

*Key words: soil, geological structure, deposit, Ludvinov-2, physical and mechanical properties.*

УДК 546.815:582.3/.99:574.5(476.2-21Гомель)

## СОДЕРЖАНИЕ СВИНЦА В ВЫСШИХ РАСТЕНИЯХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА ГОМЕЛЯ

О. В. ПЫРХ, В. В. СЛЮНЬКОВА

*Vlada.slyunkova@bk.ru*

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы проблемы загрязнения водоемов г. Гомеля свинцом. Были проанализированы главные источники поступления данного металла в водную экосистему. Выявлены озера с наибольшим и наименьшим содержанием свинца.

**Ключевые слова:** Высшие водные растения, водные экосистемы, источники поступления, накопление, тяжелые металлы, токсиканты, свинец, содержание.

**Введение.** В настоящее время тяжелые металлы являются одними из наиболее опасных загрязнителей биосферы. В наибольшей мере это связано с их биологической активностью, устойчивостью и увеличением концентрации при переходе по трофическим цепям [1]. Тяжелые металлы не разрушаются под действием природных факторов, в отличие от токсикантов органической природы. Их выведение из водной экосистемы возможно только путем улетучивания (ртуть) или же захоронения в донных отложениях. Изучению содержания данных металлов уделяется большое внимание, так как они являются токсикантами и могут накапливаться в различных видах экосистем. В зависимости от природной среды металлов и их концентрации они могут оказывать на организм человека и животных различные физиологические действия. Некоторые тяжелые металлы в определенных концентрациях необходимы для нормальной жизнедеятельности организма человека и животных, их относят к так называемым микроэлементам. В свою очередь, другие металлы могут вызывать противоположный эффект, при больших дозах они могут вызывать отравление организма и даже его гибель. Наиболее опасными для здоровья металлами принято считать: медь, кадмий, ртуть, мышьяк, свинец, цинк, никель и хром. Именно их и относят к так называемым металлам – токсикантам [2].

Свинец является природным токсическим металлом. Его широкое применение привело к масштабному загрязнению окружающей среды. Наиболее важными источниками поступления свинца являются продукты, которые образуются при сжигании топлива (нефти, бензина) и при стирании машинных шин. Большую опасность также представляют сточные воды производств. Ареал рассеивания свинца вокруг металлургических предприятий достигает 30 – 40 км [3,4]. Высокие концентрации свинца в водной экосистеме могут наблюдаться в озерах, которые находятся вблизи крупных автомагистралей. Накопление свинца влияет на целый ряд систем организма. Изучаемый металл оказывает негативное влияние при больших концентрациях на центральную нервную систему и функционирование головного мозга [5]. Воздействие свинца вызывает также анемию, гипертензию, почечную недостаточность, иммунный токсикоз и токсическое поражение репродуктивных органов.

Цель работы – мониторинговые исследования загрязнения свинцом высших водных растений г. Гомеля и прилегающих территорий.

**Материалы и методы исследования.** При проведении сравнительного анализа состояния растительности водных экосистем могут возникать определенные сложности

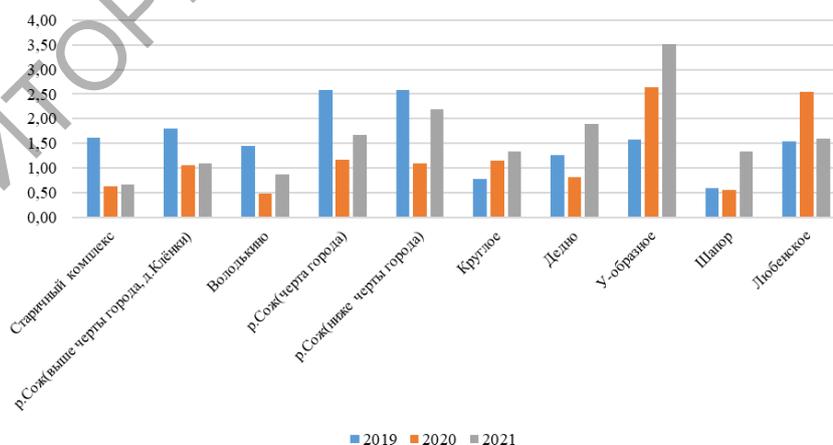
из-за того, что не во всех водоемах можно встретить представителей одного вида гидрофитов. Именно поэтому принято разделять все макрофиты на несколько экологических групп, исходя из способа поступления металла в органы и ткани растений. Согласно классификации В.М. Катанской [6], выделяют четыре экологические группы водных растений. К I экологической группе относятся свободноплавающие неприкрепленные растения, которые получают микроэлементы преимущественно из воды и воздушных масс. II экологическая группа – плавающие прикрепленные растения (укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями), получающие значительную часть химических элементов не только из воды, но и из донных отложений. III группа – подводные (погруженные) растения, они на протяжении всего сезона могут менять источники поступления тяжелых металлов и иных химических веществ. К IV экологической группе относятся надводные (воздушно-водные или земноводные) растения, для них характерно всасывание химических элементов и веществ из донных отложений при значительной роли водной массы и атмосферного поступления веществ.

Объект исследований – наиболее часто встречаемые высшие водные растения I – IV экологических групп. Учитывалось общее содержание свинца в погруженных, свободно плавающих и воздушно-водных растениях.

Для исследования были выбраны различные водоемы г. Гомеля, испытывающие антропогенную нагрузку. К изучаемым водоемам относятся: оз. Володькино, оз. Дедно, оз. Шапор, оз. Любенское, а также участки р. Сож, находящиеся ниже, выше и в самой черте города. Оз. Володькино возникло в результате расширения русла р. Сож в месте впадения в него р. Ипуть. Оно находится в черте города и достаточно активно используется в рекреационных целях. Озера Дедно, Шапор и Любенское – пойменные водоемы, имеющие связь с коренным руслом р. Сож. Оз. Дедно связано с водоемом, который принимает стоки Прудковского и Хатаевичского коллекторов, а также стоки автопредприятий и фабрики «Спартак». В оз. Шапор поступают многочисленные поверхностные стоки с территории с различных предприятий города. Оз. Любенское расположено в городской зоне отдыха и также используется в рекреационных целях.

Отбор проб проводился методом ручного сбора по стандартной методике. Материал тщательно споласкивался и высушивался, после измельчался. Анализ материала проводился на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой с подготовкой образцов в системе микроволнового вскрытия в Институте радиобиологии НАН Беларуси.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Проводимые исследования в период с 2019 по 2021 год показали, что единой динамики в содержании свинца в растениях изучаемых водоемов не было обнаружено (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Содержание свинца в водоемах г. Гомеля (мг/кг сух. вещества)**

Предполагалось, что в 2021 году будет происходить увеличение содержания свинца в растениях во всех изучаемых водоемах, так как именно в том году наблюдалась

высокая среднемесячная температура в летний период и отсутствие осадков, что привело к резкому снижению уровня воды в р. Сож и во всех водоемах более чем на метр. Это способствовало изменению условий состояния водоема: изменение pH и увеличение температуры воды в донных слоях. Исходя из этого, можно сделать вывод, что именно вследствие этого соединения свинца и других тяжелых металлов перешли в более доступные для высших водных растений формы, об этом также может свидетельствовать увеличение содержания металлов в растениях и их снижение в донных отложениях.

Однако, в растениях Старичного комплекса р. Сож, а также в растениях на участке выше черты города (д. Кленки) и в оз. Любенском содержание изучаемого металла снизилось в сравнении с 2019 годом. Причем в растениях Старичного комплекса и у макрофагов участка р. Сож выше черты города (д. Кленки) наблюдалось резкое снижение содержания свинца в 2020 году по сравнению с 2019 годом. Для Старичного комплекса снижение металла в 2020 году по сравнению с 2019 годом составило 2,55 раза, а для участка р. Сож выше черты города (д. Кленки) снижение свинца в 2020 году по сравнению с 2019 годом составило 1,70 раз.

В оз. Круглое и оз. У-образное содержание свинца в растениях постоянно увеличивалось в период с 2019 по 2021 год. Причем в оз. У-образное содержание металла в растениях в 2020 и 2021 годах является максимальным в сравнении с другими водоемами. Объяснить высокое содержание свинца в оз. У-образном можно поступлением стоков с крупных автомагистралей г. Гомель и автостоянки, которая расположена недалеко от озера, а также рынка «Прудковский».

В растениях, которые были отобраны в оз. Круглом, содержание свинца было не столь значительным, как в У-образном, но его постепенное увеличение в течение исследованного времени можно объяснить поступлением данного металла с поверхностными стоками с территории ул. Лепешинской г. Гомеля. Стоит учитывать и то, что вдоль одного из берегов озера находится железная дорога с интенсивным движением транспорта и крупная автомагистраль, которая является въездом в г. Гомель, где также идет высокая плотность автомобильного транспорта.

Установлено повышение содержания свинца в 2020 г. в изучаемой растительности оз. Любенское по сравнению с 2019 г. в 1,66 раз. Однако, в 2021 г. содержание изучаемого металла снизилось в этом озере в 1,59 раз по сравнению с уровнем 2020 г. Резкое снижение содержания металла в 2021 г. при одновременном снижении свинца в донных отложениях можно объяснить только малой доступностью данного металла в абиотическом компоненте озера. Проводимые реконструкции водоема могли также повлиять на структуру донных отложений, а это, в свою очередь, могло вызвать снижение концентрации металла в растениях, хотя водоем окружен объездной трассой вокруг города. Следует отметить, что водоем испытывает высокую антропогенную нагрузку, т.к. в оз. Любенское поступает поверхностный сток с улиц мкр. Любенского. Именно поэтому снижение содержания свинца нельзя объяснить возможным снижением антропогенной нагрузки на озеро, для выявления причин необходимо проведение дополнительных исследований.

В оз. Шапор поступают стоки с территорий предприятий ЧПУП «Фанеро-спичечный комбинат», ОАО «Гомельдрев», ОАО «Гомельобой», но содержание свинца в растениях не является высоким, причем в 2019 и 2020 годах содержание изучаемого металла практически не изменялось, увеличение произошло в 2021 году в 2,25 раз по сравнению с 2019 г. Однозначно можно предположить, что даже в случае наличия в поверхностном стоке, поступающем в водоем, свинца, последний содержится в недоступной для растений форме, а повышение металла в 2021 г. является следствием изменения увеличения доступных форм свинца в донных отложениях водоема.

В оз. Володькино, оз. Дедно, а также на участках р. Сож в черте города и ниже черты города определена единая динамика содержания металла: в 2020 г. содержание свинца снижается, но в 2021 г. значительно увеличивается. Как было сказано выше, это можно объяснить увеличением числа доступных форм тяжелых металлов для высших водных растений.

Снижение соединения металла в 2020 г. в растениях участка р. Сож и в оз. Дедно, куда поступает значительное количество поверхностных стоков, говорит о снижении антропогенной нагрузки на данной территории, что является следствием проведения природоохранной политики.

Еще одним из факторов накопления свинца и других тяжелых металлов является ОАО «Гомельский химический завод». На данном предприятии производят комплексы фосфоросодержащих удобрений. За многие годы работы завода образовались высокие соляные горы, которые имеют характерный белый цвет. Жители г. Гомеля называют эти отвалы Гомельскими «Альпами», самые высокие из них достигают 95 м. Соляные горы состоят преимущественно из фосфогипса. Не стоит исключать того, что именно из-за данного предприятия с переносимыми ветром частицами разносятся небольшие концентрации металлов, в том числе свинца, которые вследствие невозможности разрушения под действием природных факторов накапливаются в водной экосистеме, тем самым засоряя собой водоемы.

**Заключение.** Высшая водная растительность является очень мощным биологическим фильтром в процессе самоочищения водоемов и рек. Макрофиты поглощают из воды и донных отложений большинство загрязняющих веществ, в том числе тяжелые металлы. Поэтому для оценки доступности соединений свинца можно использовать водную растительность.

Близкие концентрации содержания в высшей водной растительности тяжелых металлов, которые находятся в водоемах с различным характером антропогенной нагрузки, является следствием схожей или почти одинаковой биологической доступности металлов в компонентах водных экосистем.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что очень резкое снижение концентрации изучаемого металла произошло в 2021 г. в оз. Любенком, при одновременном снижении содержания металла в донных отложениях. Этот скачок можно объяснить только небольшой доступностью свинца и его соединений в абиотическом компоненте водоема. В данном озере недавно происходили реконструкции, это также могло повлиять на структуру донных отложений, в свою очередь, это и могло вызвать снижение содержания свинца в высшей водной растительности.

В оз. Шапор содержание изучаемого металла не является высоким, несмотря на большое поступление стоков с территорий многих предприятий города. В этом случае можно предположить, что даже в случае наличия свинца в поверхностном стоке, который поступает в водоем, он содержится в недоступной для водной растительности форме. Повышение данного тяжелого металла в 2021 г. является следствием увеличения доступных форм свинца в донных отложениях водоема.

Самое большое содержание изучаемого металла в растительности изучаемых водоемах было выявлено в оз. У-образном. Можно предположить, что это связано с поступлением стоков с крупных автомагистралей г. Гомеля.

Снижение соединения металла в 2020 г. в растениях участка р. Сож и в оз. Дедно, куда попадает достаточно большое количество поверхностных стоков, говорит о снижении антропогенной нагрузки на данной территории, что является следствием проведения природоохранной политики.

Предприятие ОАО «Гомельский химический завод» может служить одним из главных источников загрязнения водоемов, которое происходит при переносе ветром с соляных гор частиц, которые распределяются в различных концентрациях в почве и водоемах.

### Список литературы

1. Мисейко, Г.Н. Биологический анализ качества пресных вод / Г.Н. Мисейко. – Барнаул : Алтайский государственный университет, 2001. – 201 с.
2. Бериня, Дз.Ж. Вредные вещества выбросов автотранспорта / Дз.Ж. Бериня, И.М. Латыня. – М. : Наука, 1989. – 250 с.

3. Мур, Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Дж.В. Мур, С.П. Рамамурти. – М. : Мир, 1987. – 285 с.
4. Денисова, А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А.И. Денисова. – Киев : Наук. думка, 1979. – 290 с.
5. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
6. Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР: методы изучения / В.М. Катанская. – Ленинград : Наука, 1981. – 187 с.

## LEAD CONTENT IN HIGHER PLANTS OF AQUATIC ECOSYSTEMS IN GOMEL

O. V. PYRH, V. V. SLYUNKOVA

Vlada.slyunkova@bk.ru  
Francisk Skorina Gomel State University

**Abstract.** The article discusses the problems of pollution of water bodies in Gomel with lead. The main sources of this metal entering the aquatic ecosystem were analyzed. Lakes with the highest and lowest lead content have been identified.

**Key words:** Higher aquatic plants, aquatic ecosystems, sources of generation, accumulation, heavy metals, toxicants, lead, content.

УДК 552.581

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ КИЗЕЛЬГУРОВОГО ШЛАМА

С. В. ШАХОВ

mapp.vsuet@mail.ru  
Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
г. Воронеж, Россия

**Аннотация.** Приведена экспериментальная установка для пиролиза кизельгурового шлама. Для близкой имитации промышленной переработки кизельгурового шлама пивоваренного производства после серии опытов с загрузкой в реактор небольших объемов пиролизная установка была опробована при циклической загрузке с возможным заполнением на половину реактора с получением результатов экспериментов.

**Ключевые слова:** кизельгуровый шлам, пиролиз, термическая регенерация, реактор.

С целью выбора наиболее приемлемого способа пиролиза кизельгурового шлама был проведен ряд экспериментальных исследований.

В состав схемы экспериментальной установки (рисунок 1) входят следующие элементы: вертикальный пиролизный реактор с рубашкой 1, двойная шиберная заслонка 2, горелка 3, воздушный кожухотрубчатый конденсатор 4, вентилятор 5, емкость – сборник жидкой фракции 6, каплеотбойник 7, фильтр 8 и вентилятор 9. Все элементы установки соединены между собой системой трубопровода 10 и крепятся на раме 11. Трубопровод между реактором и конденсатором снабжен сбросным клапаном, на этом же трубопроводе расположена термопара для измерения температуры выходящей парогазовой смеси. Для обеспечения и контроля заданного режима утилизации и безопасного проведения эксперимента внутри реактора также располагается термопара [13, 15].

Реактор (рисунок 2) в свою очередь состоит из следующих основных элементов: корпус реактора 1, рубашка 2, выгрузатель 3, патрубок парогазовой смеси 4, патрубок топочных газов 5, нижний патрубок рубашки 6, фланец байонетный 7.