



УДК 546.81:561.526.32:556.5:627.157(476.2-21Гомель)

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА В ПОГРУЖЕННЫХ РАСТЕНИЯХ ВОДОЕМОВ ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Макаренко Татьяна Викторовна

Кандидат биологических наук, доцент

Попичева Екатерина Александровна

Магистрант биологического факультета ГГУ им. Ф. Скорины

Игнатъева Елизавета Андреевна

Студент медико-диагностического факультета ГГМУ

Гомель, Беларусь

Аннотация: *Статья посвящена изучению динамики накопления свинца в погруженных растениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий. Максимальная величина коэффициента накопления свинца в погруженных растениях была отмечена в старичном комплексе р. Сож. Неожиданным оказались низкие значения коэффициента накопления в озерах Дедно и Малое.*

Ключевые слова: *тяжелые металлы, водные экосистемы, макрофиты, погруженные растения, донные отложения, коэффициент накопления.*

Введение. Несмотря на использование на большинстве городских очистных сооружений последовательно механической и биологической очистки, нормативно очищенные сточные воды сбрасываются с повышенными относительно местных поверхностных вод концентрациями загрязняющих веществ. В результате поверхностные воды в городах подвергаются интенсивному химическому воздействию. Наиболее существенные изменения химического состава фиксируются в водоемах, расположенных в пределах селитебных зон, что обусловлено поступлением загрязненных бытовых стоков и несанкционированным складированием бытовых отходов у уреза воды, а также высокой замусоренностью берегов в результате неорганизованной рекреации [1].

Использование высших водных растений для оценки загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами, в сравнении с другими методами, имеет ряд преимуществ. Высшие водные растения отвечают всем требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам, и являются универсальными маркерами общего состояния водных экосистем [2].

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в течение 2019–2021 гг., для этого были выбраны водоемы г. Гомеля и прилегающих территориях.

В связи с разными источниками поступления элементов в ткани растений, особенно важным является дифференцированное ранжирование накопления элементов растениями различных экологических групп. Деление макрофитов на экологические группы в настоящей работе основывается на классификации, предложенной В. М. Катанской, В. Г. Папченковым и другими авторами [1]. В ходе исследования были отобраны растения, относящиеся к III экологической группе – гидрофиты, погруженные или почти погруженные: рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*). Данные виды растений могут поглощать вещества для жизнедеятельности как из водных масс, так и из донных отложений. Различия в величине содержания тяжелых металлов в растениях различных водоемов свидетельствует о том, что высшим водным растениям свойственна избирательность в накоплении элементов. Для оценки загрязнения макрофитов в водных объектах используется коэффициент накопления, который рассчитывается по следующей формуле:



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

где C_x – концентрация металла в растениях; C_y – концентрация металла в донных отложениях водоема.

Пробы растений после тщательного ополаскивания последовательно высушивали до воздушно-сухого, затем абсолютно сухого состояния и озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С.

Донные отложения отбирались по стандартной методике [2]. 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 прокаливания воздушно-сухих образцов при температуре 450 °С в течение 8 часов. Содержание свинца в золе тканей растений 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. Однонаправленное увеличение накопления свинца характерно для погруженных растений только в 5-ти водных экосистемах из 11-ти: старичном комплексе р. Сож, в озерах Володькино, У-образное, Любенское и Круглое, причем в донных отложениях этих 5-ти водоемов содержание металла, в основном, снижалось, но в оз. У-образное увеличивалось, а к 2021 г. снижалось. Обратная динамика между содержанием свинца в донных отложениях и величиной коэффициента накопления является следствием вторичного загрязнения водоемов, когда металлы из донных отложений переходят в биологические компоненты. Возможно, в оз. У-образное поступают соединения свинца с поверхностным стоком, о чем свидетельствует максимальное содержание металла в донных отложениях водоема, но снижение содержания свинца в отложениях и увеличение коэффициента накопления в погруженных растениях указывает на активные процессы самоочищения, идущие в водоеме. В оз. У-образное поступают стоки с крупных городских автомагистралей, автостоянки на берегу водоема и около Ледового дворца, а также стоки с территории крупного городского рынка «Прудковский».

Озера Любенское и Круглое расположены возле крупных автодорог г. Гомеля, и коэффициент накопления у растений вышеуказанных водоемов по величине такой же, как и в оз. У-образное, что подчеркивает значительное накопление металла в абиотических компонентах водных экосистем (рисунок 1).

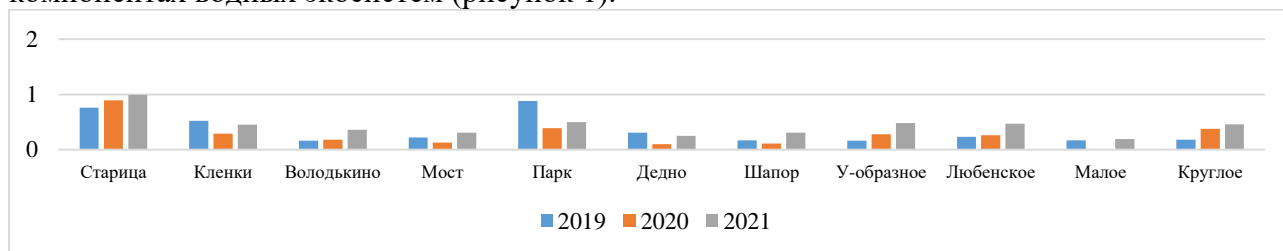


Рисунок 1 – Коэффициенты накопления цинка в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий в системе «макрофиты – донные отложения», мг/кг

Концентрация свинца в отложениях оз. Малое хоть и снижается незначительно к 2020 г., но в 2021 г. остается на том же уровне. И эта концентрация по величине уступает только содержанию в отложениях оз. У-образное. Однако удаление растений в 2020 г. не оказало благоприятное воздействие на водную экосистему, и накопление металла у растений в 2021 г. практически не отличалось от 2019 г., но однозначно в оз. Малое поступают соединения свинца с поверхностным стоком, иначе бы концентрация металла в отложениях значительно снизилась, также, как и коэффициент накопления металла в растениях. Однако этого не наблюдалось. В оз. Малое впадает ливневая канализация,



собирающая поверхностный сток не только с близлежащих территорий, но и с территории некоторых частных предприятий, а также расположенных рядом троллейбусного парка и железнодорожных путей. Неожиданным оказалась максимальная величина коэффициента накопления свинца в погруженных растениях старицы р. Сож. И только у макрофитов в парковой зоне реки в 2019 г. коэффициент накопления был выше, чем у растений в старичном комплексе, хотя концентрация металла в отложениях старицы была минимальная. Это объясняется высокой доступностью металла в отложениях водоема, а также протеканием процессов самоочищения водной экосистемы. В относительно чистых экосистемах живые организмы поглощают все возможные доступные формы металлов, тогда как в загрязненных водных экосистемах механизм блокировки не дает накапливаться токсикантам в биологических объектах до высоких уровней [3].

Высокие значения коэффициента накопления свинца рассчитаны для парковой зоны р. Сож, где также, как и в старице, определено незначительное содержание металла в донных отложениях, но оно не изменяется за весь период исследований, а коэффициент накопления у растений на данном участке реки снижается к 2020 г., но увеличивается к 2021 г., не достигая величину, рассчитанную для 2019 г. Стоит предположить, что на участке реки парковой зоны металл поступает с поверхностным стоком с центральной части города, а высокий уровень накопления говорит и о загрязнении участка реки, и о процессах самоочищения, когда металлы из донных отложений переходят в биологические объекты. Кроме того, на данном участке реки произрастает малое количество водных растений, что может влиять на накопление свинца в макрофитах, когда растения поглощают все доступные формы металлов.

На участке р. Сож ниже административной черты города содержание металла в отложениях высокое (второе место после оз. У-образное), но величина накопления в 1,6 – 4,0 раза ниже, чем на участке реки парковой зоны. Объяснение данному факту может быть следующее: 1) работа механизма блокировки, что кажется нам основной причиной низкого накопления свинца в тканях макрофитов; 2) большое количество растений на участке р. Сож за чертой города, в сравнении с участком реки парковой зоны. Накопленные в донных отложениях соединения металла распределяются на большее число растительных организмов, что и снижает значения коэффициента накопления.

Высокие величины коэффициента накопления свинца характерны для участка р. Сож выше черты города у д. Кленки, превышающие значения, определенные для городских водоемов, таких как озера У-образное, Дедно и Шапор, испытывающие более высокую антропогенную нагрузку. Но значения коэффициента накопления у макрофитов участка реки выше черты города более низкие, чем у растений парковой зоны р. Сож, хотя донные отложения участка реки выше черты города более загрязнены соединениями металла. Это подтверждает более высокую антропогенную нагрузку на участок р. Сож парковой зоны, хотя бы в отношении соединений свинца. Для макрофитов всех участков р. Сож, а также озер Дедно и Шапор определена единая динамика: снижение накопления к 2020 г. и увеличение накопления к 2021 г., что связано как со снижением антропогенной нагрузки в 2020 г., так и с увеличением доступности металла в 2021 г. в компонентах водных экосистем, когда идет вторичное загрязнение водоемов.

Неожиданным оказался факт более высокого накопления соединений свинца погруженными растениями оз. Володькино, в сравнении с оз. Дедно, в 2020 – 2021 гг. Скорее всего, причиной служит механизм блокировки, который предохраняет растения оз. Дедно от избыточного поступления металла в растения, так как в донных отложениях оз. Дедно в 2020 и 2021 гг. концентрация свинца выше, чем в оз. Володькино. Содержание металла в донных отложениях оз. Володькино в 2020 г. в 2,7 раза выше, в сравнении с 2019 г., но величина коэффициента накопления в 2020 г. незначительно выше, чем в 2019 г., что требует более детального изучения.



Ожидались более высокие значения коэффициента накопления у погруженных растений в озерах Дедно и Малое, где отмечается высокая антропогенная нагрузка, так как водоемы принимают значительное количество поверхностных стоков с автодорог, а оз. Малое – еще и с территории троллейбусного парка, но, возможно, в водоемах не произошел срыв работы механизма блокировки, и поступление соединений свинца в растениях озер Дедно и Малое оказались под контролем самих растений.

Только в 3-х водоемах из 11-ти коэффициент накопления свинца в 2021 г. ниже, чем в 2019 г. Это участки р. Сож выше черты города и парковой зоны, а также оз. Дедно. В остальных водоемах в 2021 г. коэффициент накопления был значительно выше, чем в 2019 и 2020 гг.

Графические и математические выражения зависимости накопления свинца тканями растений от его содержания в донных отложениях на рисунке 2.

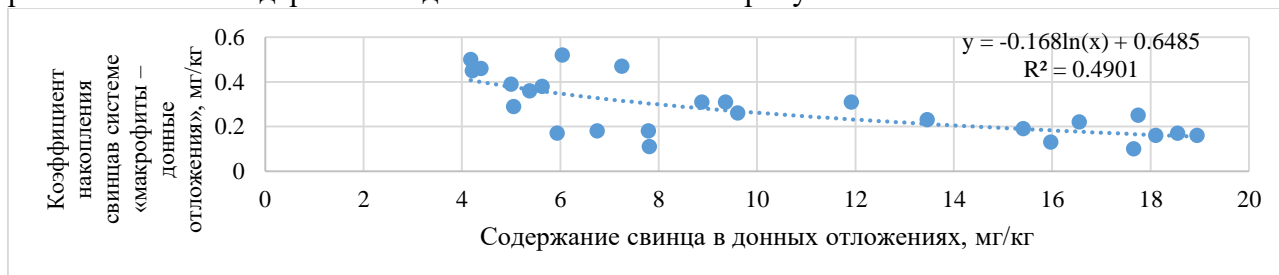


Рисунок 2 – Зависимость величины коэффициента накопления свинца макрофитами от содержания металла в донных отложениях

При сопоставлении сопряженных данных по концентрации металлов в тканях растений и донных отложениях была получена слабая корреляция. Отсутствию связей для исследованных видов могут служить следующие объяснения: 1) высокая индивидуальная изменчивость в содержании анализируемых элементов; 2) нахождение свинца в воде и донных отложениях в недоступных для живых организмов формах; 3) сложный характер трофических взаимоотношений в системе «среда-организм»; 4) неустановленные дополнительные источники поступления в организм тяжелых металлов. Снижение величины коэффициента накопления металлов в тканях растений при увеличении содержания металла в донных отложениях водных экосистем подтверждает наличие блокировочного механизма у макрофитов.

Заключение. Однонаправленное увеличение накопления свинца характерно для погруженных растений старицы р. Сож, в озерах Володькино, У-образное, Любенское и Круглое, причем в донных отложениях этих водоемов содержание металла, в основном, снижалось (исключение – оз. У-образное). Максимальная величина коэффициента накопления свинца в погруженных растениях была отмечена в старичном комплексе р. Сож. Неожиданным оказались низкие значения коэффициента накопления в озерах Дедно и Малое.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Макаренко, Т.В. Динамика содержания тяжелых металлов в донных отложениях и водных растениях р. Сож в районе Гомеля / Т.В. Макаренко, А.С. Косматьков // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – № 1. – С. 48–60.
2. Гигевич, Г.С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г.С. Гигевич, Б.П. Власов, Г.В. Вынаев. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.
3. Пасичная, Е. А. Накопление меди и марганца некоторыми погруженными высшими водными растениями и нитчатými водорослями / Е.А. Пасичная, О.М. Арсан // Гидробиологический журнал. – 2003. – Т. 39, № 3. – С. 65–73.