**Татьяна Макаренко, Александр Косматьков**

**(Гомель, Беларусь)**

**ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОЁМОВ Г. ГОМЕЛЯ**

В ходе исследования были отобраны растения, относящиеся к III-ей экологической группе − гидрофиты погруженные или почти погруженные: рдест пронзённолистный *(Potamogeton perfoliatus L.),* элодея канадская *(Elodea canadensis Rich.)*, роголистник погружённый *(Ceratophyllem demersum L.)*, уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum).* Данные виды растений могут поглощать вещества для жизнедеятельности как из водных масс, так и из донных отложений. В литературе часто встречается информация о влиянии водных масс на содержание загрязнителей в погружённых растениях, поэтому в настоящих исследованиях проводилось сравнение концентрации металлов в растениях и донных отложениях [1, с. 23].

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

Образцы донных отложений отбирались с использованием дночерпателя Боруцкого и Петерсена. Каждый образец составлялся из 5 проб с однородного участка. Отобранные в полиэтиленовые ёмкости пробы в дальнейшем высушивались до воздушно-сухого состояния. Затем производилось их озоление при 450°С. Содержание органического вещества оценивалось по потерям в массе после прокаливания (ППП) воздушно-сухих образцов при температуре 450 °С в течение 8 часов.

Содержание металлов в золе растений и донных отложениях определяли атомно-эмиссионным спектральным методом на спектрофотометре PGS-2 на базе Республиканского унитарного предприятия «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт».

**Таблица 1 − Содержание тяжёлых металлов в погружённых растениях водоёмов г. Гомеля и прилегающих территорий**

В мг/кг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Водоём | Cu | Zn | Co | Pb |
| Р. Сож (выше города по течению) | 49,640±7,446 | 128,120±20,499 | 0,080±0,011 | 0,090±0,014 |
| Оз. Шапор | 59,860±8,979 | 194,570±29,185 | 1,250±0,187 | 0,450±0,067 |
| Оз. У-образное | 129,100±19,365 | 334,780±53,564 | 1,760±0,246 | 3,650±0,547 |
| Оз. Волотовское | 127,530±17,854 | 160,750±24,112 | 1,780±0,249 | 3,640±0,546 |
| Оз. Малое | 68, 140±10,221 | 89,850±12,579 | 1,070±0,160 | 0,050±0,007 |
| Р. Сож (ниже города по течению) | 28,100±4,215 | 90,830±12,716 | 0,930±0,148 | 0,160±0,024 |
| Оз. Дедно | 69,680±10,452 | 171,850±24,059 | 1,570±0,235 | 0,650±0,097 |
| Оз. Володькино | 36,670±5,500 | 161,080±22,551 | 1,510±0,226 | 0,220±0,033 |
| Фоновый водоём | 33,070±5,291 | 128,910±19,336 | 1,520±0,197 | 0,050±0,007 |

За последние несколько лет фоновый водоём потерял связь с руслом р. Сож, что связано с уменьшением количества осадков [2, с. 316]. Благодаря этому изменился водный режим и физико-химические условия в водоёме, что повлияло на процессы накопления тяжёлых металлов растениями. Концентрация меди в донных отложениях данного водоёма минимальна, однако в растениях её соединения накапливаются в значительных количествах. В литературных источниках известны случаи, когда в незагрязнённых водоёмах растения поглощали все доступные формы металлов, тогда как в загрязнённых водоёмах растения включалимеханизмы блокировки поступления тяжёлых металлов в свой организм [3, с. 417]. Именно поэтому во многих водоёмах с низкой степенью загрязнения содержание металла может превышать таковое в растениях загрязнённых водоёмов. В донных отложениях фонового водоёма находится значительное количество соединений цинка, однако, коэффициент накопления его достаточно низок, что указывает на наличие механизмов блокировки корневого поступления металла в организм растений. Растения и донные отложения характеризуются минимальным содержанием свинца из всех изученных водоёмов. Степень накопления свинца также очень мала, что объясняется высокой токсичностью токсичностью его для растений [4, с. 383].

Для растений оз. У-образное и Волотовское характерны максимальные концентрации всех изучаемых металлов. Раньше данные водоёмы представляли единую водную систему и принимали стоки ПО «Коралл». Поэтому в донных отложениях водоёмов металлы содержатся в значительных количествах, что и повлияло на их концентрацию в растениях. Первое место по содержанию соединений цинка, меди и свинца занимает оз. У-образное. Максимальное содержание соединений кобальта характерно для оз. Волотовское, однако оно превышает фоновый показатель лишь в 1,1 раза. Низкие значения коэффициентов накопления металлов растениями данных водоёмов при высоком содержании в донных отложениях может указывать на: 1) избирательность накопления соединений некоторых металлов; 2) наличие механизмов блокировки корневого поступления металлов в организмы растений; 3) накопление металлов может идти по безбарьерному типу.

Оз. Малое располагается в приородной зоне отдыха и не контактирует со сточными водами, однако содержание меди в растениях в 2 раза выше, чем в фоновом водоёме. Это может быть связано с тем, что водоём находится рядом с оживлённой транспортной магистралью, что приводит к аэральному загрязнению оз. Малое. Однако, содержание цинка в растениях оз. Малое минимально (данный показатель в 1,4 раза ниже фоновой величины), тогда как в донных отложениях отмечена максимальная концентрация металла. Возможно, что соединения цинка в оз. Малое находятся в недоступных для растений формах. Этим е можно объяснить и низкое накопление соединений кобальта и свинца при повышенном содержании их в донных отложениях водоёма.

Повышенной концентрацией меди характеризуются растения оз. Шапор, ранее принимавшего стоки предприятия «Гомельдрев». Значительное содержание тяжёлых металлов в воде данного водоёма может способствовать поступлению их в растения. Растения оз. Шапор содержат высокое количество соединений цинка, что не отмечено для соединений меди. Возможно, металлы в этом водоёме находятся в разных биологически доступных формах. Кроме того пути поступления металла в организмы растений различны. Концентрация кобальта приближается к фоновой величине. Достаточно велико содержание свинца в тканях растений и донных отложениях данного водоёма. Высокий, в сравнении с фоновым показателем, коэффициент накопления указывает на повышенную биологическую доступность форм свинца в оз. Шапор, что требует дополнительных исследований.

Оз. Володькино является расширением коренного русла р. Сож, располагается выше города по течению и не принимает стоки предприятий, содержание меди в растениях данного водоёма незначительно превышает фоновую величину, однако коэффициент накопления указывает на высокую доступность соединений меди для растений в данном водоёме. Концентрация цинка в макрофитах оз. Володькино выше фоновой величины и равна концентрации металла в донных отложениях. Вероятно, что в оз. Володькино растения поглощают все доступные формы цинка, что может быть причиной повышенного содержания изучаемого металла. Теми же причинами моно объяснить и значительную степень накопления соединений кобальта растениями оз. Володькино. Свинец мало накапливается водными растениями этого водоёма.

Для водных растений оз. Дедно характерны повышенные, в сравнении с фоновыми, концентрации изучаемых металлов. В донных отложениях оз. Дедно соединения тяжёлых металлов содержатся в значительных количествах, что обусловлено тем, что в настоящий момент водоём принимает стоки промышленных предприятий города. Коэффициенты накопления как цинка, меди и кобальта, так и свинца достаточно велики, что говорит о наличии большого количества биологически доступных форм.

В растениях русла р. Сож ниже города по течению определено минимальное количество соединений меди. Данный факт, по нашему мнению, может быть объяснён следующими причинами: 1) р. Сож имеет значительное количество водных ресурсов для разбавления поверхностного стока города, поступающего в реку; 2) сточные воды станций аэрации сбрасываются ниже, чем выбранная точка отбора проб растений. Возможно также, что на данном участке реки соединения меди находятся в недоступной для растений форме, о чём можно судить по низкому значению коэффициента накопления. Количество меди в речных растениях, взятых выше города по течению, почти в 1,50 раза превышает величину, определённую в фоновом водоёме и колеблется в тех же пределах, что и в городских водоёмах. Причиной этого может служить поверхностный сток, поступающий с сельхозугодий и огородов частного сектора, подходящих очень близко к урезу воды. Растения речной системы р. Сож также характеризуются малым содержанием цинка. Причем в растениях, отобранных на участке ниже города по течению, содержание изучаемого металла было не так значительно, как на участке до принятия поверхностного стока города. Этот факт указывает на отсутствие загрязнения р. Сож стоком с территории города. Также, для растений русла р. Сож ниже города по течению характерна низкая концентрация соединений кобальта, тогда как содержание его в донных отложениях в 7,5 раз выше, чем в макрофитах. В то же время, малое значение коэффициента накопления доказывает малую биологическую доступность кобальта в данном водоёме. Русло р. Сож выше города по течению характеризуется наименьшим содержанием соединений кобальта как в тканях растений, так и в донных отложениях. Эти показатели ниже даже фоновых величин. Концентрация свинца в растениях русла р. Сож почти в 100 раз ниже, чем в донных отложениях, степень его накопления очень мала. Как было указано выше, это может объясняться высокой токсичностью соединений свинца для организмов растений.

Донные отложения большинства городских водоёмов значительно загрязнены соединениями изучаемых металлов, что доказывает сильное влияние антропогенных факторов на накопление тяжёлых металлов в водных экосистемах. Высокие концентрации тяжёлых металлов характерны для водоёмов принимавших или по сей день принимающих стоки промышленных предприятий. Донные отложения русла р. Сож как выше, так и ниже города по течению мало загрязнены тяжёлыми металлами (табл. 2).

**Таблица 2 − Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях водоёмов г. Гомеля и прилегающих территорий**

В мг/кг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Водоём | Cu | Zn | Co | Pb |
| Р. Сож (выше города по течению) | 20,730±3,109 | 163,120±22,836 | 0,440±0,066 | 11,430±1,828 |
| Оз. Шапор | 36,050±5,407 | 219,000±30,660 | 6,310±0,946 | 27,070±3,519 |
| Оз. У-образное | 241,330±36,199 | 271,000±37,940 | 11,730±1,759 | 194,820±31,171 |
| Оз. Волотовское | 173,250±25,987 | 239,000±33,460 | 27,800±3,614 | 164,200±24,630 |
| Оз. Малое | 41,750±6,262 | 442,000±61,880 | 10,720±1,608 | 41,760±6,264 |
| Водоём | Cu | Zn | Co | Pb |
| Р. Сож (ниже города по течению) | 28,680±4,302 | 136,000±19,040 | 7,000±1,120 | 14,860±2,229 |
| Оз. Дедно | 42,400±5,936 | 213,000±31,950 | 10,910±1,636 | 32,580±4,561 |
| Оз. Володькино | 8,170±1,062 | 164,310±24,646 | 5,200±0,780 | 12,870±1,801 |
| Фоновый водоём | 6,230±0,934 | 179,000±26,850 | 3,000±0,450 | 7,470±1,120 |

**Литература:**

1. Лукина, Л.Ф. Физиология высших водных растений / Л.Ф. Лукина, Н.Н. Смирнова. – Киев : Навук. думка, 1988. – 184 с.
2. Обметка, А.Н. Динамика температуры воздуха и осадков на территории Беларуси / А.Н. Обметка, Я.К. Еловичева // Материалы 72-й Университетской студенческой научно-практической конференция, Минск, 14 апреля 2015 г. – Мн.: БГУ, 2015. – С. 314−318.
3. Фокин, А.Д. Биофильность и ксенобиотичность как факторы корневого поступления и распределения элементов по органам растений / А.Д. Фокин, А.А. Лурье // Экология. – 1996. − №6. – С. 415−419.
4. Байсеитова, Н.М. Фитотоксичное действие тяжелых металлов при техногенном загрязнении окружающей среды / Н.М. Байсеитова, Х.М. Сартаева // Молодой ученый. – 2014. – №2. – С. 382−384.