты города. В отличие от других видов, особи беззубки, обитающие на участке в центре города, накапливают металл до высоких уровней.

На рис. 2 по убыванию приведен ряд средних значений концентрации ванадия в мягких тканях всех изученных видов брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Исходя из представленных данных видно, что наиболее активными концентраторами ванадия являются, прежде всего, брюхоногие моллюски: живородка, катушка и, в меньшей степени, прудовик. В более незначительном количестве накапливают металл двустворчатые моллюски. Согласно полученным данным, концентрация ванадия у брюхоногих моллюсков, в целом, в 1,8 раза выше, чем у двустворчатых моллюсков. Это дает преимущество при использовании этих животных в качестве биомониторов степени загрязнения водоемов ванадием.

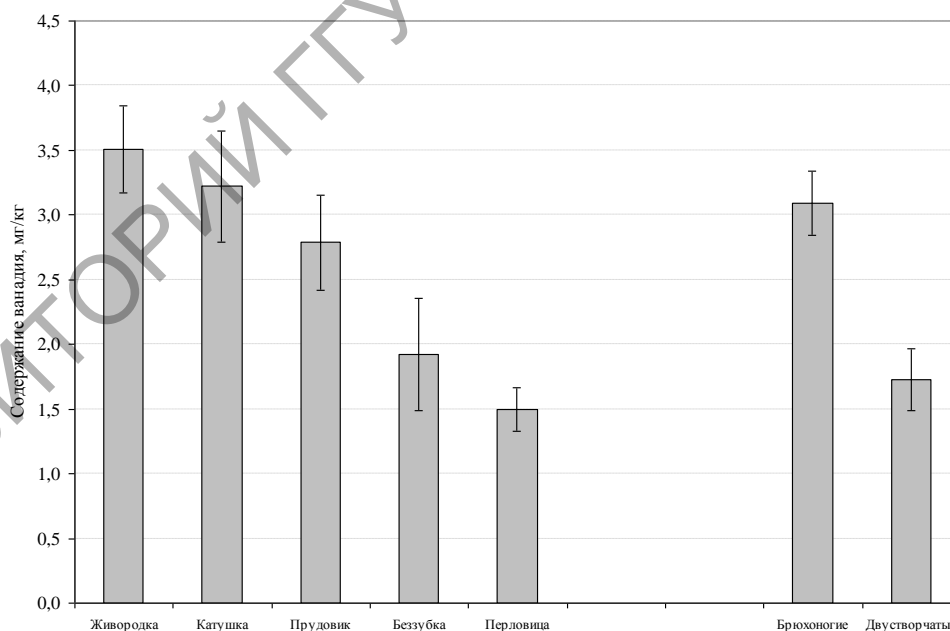


Рис. 2. Сравнительная характеристика содержания ванадия в мягких тканях брюхоногих и двустворчатых моллюсков, обитающих в водоемах и водотоках г. Гомеля и прилегающих территорий

Более высокое содержание элемента, как правило, легче детектировать методами аналитической химии. Максимальное количество металла определено у живородки, в мягких тканях которой его содержание варьируется от 2,1 до 5,1 мг/кг. Для тканей прудовика, катушки и беззубки характерен сходный интервал концентраций: 1,3–4,6 мг/кг, 1,8–3,7 мг/кг и 1,0–4,2 мг/кг соответ-

ственно. Наименьший разброс значений получен при анализе тканей перловицы: от 1,2 до 1,4 мг/кг у особей, обитающих в различных водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий.

При анализе содержания ванадия в раковинах моллюсков (табл. 2) также установлены значительные различия в количестве этого металла в зависимости от видовой принадлежности моллюсков. Максимальная концентрация ванадия определена в раковинах прудовика (6,3 мг/кг), наименьшая – в раковинах живородки (2,4 мг/кг). По данным ряда авторов, отдельные виды пресноводных брюхоногих моллюсков при достижении некоторого критического уровня содержания металлов в среде накапливают токсиканты в ноге и раковине, а в мягких тканях образуются гранулы с токсикантом, которые могут экскретироваться в окружающую среду [8].

Таблица 2

Содержание ванадия в раковинах брюхоногих и двустворчатых моллюсков, обитающих в водоемах и водотоках г. Гомеля и прилегающих территорий

Вид моллюска	Содержание ванадия, мг/кг сухой массы
Живородка	2,40 ± 0,21
Катушка	3,12 ± 0,29
Прудовик	6,29 ± 0,55
Беззубка	4,22 ± 0,37
Перловица	4,04 ± 0,38

Возможно, низкое количество ванадия в мягких тканях прудовика и высокое – в раковинах свидетельствует о достижении критического уровня содержания металла в водоемах изучаемой территории для особей данного вида и о включении в работу механизмов детоксикации металла, о котором упоминают многие исследователи [9–10]. Двустворчатые моллюски характеризуются сходными значениями концентрации ванадия в их раковинах.

При использовании живых организмов в качестве мониторов экологического состояния окружающей среды наиболее важной особенностью является способность организма быстро реагировать на изменение концентрации веществ-загрязнителей в среде обитания. Таким свойством, например, является изменение химического состава тканей организма под влиянием повышенного содержания какого-либо токсиканта в пище или субстрате. В этой связи брюхоногие моллюски из обследованных водоемов имеют существенные отличия в содержании ванадия в зависимости от их места обитания (табл. 1). Следует отметить, что далеко не во всех изучаемых водоемах обитают двустворчатые моллюски, тогда как фауна брюхоногих представлена в городских водоемах более широко. Поэтому для целей мониторинга предпочтительнее использовать представителей именно этого класса моллюсков.

В работе были рассчитаны средние значения коэффициентов накопления ванадия у исследованных видов моллюсков по донным отложениям (табл. 3). По степени доступности металла из донных отложений для моллюсков лидирует оз. Володькино, где на фоне довольно низкого абсолютного содержания ванадия в донных отложениях зафиксированы максимальные значения коэффициента накопления и у брюхоногих, и у двустворчатых моллюсков, за исключением перловицы. Высокие величины этого параметра также рассчитаны у отдельных видов из оз. Малое, Шапор и Дедно (до 0,14 для живородки). В остальных водоемах значения коэффициента накопления не превышают 0,11.

Таблица 3

Значения коэффициента накопления (K_n) ванадия для мягких тканей брюхоногих и двустворчатых моллюсков

Водоем	Коэффициент накопления ванадия						
	Живородка	Катушка	Прудовик	Беззубка	Перловица	Брюхоногие	Двустворчатые
оз. Малое	0,14	0,10	0,08	н. о.	н. о.	0,11	н. о.
оз. Круглое	н. о.	0,08	0,04	н. о.	н. о.	0,06	н. о.
оз. Волоотовское	н. о.	0,10	0,07	н. о.	н. о.	0,09	н. о.
оз. Шапор	0,08	н. о.	0,15	0,04	0,04	0,12	0,04
оз. Дедно	«←»	н. о.	0,12	0,05	0,05	0,12	0,06
Гребной канал	0,08	н. о.	0,11	0,04	0,03	0,10	0,04
оз. Любенское	«←»	н. о.	0,06	0,02	н. о.	0,06	0,02

Водоем	Коэффициент накопления ванадия						
	Живородка	Катушка	Прудовик	Беззубка	Перловица	Брюхоногие	Двустворчатые
оз. Володькино	0,16	0,16	0,15	0,18	0,06	0,14	0,12
р. Сож (выше города)	0,09	н. о.	н. о.	0,04	0,04	0,09	0,04
р. Сож (черта города)	0,10	н. о.	0,11	0,07	0,04	0,11	0,06
р. Сож (ниже города)	0,10	н. о.	н. о.	0,10	0,04	0,10	0,07
Фоновый водоем	«-»	«-»	0,07	0,11	0,19	0,07	0,15
Среднее	0,11	0,11	0,09	0,07	0,06	0,10	0,07

Примечание 1: н. о. – особи данного вида не отловлены. Примечание 2: «-» величина не рассчитывалась.

Величина коэффициента накопления, как и абсолютная концентрация, находится в зависимости от классовой принадлежности моллюсков. Наиболее высокие показатели накопления ванадия характерны для брюхоногих моллюсков. У представителей этого класса коэффициент накопления ванадия, в среднем, в 1,5 раз выше, чем у двустворчатых моллюсков. Хотя в отдельных случаях получены противоречивые данные: высокие значения коэффициента накопления рассчитаны для перловицы из контрольного водоема вне черты города.

По абсолютному содержанию и величине коэффициента накопления K_n водоемы были расположены в ряды, представленные в табл. 4. У живородки и катушки ряды, составленные по абсолютному содержанию ванадия и величине коэффициента накопления, отличаются незначительно. Это говорит о том, что металл в изучаемых водоемах находится, в основном, в доступной форме для представителей данных видов. Для остальных видов сходства в рядах водоемов не выявлено. Отсутствие сходства в рядах водоемов, построенных по величине коэффициента накопления для разных видов моллюсков, подтверждает разную доступность соединений ванадия в донных отложениях для изучаемых видов.

Таблица 4

Распределение изучаемых водоемов и водотоков по содержанию тяжелых металлов в тканях моллюсков

Показатель	Водоемы
Живородка	
I	оз. Малое > оз. Володькино > р. Сож (ниже города) > Гребной канал > р. Сож (черта города) > р. Сож (выше города) > оз. Шапор > оз. Дедно > оз. Любенское > Фоновый водоем
II	оз. Володькино > оз. Малое > р. Сож (ниже города) ≈ р. Сож (черта города) > р. Сож (выше города) > Гребной канал ≈ оз. Шапор
Катушка	
I	оз. Володькино > оз. Малое ≈ оз. Круглое > оз. Волотовское > Фоновый водоем
II	оз. Володькино > оз. Малое ≈ оз. Волотовское > оз. Круглое
Прудовик	
I	Гребной канал > оз. Шапор > р. Сож (ниже города) > оз. Володькино > оз. Дедно > оз. Малое > оз. Любенское > оз. Круглое > оз. Волотовское > Фоновый водоем
II	оз. Шапор > оз. Володькино > оз. Дедно > р. Сож (ниже города) > Гребной канал > оз. Малое > оз. Волотовское > Фоновый водоем > оз. Любенское > оз. Круглое
Беззубка	
I	оз. Володькино > р. Сож (ниже города) > р. Сож (черта города) > Гребной канал > оз. Дедно > р. Сож (выше города) > Фоновый водоем > оз. Шапор > оз. Любенское
II	оз. Володькино > Фоновый водоем > р. Сож (ниже города) > р. Сож (черта города) > оз. Дедно > Гребной канал > оз. Шапор ≈ р. Сож (выше города) > оз. Любенское
Перловица	
I	Фоновый водоем > оз. Дедно > оз. Володькино ≈ р. Сож (ниже города) > Гребной канал > р. Сож (черта города) > р. Сож (выше города) > оз. Шапор
II	Фоновый водоем > оз. Володькино > оз. Дедно > оз. Шапор ≈ р. Сож (черта города) ≈ р. Сож (ниже города) ≈ р. Сож (выше города) > Гребной канал

Примечание 1: I – ряды по абсолютной концентрации. Примечание 2: II – ряды по величине K_n .

Стоит отметить высокую биологическую доступность металла в отложениях фонового водоема для отдельных видов моллюсков: при минимальном содержании в донных отложениях

соединения ванадия активно накапливались в тканях двустворчатых моллюсков. Согласно литературным данным, в диапазоне малых концентраций химических элементов в субстрате живые организмы поглощают все доступные для них формы соединений. При больших содержаниях металлов в абиотических компонентах у организмов наблюдается насыщение химическим элементом, при котором его концентрация может оставаться на определенном уровне или даже снижаться при дальнейшем увеличении количества элементов в почве, донных отложениях и других субстратах [11, 12]. По результатам К. М. Ягера и Х. В. Харри [12], в печени отравленных медью пресноводных моллюсков *Taphius glabratus* концентрация вещества была ниже, чем у интактных. Возможно, при низком уровне загрязнения донных отложений фонового водоема двустворчатые моллюски поглощали все доступные формы соединений ванадия, что и явилось причиной повышенного количества элемента в мягких тканях особей данного класса.

В оз. Круглое, донные отложения которого содержат максимальное количество ванадия, отмечены минимальные значения коэффициента накопления K_H для обитающих в озере моллюсков. На втором месте по загрязнению металлом отложений дна располагается Гребной канал, но у моллюсков отмечены, в основном, низкие величины коэффициента K_H (исключение прудовик). Активно накапливается металл у брюхоногих моллюсков из оз. Малое, где определено высокое количество ванадия в донных отложениях. Это может быть следствием как высокой доступности металла в отложениях дна, так и срывом работы механизма блокировки поступления поллютантов в живые организмы при превышении порога токсичности загрязнителя в окружающей среде. Однако данный вопрос малоизучен и для пресноводных, и для морских моллюсков. В донных отложениях р. Сож на разных участках отмечены незначительные различия в количестве ванадия, и, как следствие, значения коэффициента накопления металла имеют у изучаемых видов близкие значения, за исключением беззубки.

Заключение

Анализ содержания ванадия в мягких тканях моллюсков, обитающих в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий, показал, что наиболее высокой концентрацией металла в мягких тканях характеризуется живородка, у которой его содержание варьируется от следовых количеств до 5,1 мг/кг. В отношении двустворчатых моллюсков водоемов изучаемой территории не наблюдается столь широкого варьирования концентрации ванадия в зависимости от их места обитания, как в случае с брюхоногими моллюсками. Наиболее активными концентраторами ванадия являются брюхоногие моллюски: живородка, катушка и, в меньшей степени, прудовик. Количество изучаемого элемента в мягких тканях брюхоногих моллюсков, в среднем, в 1,8 раза выше, чем у двустворчатых моллюсков. Величина коэффициента накопления у брюхоногих моллюсков, в среднем, в 1,5 раза выше, чем у представителей класса двустворчатых.

Полученные результаты отражают весьма неоднозначный характер распределения ванадия в тканях всех видов моллюсков обследованных водоемов. Отсутствует четко выраженная тенденция максимальной загрязненности тканей моллюсков изучаемых видов какого-либо одного водоема. Высокое содержание ванадия в мягких тканях отмечено у особей, обитающих в оз. Володькино – водоеме пригородной зоны отдыха. Наименьшее количество металла наблюдается у брюхоногих моллюсков из фонового водоема, где двустворчатые моллюски накапливали металл до высоких уровней. Возможно, данный факт связан с различной работой механизма блокировки поступления загрязнителей в организм изучаемых видов.

Отсутствие сходства в рядах водоемов, построенных по величине коэффициента накопления для разных видов моллюсков, подтверждает разную доступность соединений ванадия в донных отложениях для изучаемых видов. По степени доступности соединений ванадия в донных отложениях для живых организмов выделяется оз. Володькино, где на фоне довольно низкого содержания металла в донных отложениях зафиксированы максимальные значения коэффициента накопления (0,16–0,18) у изучаемых видов моллюсков. Также высокие величины этого параметра рассчитаны для отдельных видов из оз. Малое, Шапор и Дедно.

На основании полученных данных по абсолютному содержанию ванадия можно сделать вывод о том, что брюхоногие моллюски значительно чувствительнее к биологически доступным формам ванадия в среде обитания, чем двустворчатые. Сопоставление величины коэффициента накопления металла в мягких тканях моллюсков, относительно его содержания в донных отложениях, показало, что наиболее активно металл накапливается у брюхоногих моллюсков. Поэтому для целей мониторинга предпочтительнее использовать представителей этого класса моллюсков. При изучении загрязнения водных экосистем ванадием целесообразно использовать

мягкие ткани, которые более адекватно, чем раковины, отражают наличие загрязнителей в окружающей среде.

Список литературы

1. Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
2. Киричук, Г. Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме двустворчатых моллюсков / Г. Е. Киричук // Гидробиол. журнал. – 2003. – Т. 39, № 3. – С. 45–55.
3. Ветров, В. А. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал / В. А. Ветров, А. И. Кузнецова. – Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1997. – 234 с.
4. Никаноров, А. М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 311 с.
5. Савченко, В. В. Микроэлементы в илах водохранилищ р. Свислочь / В. В. Савченко // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 23, № 4. – С. 444–447.
6. Байчоров, В. М. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси / В. М. Байчоров, Г. М. Тищиков, Н. Н. Рощина. – Минск: Беларус. наука, 2006. – 118 с.
7. Саг, Ю. Е. Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение): автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: 25.00.09 / Ю. Е. Саг; ИМГРЭ. – М., 1982. – 53 с.
8. Everard, M. The transfer of lead by freshwater snails in Ullswater, Cumbria / M. Everard, P. Denny // Environ. Pollut. – 1984. – Vol. 35, No. 4. – P. 299–314.
9. Танеева, А. И. К механизму действия меди на черноморских мидий / А. И. Танеева // Экология моря. – 1986. – № 23. – С. 83–87.
10. Jeanet, A. Y. Quantitative electron probe microanalysis on Insect exposed to mercury. II. Involvement of the lisosomal system in detoxication processes / A. Y. Jeanet, Ch. Ballan-Durfancais, J. Ruste // Biol. Cellulaire. – 1980. – Vol. 39, No. 3. – P. 325–334.
11. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
12. Yager, C. M. The uptake of radioactive zinc, cadmium, and copper by the freshwater snail, *Taphius glabratus* / C. M. Yager, H. W. Harry // Malacologia. – 1964. – Vol. 1. – P. 26–37.

T. V. Makarenko

VANADIUM ACCUMULATION FEATURES IN MOLLUSKS' TISSUES OF GOMEL RESERVOIRS, CHANNELS AND ITS ADJACENT TERRITORIES

The analysis of vanadium content in the soft tissues of mollusks living in Gomel reservoirs, and its adjacent territories resulted in the highest concentration of metal in the *Viviparus viviparus* ones. Gastropoda are the most active vanadium concentrators: *Viviparus viviparus* L., *Planorbis planorbis* L. and *Limnaea stagnalis* L. in a less degree. The obtained results reflect the highly ambiguous nature of vanadium distribution in all the mollusks species' tissues of the surveyed reservoirs. There is no clear trend of a particular reservoir maximum contamination of the researched mollusks' tissues.

Using *V. viviparus* and *P. planorbis* is preferable to monitor aquatic ecosystems pollution in the absolute vanadium content and the magnitude of KH on bottom sediments.