

целевого назначения; селитебно-промышленная рекультивация, подразумевающая различные виды инженерного освоения территорий (промышленное, жилищное, капитальное, дачное и другие виды строительства); рекреационная и санитарно-гигиеническая рекультивация, состоящая в создании зон отдыха, парковых насаждений, консервации и озеленение отвалов. Указанные мероприятия будут способствовать восстановлению естественной среды природных ландшафтов.

Таким образом, добыча полезных ископаемых карьерным способом приводит к ряду геоэкологических проблем: загрязнению атмосферного воздуха различными поллютантами в результате взрывных работ; вскрытию водоносных горизонтов и снижение в них напоров грунтовых вод; проникновению минерализованных растворов в пресные подземные воды и их засоление; выводу из хозяйственного оборота крупных земельных участков.

### Список литературы

1. Губин, В.Н. Экология геологической среды: Учеб. пособие / В.Н. Губин [и др.]. – Мн. : БГУ, 2002. – 120 с.

### THE INFLUENCE OF OPEN-PIT MINING ON THE GEOECOLOGICAL STATE OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT

T. A. MELEZH

*Tatyana.melezh@mail.ru*  
*Francisk Skorina Gomel State University,*  
*Gomel, Belarus*

**Abstract:** *the paper considers the influence of open-pit mining on the geoecological state of the geological environment. Dangerous engineering-geological processes and phenomena that manifest themselves during the extraction of solid minerals by the quarry method have been identified. The classification of engineering-geological processes in the construction of mine workings and the classification of engineering-geological processes in the operation of mine workings is given.*

**Key words:** *geological environment, solid minerals, hazardous processes, monitoring, reclamation.*

УДК 546.48:594.381.5:627.157:556.5(476.2-21Гомель)

### ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В МЯГКИХ ТКАНЯХ ПРУДОВИКА И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОЕМОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Т. В. МАКАРЕНКО, А. Г. ПАРФЕНКОВА

*tmakarenko1968@bk.ru, N.Parfenkova@mail.ru*  
*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,*  
*г. Гомель, Беларусь*

**Аннотация.** *Для оценки доступности соединений кадмия в абиотических компонентах водных экосистем можно использовать прудовика обыкновенного, который имеет опосредованную связь с донными отложениями через водные растения. Высокое*

содержание металла в донных отложениях и мягких тканях моллюсков водоемов, не испытывающих видимой антропогенной нагрузки, требует дальнейшего более детального изучения. Низкое содержание металла в мягких тканях прудовика в водоемах с загрязненными донными отложениями может объясняться работой механизма блокировки поступления тяжелых металлов в организмы моллюсков. Высокое содержание соединений кадмия у особей прудовика, отобранных на участке р. Сож ниже административной черты г. Гомеля, свидетельствует о влиянии поверхностного стока города на экосистему р. Сож.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, гидробионты, моллюски, биосфера, донные отложения, аккумуляция, мягкие ткани.

**Введение.** Контроль по содержанию соединений металла в окружающей среде имеет важное экологическое значение. Действие тяжелых металлов проявляется на всех уровнях организации биологических систем: от молекулярно-биохимического до биоценотического. Токсическое действие металлов многозначно, так как тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами для всех живых объектов: грубо нарушают структуры коллоидных систем, подвергают денатурации белки. При незначительных концентрациях соединения тяжелых металлов связывают и блокируют активные центры ферментов [4]. Как правило, содержание соединений тяжелых металлов в воде ниже, чем в донных отложениях, что определяет их быстрый переход из растворенного состояния во взвеси, обладающие высокой сорбционной способностью. Поэтому донные отложения накапливают химические загрязнители, присутствующие в воде. В то же время накопление тяжелых металлов в донных отложениях в значениях, превышающих фоновые показатели, представляет опасность для качества состояния водных экосистем, вследствие возможного выноса микроэлементов из донных отложений в доступных для биоты формах [5]. Использование брюхоногих моллюсков в качестве биоиндикаторов подвижных форм в водных экосистемах связано с их способностью накапливать в тканях различные вещества, в том числе и тяжелые металлы. Чаще всего при биомониторинге загрязнения тяжелыми металлами водных экосистем брюхоногих моллюсков используют в качестве биоаккумуляторов, определяя непосредственно содержание тяжелых металлов в их тканях и раковинах [3]. Поэтому актуальной задачей является получение сведений о содержании металлов в воде, донных отложениях и гидробионтах.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования были выбраны донные отложения водных экосистем г. Гомеля и прилегающих территорий и представитель класса брюхоногих моллюсков – прудовик обыкновенный – *Lymnaea stagnalis* L. Прудовик обыкновенный обитает в прибрежной части постоянных (реже временных) стоячих и слаботекущих водоемов на растительности. Питается прудовик, объедая листья макрофитов и соскабливая налет водорослей, иногда поедает мелких беспозвоночных [2]. В организм гидробионтов тяжелые металлы попадают с пищей или через покровы.

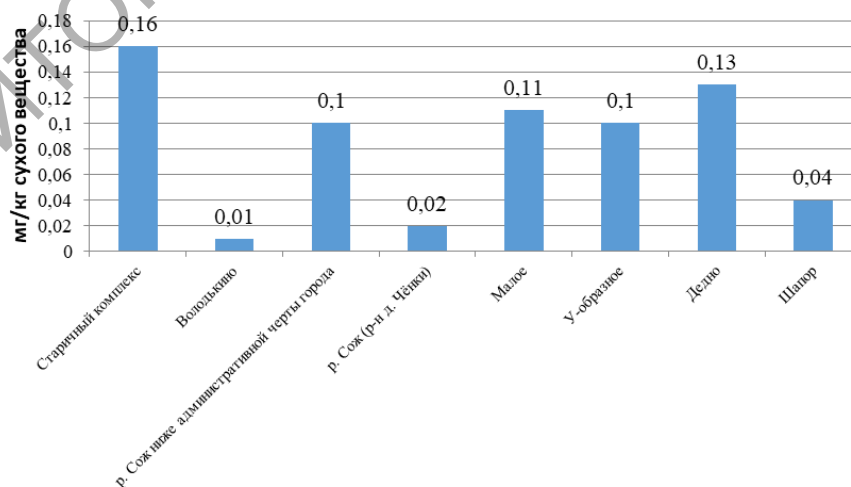
Для исследования были выбраны водные экосистемы с различной антропогенной нагрузкой: оз. Дедно, Шапор, Володькино, Малое, Волотовское, У-образное, старица р. Сож. Озеро Володькино представляет собой водоем, возникший в результате расширения коренного русла р. Сож в месте впадения в него р. Ипать. Озеро Дедно – пойменный водоем контактирует через земляную дамбу с водоемом-«отстойником», принимающим стоки некоторых предприятий города, имеет связь с коренным руслом р. Сож, находится в черте города Гомеля. Озеро Шапор является старым руслом р. Сож, в настоящее время представляющее ответвление от основного русла, находится в черте города Гомеля. Оз. У-образное принимает стоки Прудковского рынка, автостоянки и автомагистрали. Значительное влияние на водную экосистему города оказывает предприятие ОАО «Гомельский химический завод», перерабатывающий сырье, поступающее на завод с различных горнодобывающих площадок. Старичный комплекс, расположенный

выше города по течению на 10 км, загрязняется только воздушными массами Гомельской городской агломерации, а также водой р. Сож, с которой контактирует через небольшой перешеек, в большей степени в момент снеготаяния, половодий и при обильных дождях. Стоит отметить, что вокруг нет сельскохозяйственных угодий, не производится выпас скота, но, как известно, в водоемах с минимальной антропогенной нагрузкой биологически живые организмы могут накапливать токсиканты в концентрациях превышающие в загрязненной зоне [6].

Для оценки влияния поверхностных стоков с территории г. Гомеля на водную экосистему р. Сож для исследования были выбраны участки реки ниже административной черты города в р-не Гомельской объездной автомагистрали, а также значительно ниже черты города в р-не д. Ченки. Данные водоемы широко используются населением для проведения культурно-массовых мероприятий.

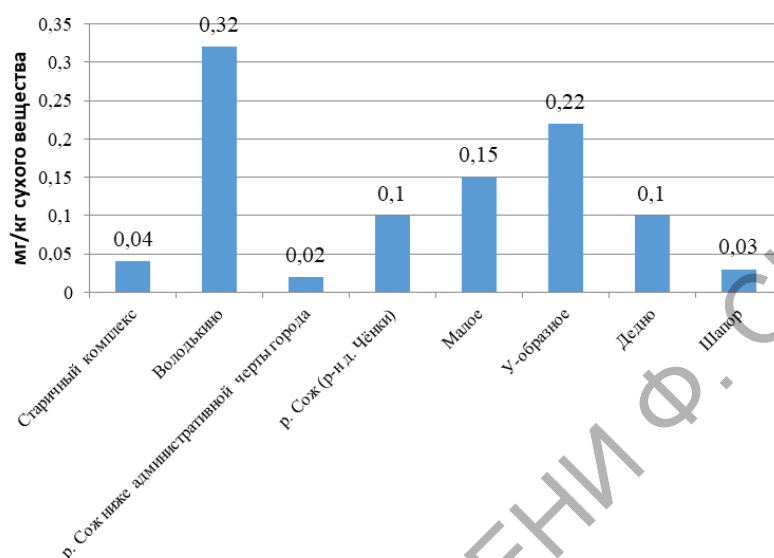
Донные отложения и моллюски отбирались в летний период (июль – август) 2021 года. При отборе проб донных отложений использовались дночерпатели Боруцкого и Петерсена. Для моллюсков применялся ручной сбор на мелководье по стандартным методикам [1]. Каждый образец донных отложений брался из 5 частных проб 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 температуре 450 °С. Мягкие ткани моллюсков отделялись от раковин, дальнейшее определение тяжелых металлов проводилось только в мягких тканях, которые высушивались до сухого состояния и в дальнейшем озолялись до белой золы. Определение содержания тяжелых металлов проводилось в ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси».

**Результаты исследования и их обсуждение.** Максимальное содержание соединений кадмия определено в донных отложениях оз. Володькино, испытывающего значительно меньшую антропогенную нагрузку, чем городские водоемы, объяснить высокое накопление изучаемого металла в водоеме пригородной зоны отдыха на данном этапе исследования довольно сложно (рисунок 1). В водоем впадает р. Ипуть, поэтому высока вероятность того, что загрязнители, в том числе соединения кадмия, поступали в оз. Володькино с водой реки на протяжении длительного промежутка времени, так как в р. Ипуть ранее поступали сточные воды предприятий г. Добруш. В настоящее время сброс сточных вод в р. Ипуть не производится, однако донные отложения депонируют различные токсиканты на протяжении длительного промежутка времени



**Рисунок 1 – Содержание кадмия в тканях прудовика обыкновенного (*Lymnaea stagnalis* L.) в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий**

Низкое содержание соединений кадмия в мягких тканях прудовика обыкновенного, обитающего в оз. Володькино, свидетельствует о малой доступности соединений металла в отложениях озера (рисунок 2). Прудовик использует в качестве объекта питания водную растительность, которая является биофильтрами, активно поглощающими тяжелые металлы из воды, а в большей степени из донных отложений. Таким образом, по содержанию изучаемого металла в мягких тканях моллюсков можно опосредованно судить о доступности соединений кадмия в донных отложениях водных экосистем.



**Рисунок 2 – Содержание кадмия в донных отложениях различных водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий**

На втором месте по загрязнению донных отложений соединениями кадмия находится оз. У-образное. Длительное воздействие стоков предприятий северного промузла оказало влияние на накопление соединений металла в донных отложениях озера. Причем соединения кадмия находятся в биодоступной для моллюсков форме, о чем свидетельствует высокая концентрация металла в мягких тканях моллюсков.

Третье место по степени загрязнения тяжелыми металлами определено для донных отложений оз. Малое, что является влиянием поверхностного стока с близлежащих территорий, таких как железная дорога, территория троллейбусного парка, автостоянка и др. О высокой биологической доступности соединений кадмия в донных отложениях оз. Малое свидетельствует значительное содержание металла в мягких тканях прудовика.

Ожидалось высокое содержание соединений кадмия в донных отложениях р. Сож на участке реки у объездной трассы г. Гомеля, где собирается поверхностный сток практически со всей территории города, в том числе и с объездной магистрали, где проходит большой поток автотранспорта. Однако в донных отложениях вышеуказанного участка реки определена минимальная концентрация кадмия, хотя содержание органического вещества, являющегося природным накопителем токсикантов в донных отложениях реки, увеличилось. Нами предполагается, что участок р. Сож в р-не д. Ченки будет содержать гораздо меньше соединений кадмия, так как река за административной чертой города имеет извилистое русло и, как правило, часть токсикантов оседает в донных отложениях. В исследованиях, проводимых ранее, донные отложения участка р. Сож в р-не д. Ченки содержали меньше загрязнителей, чем участок реки у административной черты города. Как показывают исследования, для соединений кадмия определена обратная тенденция, что требует дополнительных изучений, так как объяснить высокое содержание соединений металла в донных отложениях р. Сож в пригородной зоне отдыха, не испытывающей

видимой антропогенной нагрузки, сложно, как это было в случае с оз. Володькино. На участке р. Сож значительно ниже черты города по течению в р-не д. Ченки соединения кадмия в донных отложениях определены в той же концентрации, как и в донных отложениях оз. Дедно, испытывающего значительную антропогенную нагрузку. Можно предположить, что на накопление тяжелых металлов в донных отложениях различных участков реки оказывает влияние скорость течения реки. На участке р. Сож у объездной трассы скорость течения значительно выше и возможно мелкодисперсные частицы не успевают осаждаться в донных отложениях.

Что касается содержания соединений кадмия в мягких тканях прудовика, то на участке р. Сож в р-не д. Ченки концентрация в 5,0 раз ниже, чем на участке реки за административной чертой города. Можно предположить, что в донных отложениях р. Сож у административной черты города соединения кадмия гораздо более доступны для живых организмов, чем на участке реки в р-не д. Ченки. Не стоит исключать работу механизма блокировки, когда при высоких концентрациях металла в абиотических компонентах организм накапливает токсианты в тканях моллюсков в незначительных количествах, так как увеличивается скорость выведения токсических соединений из живых организмов [6].

Близкое к максимальному содержание соединений кадмия в тканях моллюсков характерно для оз. Дедно, которое в 1,3 раза превышает содержание металла у прудовиков, отловленных на участке р. Сож ниже черты города, хотя концентрация кадмия в донных отложениях оз. Дедно и на участке р. Сож ниже черты города практически одинакова. Объяснения могут быть следующими:

- 1) высокая доступность кадмия в донных отложениях оз. Дедно;
- 2) при значительном содержании металла в биологически доступных формах в воде и донных отложениях может наблюдаться срыв механизма блокировки поступления токсикантов в ткани моллюсков, таким образом, идет неконтрольное поступление загрязнителей в организм, что может привести либо к гибели живых организмов, либо приспособлению его к загрязненной экосистеме.

Максимальный уровень содержания кадмия отмечен у особей прудовика, отловленных в старичном комплексе р. Сож, где, как было сказано ранее, отсутствует антропогенная нагрузка. Донные отложения старичного комплекса хоть и не характеризуются высоким уровнем загрязнения соединениями кадмия, однако концентрация металла в 2,0 раза выше, чем на участке р. Сож у административной черты города. Накопление соединений изучаемого металла в донных отложениях старичного комплекса может объясняться отсутствием течения в водоеме и появления большого количества органики в донных отложениях. Одним из путей поступления металла в водоем могут быть загрязненные воздушные массы города, распространяющиеся на значительные расстояния [7]. Высокое содержание соединений кадмия в донных отложениях и тканях моллюсков также требует детального изучения, хотя однозначно свидетельствует о высокой доступности соединений металла в абиотических компонентах старичного комплекса.

В донных отложениях оз. Шапор, куда поступают поверхностные стоки с территорий предприятий города, концентрация кадмия незначительно ниже, чем в старичном комплексе, хотя водоем испытывает большую антропогенную нагрузку. Содержание соединений металла в мягких тканях прудовика, обитающего в оз. Шапор, превышает только концентрацию кадмия у особей оз. Володькино, что может свидетельствовать о низком уровне загрязнения водной экосистемы в целом соединениями изучаемого металла.

**Заключение.** Для оценки доступности соединений кадмия в абиотических компонентах водных экосистем можно использовать прудовика обыкновенного, который имеет опосредованную связь с донными отложениями через водные растения.

Высокое содержание в донных отложениях водоемов, не испытывающих видимой антропогенной нагрузки, требует дальнейшего более детального изучения, так же, как и максимальное содержание металла в старичном комплексе р. Сож.

Низкое содержание металла в мягких тканях прудовика в водоемах с загрязненными донными отложениями может объясняться работой механизма блокировки поступления тяжелых металлов в организмы моллюсков.

Старичный комплекс р. Сож, расположенный в чистой зоне, значительно выше города по течению и не испытывающий видимой антропогенной нагрузки, содержит в донных отложениях соединения кадмия в количествах, превышающих концентрацию металла в отложениях городских водоемов. Содержание соединений кадмия в мягких тканях прудовика данного водоема достигает максимального уровня. Это свидетельствует о необходимости контроля за стоянием водных экосистем, не испытывающих видимой антропогенной нагрузки.

Высокое содержание соединений кадмия у особой прудовика, отобранных на участке р. Сож ниже административной черты г. Гомеля, свидетельствует о влиянии поверхностного стока города на экосистему р. Сож.

Близкие концентрации тяжелых металлов в тканях моллюсков, обитающих в водоемах с различным характером антропогенной нагрузки, является следствием одинаковой биологической доступности металлов в компонентах водных экосистем.

### Список литературы

1. Абакумов, В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. – Л. : Гидрометеоздат, 1983. – 240 с.
2. Брень Н.В., Использование беспозвоночных для мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами / Брень Н.В. // Гидробиологический журнал, 1999. – Т. 25. – № 4 – С. 75–88.
3. Бурдин, К.С. Основы биологического мониторинга / К.С. Бурдин. – М. : Издво Моск. ун-та, 1985. – 275 с.
4. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М. : ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 84 с.
5. Дементьев, Д.В. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях реки Енисей в районе Красноярска / Д.В. Дементьев, А.Я Болсуновский и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т.326. – №5 – С. 91–95.
6. Головатый, С.Е., Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый – М. : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 239 с.
7. Бусько, Е.Г. Оценка трансграничного переноса техногенных поллютантов / Е.Г. Бусько, С.С. Позняк // Экологический вестник России. – 2011. – № 10. – С. 66–69.

### STUDY OF CADMIUM CONTENT IN SOFT TISSUES OF POND POND AND BOTTOM SEDIMENTS OF RESERVOIRS OF GOMEL AND ADJACENT TERRITORIES

T. V. MAKARENKO, A. G. PARFENKOVA

*tmakarenko1968@bk.ru, N.Parfenkova@mail.ru*  
GSU named after F. Skorins  
Gomel, Republic Of Belarus

**Abstract.** *To assess the availability of cadmium compounds in the abiotic components of aquatic ecosystems, it is possible to use the common pond, which has an indirect connection with bottom sediments through aquatic plants. The high metal content in bottom sediments and soft tissues of mollusks in reservoirs that do not experience visible anthropogenic stress*

*requires further more detailed study. The low metal content in the soft tissues of the pond in reservoirs with polluted bottom sediments can be explained by the operation of the mechanism for blocking the entry of heavy metals into the organisms of mollusks. The high content of cadmium compounds in individuals of the pond fish selected at the site of R. Sozh is below the administrative line of Gomel, testifies to the influence of the city's surface runoff on the ecosystem of the Sozh river.*

**Key words:** heavy metals, hydrobionts, mollusks, biosphere, bottom sediments, accumulation, soft tissues.

УДК 546.56:581.526.3:556.5(476.2-21Гомель)

## **ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ПОГРУЖЕННЫХ РАСТЕНИЯХ В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Т. В. МАКАРЕНКО, А. А. БОЛИГАТОВА

*tmakarenko1968@bk.ru, aleks.boligatova@yandex.by*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Беларусь*

**Аннотация:** *Значительное увеличение содержания меди в 2021 году в водных растениях при снижении содержания их концентрации в донных отложениях свидетельствует о вторичном загрязнении водных экосистем, когда загрязнители в донных отложениях переходят в биологически доступные формы и поглощаются живыми организмами. В литературе известны факты, когда донные отложения выступают вторичными источниками загрязнения водных экосистем. Этот факт увеличения содержания меди в растениях подтверждается необходимостью проведения мероприятий по экологическому оздоровлению водных экосистем города, которые используются населением для проведения культурно-массовых мероприятий.*

**Ключевые слова:** *медь, тяжелые металлы, макрофиты, растения, экосистема воды.*

**Введение.** Тяжелые металлы играют особую роль в биосфере. Они могут образовывать локальные аккумуляции, находясь преимущественно в рассеянном состоянии, где их концентрация превышает среднемесячные уровни. Большинство металлов, попадая в организм выполняют важные функции. Их влияние на организм человека и животных различно и зависит от его природы, концентрации и типа соединений в котором он существует в природной среде. Некоторые тяжелые металлы жизненно необходимы для человека и других живых организмов. Другие вызывают противоположный эффект и, попадая в живой организм, приводят к его отравлению или гибели. К группе тяжелых металлов относятся медь, никель, ртуть, свинец, цинк, хром и кадмий, т.к. они являются наиболее опасными для здоровья человека и животных.

В макрофитах тяжелые металлы входят в группу микроэлементов наряду с физиологически необходимыми, такими как цинк, медь, железо, марганец, молибден, кобальт и др. Большинство микроэлементов могут оказывать отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. Это связано с тем, что действие любых химических веществ носит строго дозовый характер [1].

Медь – один из важнейших микроэлементов в живых организмах. Физиологическая активность данного металла связана, с включением его в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Недостаточное содержание ионов металла отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию