



УДК 546.47:564. 38:556.5:627.157(476.2-21Гомель)

## ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ЦИНКА В ТКАНЯХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ ВОДОЕМОВ ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Макаренко Татьяна Викторовна**

Кандидат биологических наук, доцент

**Попичева Екатерина Александровна**

Магистрант биологического факультета ГГУ им. Ф. Скорины

**Корытко Екатерина Александровна**

Студент медико-диагностического факультета ГГМУ

Гомель, Беларусь

***Аннотация:** Статья посвящена изучению динамики накопления цинка в тканях брюхоногих моллюсков водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий. Максимальная величина коэффициента накопления соединений цинка у живородки и прудовика отмечена в 2021 г., за исключением озера Дедно и Любенское, а для прудовика еще оз. Володькино. Минимальное значение коэффициента накопления для обоих изучаемых видов моллюсков определено на участке р. Сож выше города по течению в 2020 г. Коэффициент накопления цинка в тканях прудовика ниже, чем в тканях живородки.*

***Ключевые слова:** тяжелые металлы, водные экосистемы, брюхоногие моллюски, донные отложения, коэффициент накопления.*

**Введение.** В последние десятилетия в водных экосистемах наблюдаются изменения, которые происходят под влиянием естественных факторов окружающей среды и хозяйственной деятельности человека. Для определения степени загрязненности водоемов большое значение приобретают методы биоиндикации, связанные с использованием организмов, быстро реагирующих на изменения в водных экосистемах изменением численности, интенсивности воспроизводства и некоторых других параметров. Моллюски привлекают внимание специалистов по биомониторингу доступностью для сбора, удобством препарирования и хранения, высокими коэффициентами накопления загрязняющих агентов. Моллюскам принадлежит наиболее существенная роль среди других беспозвоночных в аккумуляции тяжелых металлов как из корма, так и из водной среды или донных грунтов [1].

Наряду с анализом абсолютных значений содержания различных элементов в водных организмах, существенное значение имеет исследование относительных показателей их аккумуляции как из воды, так и из донных отложений. Показатели миграции и аккумуляции элементов в трофических звеньях чаще всего выражаются в коэффициентах накопления и дают количественное представление о способности организмов к аккумуляции, т. к. связывают концентрацию элементов в тканях с их концентрацией в воде или донных отложениях [2]. Коэффициент накопления свидетельствует о наличии факта «контроля» со стороны организма за поступлением загрязнителей в метаболически важные центры и позволяет косвенно судить о степени доступности элемента в среде обитания для живых организмов и о поведении поллютантов в системе «среда обитания – организм».

На почвенных животных показано, что концентрация элементов в организме мало коррелирует с их концентрацией в почве, но хорошо – с концентрацией в пище. Было бы более показательным использовать индекс накопления по пище. Однако для водных беспозвоночных это невозможно не только практически, но и из-за отсутствия в большинстве случаев четких различий в спектрах питания животных. Поэтому были использованы индексы накопления по отношению к донным отложениям. Коэффициент накопления  $K_n$  рассчитывался по следующей формуле:

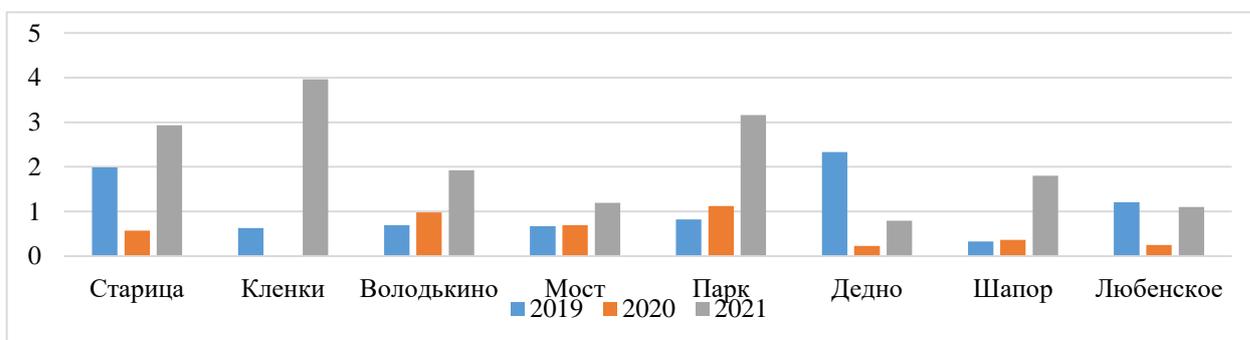
$$K_n = \frac{C_x}{C_y}$$



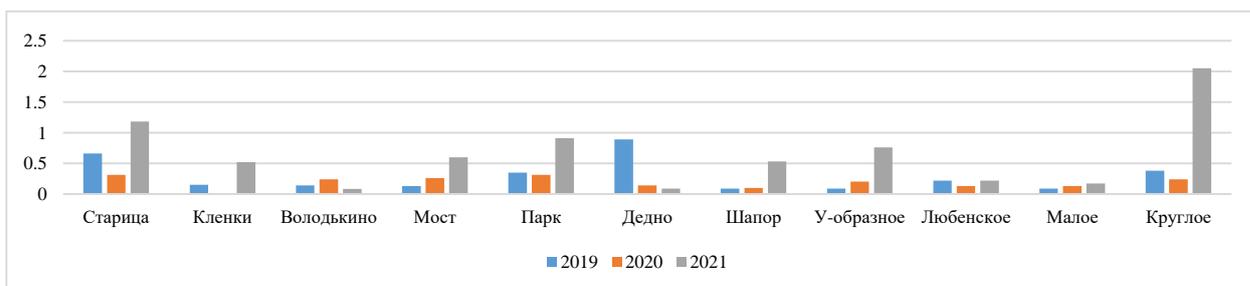
где  $K_n$  – коэффициент накопления;  $C_x$  – концентрация металла в моллюсках;  $C_y$  – концентрация металла в донных отложениях водоема.

**Материалы и методы исследования.** Для исследований, проводимых в течение 2019–2021 гг. были выбраны водоемы в черте г. Гомеля и на прилегающих территориях. Для анализа выбраны следующие виды моллюсков из класса брюхоногих (Gastropoda): прудовик обыкновенный (*Limnaea stagnalis* L.), живородка речная (*Viviparus viviparus* L.). Для отлова моллюсков использовали дночерпатель и применяли ручной сбор. Мягкие ткани отделяли от раковин, сушили, а затем озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С. Донные отложения отбирались по стандартной методике [3]. Отобранные образцы высушивались до воздушно-сухого состояния. Ситовым методом выделялась фракция менее 1 мм, затем пробы озолялись при 450 °С. Содержание органического вещества оценивалось по потерям в массе после прокаливании воздушно-сухих образцов при температуре 450 °С в течение 8 часов. Содержание цинка в золе тканей моллюсков и донных отложений определяли атомно-эмиссионным спектральным методом на спектрофотометре PGS-2 в лаборатории аналитического контроля ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси».

**Результаты и их обсуждение.** Максимальное накопление соединений цинка у живородки и прудовика отмечено в 2021 г., за исключением озер Дедно и Любенское, а для прудовика еще оз. Володькино. В озерах Дедно и Любенское коэффициент накопления металла у обоих видов моллюсков в 2021 г. был ниже либо равнялся величине, определенной в 2019 и 2020 гг. И если в оз. Дедно содержание цинка в донных отложениях значительное и низкий уровень накопления можно объяснить работой механизма блокировки, то в оз. Любенское содержание металла в донных отложениях не такое значительное, как в других водоемах, и объяснить невысокие значения коэффициента накопления в 2021 г. у моллюсков двух видов в данном водоеме, когда в других водоемах накопление выше в 2021 г., чем в 2019 г., можно только малой доступностью металла в донных отложениях. Такое же объяснение можно предложить и для прудовика в оз. Володькино.



**Рисунок 1 – Коэффициенты накопления цинка в водоемах г. Гомеля в системе «живородка – донные отложения», мг/кг**



**Рисунок 2 – Коэффициенты накопления цинка в водоемах г. Гомеля в системе «прудовик – донные отложения», мг/кг**



Для цинка в озерах Дедно и Любенское коэффициент накопления у обоих видов моллюсков в 2021 г. был ниже либо равнялся величине, определенной в 2019 и 2020 гг. И если в оз. Дедно содержание цинка в донных отложениях значительное и низкий уровень накопления можно объяснить работой механизма блокировки, то в оз. Любенское содержание металла в донных отложениях не такое значительное, как в других водоемах, и объяснить невысокие значения коэффициента накопления в 2021 г. у моллюсков двух видов в данном водоеме, когда в других водоемах накопление выше в 2021 г., чем в 2019 г., можно только малой доступностью металла в донных отложениях. Такое же объяснение можно предложить и для прудовика в оз. Володькино.

На протяжении всего периода исследований у прудовика в оз. Малое отмечено минимальное накопление цинка, что, вероятно, также является следствием недоступности металла в донных отложениях, но в большей степени работы механизма блокировки, так как в донных отложениях содержание цинка значительное. Живородка в оз. Малое в настоящий момент не обнаружена, но ранее в водоеме живородка обитала. Исчезновение данного вида из водоема требует дальнейшего исследования.

Единая динамика накопления цинка для тканей прудовика и живородки наблюдается в старичном комплексе, на участке р. Сож ниже черты города, в озерах Шапор и Любенское. Хотя в донных отложениях водоемов динамика изменения содержания цинка различается, что подтверждает факт влияния многих факторов на накопление соединений металлов в тканях моллюсков. Это и общее содержание металлов в донных отложениях и воде водоемов, и количество доступных форм металлов, и физиологическая необходимость металлов для организма моллюсков, и другие факторы. Поэтому динамика накопления металла в тканях разных видов моллюсков в одном и том же водоеме может различаться, так как каждый организм регулирует поступление данного элемента в ткани с учетом физиологической необходимости металла.

На участке р. Сож выше черты города у д. Кленки содержание металла в донных отложениях снижается за период исследования, и в тканях обоих видов моллюсков коэффициент накопления в 2020 г. снижается, в сравнении с 2019 г., но в 2021 г. возрастает, что может указывать на срыв работы механизма блокировки поступления металлов в организм.

Высокое накопление и в тканях прудовика, и в тканях живородки характерно для старичного комплекса, что указывает на высокую доступность металла в отложениях старицы.

Максимальное значение коэффициента накопления характерно для тканей живородки в 2021 г. на участке р. Сож выше черты города у д. Кленки, которое значительно выше, чем в старичном комплексе (в 1,4 раза), что говорит о большой доступности металлов в отложениях реки. Участок реки принимает поверхностный сток с огородов и дачных участков, подходящих близко к урезу воды, которые содержат удобрения и пестициды, имеющие в своем составе соединения цинка и, как указывается в литературе, что могло повлиять на накопление металлов в моллюсках данного участка реки. Как было сказано ранее, динамика накопления цинка и у живородки, и у прудовика на данном участке реки одинакова, но у прудовика в 2021 г. не отмечено максимального значения коэффициента накопления, в сравнении с другими водоемами, хотя в 2021 г. значение было выше, чем в 2019 и 2020 гг.

Подтверждением работы механизма блокировки являются низкие значения коэффициента накопления цинка на участке р. Сож ниже черты города, в сравнении с участком парковой зоны реки, где содержание металла в отложениях значительное и практически не меняется за период исследования. Накопление цинка в тканях моллюсков на участке р. Сож ниже черты города растет, что может быть следствием как поступления с поверхностным стоком доступных форм металла в реку на данном участке, которые сразу

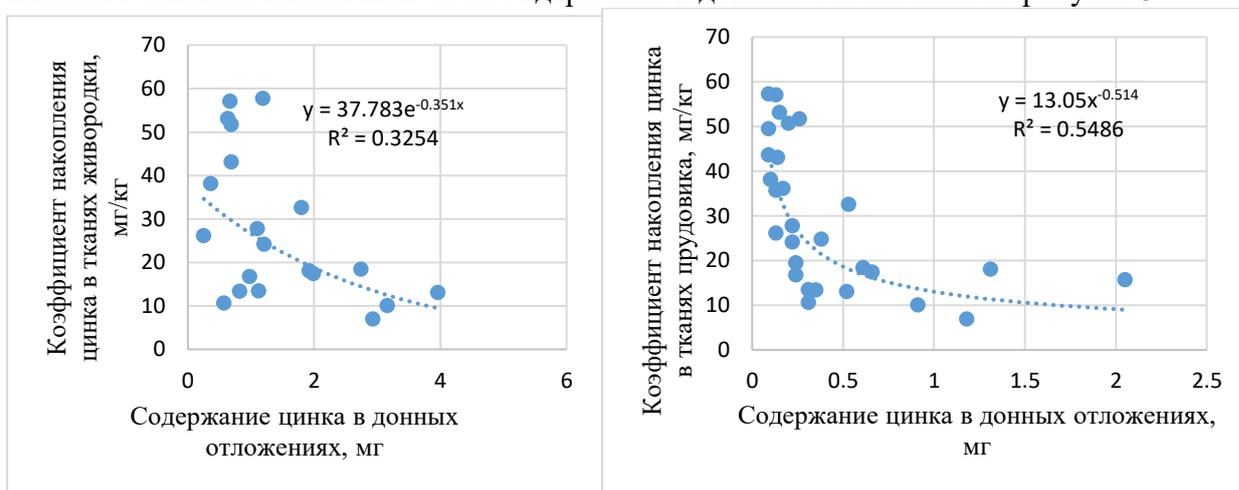


поглощаются живыми организмами, не накапливаясь в донных отложениях, так и высокой доступности металла в отложениях. В большинстве случаев для накопления цинка в тканях моллюсков и содержания в донных отложениях характерна обратная динамика, особенно для живородки.

Максимальный коэффициент накопления цинка, превышающий остальные величины в 1,7 – 25,6 раза, характерен для оз. Круглое в 2021 г., хотя водоем не испытывает такого воздействия как оз. Дедно и в донных отложениях содержание металла не такое высокое, как в других водоемах. Объяснить данный факт пока сложно.

Коэффициент накопления цинка в тканях прудовика ниже, чем в тканях живородки, что может определяться и различной физиологической потребностью металла у особей разных видов, и более высоким контролем за поступлением цинка в ткани прудовика. Механизм регулирования поступления цинка в ткани более совершенен у прудовика, чем у живородки, что делает живородку более удобным объектом для изучения загрязнения компонентов водоема соединениями цинка.

Графические и математические выражения зависимости накопления тяжелых металлов тканями моллюсков от их содержания в донных отложениях на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Зависимость величины коэффициента накопления цинка мягкими тканями брюхоногих моллюсков от содержания металла в донных отложениях**

Снижение величины коэффициента накопления металлов в тканях при увеличении содержания элементов в донных отложениях водных экосистем подтверждает наличие блокировочного механизма у зоогидробионтов.

**Заключение.** Максимальная величина накопления соединений цинка у живородки и прудовика отмечена в 2021 г., за исключением озер Дедно и Любенское, а для прудовика еще оз. Володькино. Минимальное значение коэффициента накопления для обоих видов моллюсков определено на участке р. Сож выше города по течению в 2020 г. Коэффициент накопления металла в тканях прудовика ниже, чем в тканях живородки, что определяется разной физиологической потребностью металла у особей разных видов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Макаренко, Т.В. Накопление тяжелых металлов в тканях моллюсков водоемов и водотоков Гомеля и прилегающих территорий / Т.В. Макаренко // Экологические вестник. – 2011. – № 2 (16). – С. 113–119.
2. Никаноров, А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 311 с.
3. Абакумов, В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.