

## ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВЫСШИМИ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Растительной клетке присуща способность активно поглощать вещества, необходимые для ее жизнедеятельности, против градиента концентрации и активно накапливать их. Благодаря этому свойству растения содержат микроэлементы в количествах, в сотни раз превышающих их концентрацию в донных отложениях и в тысячи раз – в воде. Химический состав растений определяется не только средой обитания, но и различной поглотительной способностью самих растений по отношению к разным элементам.

Цель работы – изучить влияние загрязнения донных отложений на накопление тяжелых металлов в высших водных растениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий.

В процессе выполнения работы собраны макрофиты, широко распространенные в водоемах Беларуси, которые относятся к 4 экологическим группам: I – свободноплавающие неприкрепленные – ряска малая (*Lemna minor* L.) и водяной орех (*Trapa natans* L.); II – плавающие прикрепленные растения – кубышка желтая (*Nuphar luteum* (L) Sm.) и горец земноводный (*Polygonum amphibium* L.); III – подводные (погруженные) растения – элодея канадская (*Elodea canadensis* Rich.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.); IV – надводные (земноводные или воздушно – водные) растения – стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), частуха подорожниковая (*Alisma peantago-aquatica* L.), манник наплывающий (*Gluceria fluitans*), болотница болотная (*Eleocharis palustris*), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin).

Изучение взаимосвязи между накоплением тяжелых металлов в растениях и их содержанием в донных отложениях водоемов опробования показывает, что для большинства макрофитов степень данной зависимости, в целом, незначительна (таблица 1). Это может объясняться тем, что валовое содержание металлов в донных отложениях не отражает количество его доступных форм для растений. Наряду с донными отложениями существуют дополнительные источники поступления тяжелых металлов в водные растения. Вместе с тем, наличие коррелятивных связей может подсказать о доступности металлов в седиментах для растительных организмов.

Хотя в литературе и отмечается прямая связь между содержанием кобальта в почвах и растениях [1; 2], в настоящей работе такие связи не выявлены. По данным тех же авторов [1; 2] кобальт активно поглощается листьями (через кутикулу), что может явиться причиной отсутствия связи в накоплении металла растениями от количества в донных отложениях. В таком случае можно предположить доминирование атмосферного поступления кобальта над корневым

для гидрофитов на изучаемых территориях. Проведенные исследования показывают наличие зависимости накопления никеля в гидрофитах II и III-ей групп от содержания его в седиментах. А. Кабата–Пендиас и Х. Пендиас также указывают, что количество никеля в растениях положительно коррелирует с его содержанием в почвах, пока концентрация металла не достигнет определенного порогового значения [2]. Растворимые формы марганца легко извлекаются из почв наземными растениями и содержание металла в последних зависит от общего количества растворимого марганца в почвах [2]. Учитывая вышесказанное можно было ожидать тесную связь между концентрацией элемента в донных отложениях и макрофитах IV-ой группы, которые ближе к наземным растениям. Но в настоящих исследованиях слабая корреляционная связь отмечена для марганца только у гидрофитов II-ой группы, а у растений IV-ой группы наблюдается обратно пропорциональная зависимость между количеством металла в седиментах и макрофитах. Возможно, в отложениях водоемов марганец содержится в малорастворимых и малодоступных для растений формах. Польские ученые [2] отмечают, что, несмотря на большую сложность механизмов поступления меди в растения, между концентрацией ее в почвах и наземных растениях можно наблюдать взаимосвязь, особенно, в области токсических содержаний. Аналогичные результаты получены и в настоящих исследованиях, исключение составляют гидрофиты II-ой группы, слабо связанные с дном. По имеющимся данным количество цинка в сухопутных растениях линейно возрастает с повышением его концентрации в почвах [2]. И для представителей IV-ой группы в водоемах опробования существует связь между количеством металла в растениях и отложениях дна.

Таблица 1 – Корреляционная связь между содержанием тяжелых металлов в донных отложениях и растениях различных экологических групп

Экологическая группа	Коэффициент корреляции						
	Свинец	Медь	Цинк	Марганец	Кобальт	Хром	Никель
II	0,81	-0,01	-0,19	0,62	0,31	0,63	0,81
III	0,77	0,78	-0,16	0,23	0,33	0,37	0,85
IV	0,36	0,53	0,68	-0,57	-0,08	0,12	0,30

Несмотря на слаборазвитую корневую систему у гидрофитов II-ой группы, именно для этих растений определена более выраженная, по сравнению с другими группами, взаимосвязь аккумуляции тяжелых металлов с их содержанием в донных отложениях. Можно предположить, что большинство металлов растения II-ой группы поглощают из донных отложений. Накопление марганца и никеля до высоких уровней в гидрофитах II-ой группы в отдельных водоемах Гомеля при значительном содержании металлов в донных отложениях, возможно, связано со срывом работы механизма блокировки, регулирующего поступления данных элементов в растительные организмы или с пассивным поглощением загрязнителей гидрофитами. Вопрос о наличии или отсутствии у растений активного (метаболического) и пассивного (неметаболического) механизма поглощения того или иного микроэлемента остается дискуссионным [3]. В диапазоне низких концентраций преобладает активное поглощение, при высоких концентрациях – пассивное [3; 4]. Эти данные еще раз подтверждают известный факт, что конкурентные или неконкурентные антагонистические взаимоотношения элементов в большей мере проявляются при высоких уровнях их концентраций в субстрате [3]. Соотношение между активным и пассивным поглощением ионов зависит не только от их концентрации в среде, но и от других факторов – возраста растения, биологических особенностей культуры, первоначальной насыщенности корневой системой и других факторов [5]. В растениях некоторых водоемов, принимающих стоки, отмечены аномально низкие концентрации хрома, никеля и свинца на фоне значительного количества металлов в донных отложениях. Возможно, это связано с различными формами нахождения элементов (биологически доступными или недоступными) в седиментах. Высокая концентрация свинца у гидрофитов II-ой группы в р. Сож не соответствует относительно низкому его содержанию в донных отложениях, что говорит о доступности металлов в грунтах реки.

Полностью погруженные гидрофиты III-ей группы, как укореняющиеся, так и неукореняющиеся, на протяжении вегетационного сезона могут менять источники поступления химических веществ в свои ткани, что может повлиять на наличие зависимостей накопления элементов в организме от их содержания в среде. Однако, максимальное накопление свинца, меди и никеля растениями III-ей группы наблюдается в водоемах с загрязненными донными отложениями. Высокий уровень поглощения свинца у макрофитов группы также, как и для растений II-ой

группы, отмечен для гидрофитов р. Сож, что подтверждает предположение о доступности элемента в седиментах реки. Относительно низкое содержание никеля у растений II-ой и III-ей групп в некоторых озерах является следствием нахождения элемента в биологически недоступной форме в донных отложениях.

Несмотря на наличие у растений IV-ой группы мощной корневой системы, влияние состава седиментов на поступление металлов в ткани проявляются в настоящих исследованиях наименее четко. Однако в литературе встречаются сведения о зависимости накопления элементов у данных макрофитов от концентрации загрязнителей в грунтах водоемов [1]. Возможно, растения водоемов опробования поглощают элементы большей частью при аэральном выпадении непосредственно листовой пластиной по безбарьерному типу [4]. Только для воздушно-водных растений отмечается обратная пропорциональная связь в накоплении марганца в тканях от содержания в донных отложениях. Содержание меди в растениях слабо зависит от количества в седиментах. Высокий уровень содержания металла в макрофитах IV-ой группы на фоне его максимального количества в донных отложениях наблюдается в некоторых водоемах города. Аномально высоким можно считать накопление меди у представителей оз. Шапор при малом содержании в грунтах. Возможно, высокое содержание меди в растениях является следствием ранее поступавших в водоемы загрязнителей, содержащих данный металл. Внесение меди в почву имеет долговременный эффект, и даже через 10 лет после внесения медьсодержащих удобрений ее содержание в травах остается повышенной [2].

По имеющимся в литературе данным содержание цинка в сухопутных растениях, которым ближе представители IV-ой группы, линейно возрастает с повышением его концентрации в почвах [2], что определено и в настоящих исследованиях. Достаточно высокое количество элемента в растениях определено в р. Сож, где ранее отмечалась высокая концентрация свинца у представителей других групп. Возможно, в донных отложениях речной системы металлы находятся в доступных формах.

В настоящих исследованиях определена взаимосвязь между аккумуляцией металлов растениями и их концентрацией в донных отложениях. По количеству свинца, марганца, хрома и никеля в растениях II-ой группы можно делать предположения о содержании металлов в донных отложениях. Растения III-ей группы могут быть использованы при определении загрязнения грунтов свинцом, медью и никелем; растения IV-ой группы – цинком. В значительных количествах металлы аккумулируются как в растениях водоемов зоны отдыха, так и в макрофитах водоемов, подвергающихся значительному техногенному воздействию. Аккумуляция соединений металлов растениями водоемов в существенной мере зависит от особенностей самого растительного организма, в данном случае от принадлежности его к определенной экологической группе.

#### Список использованных источников

- 1 Эмпирические связи между содержанием металлов в растениях и донных осадках эвтрофированного озера Неро / М. В. Гапеева [и др.] // Экология. – 1995. – № 3. – С. 217–221.
- 2 Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- 3 Рудакова, Э. В. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях / Э. В. Рудакова, К. Д. Каракис, Т. Н. Сидоршина; под. ред. Э. В. Рудаковой. – Киев: Наук. думка, 1987. – 184 с.
- 4 Тарабрин, В. П. Устойчивость растений к промышленному загрязнению окружающей среды / В. П. Тарабрин // Промышленная ботаника / под ред. Н. И. Ноинцева. – Киев, 1980. – С. 52–109.
- 5 Ahn, I. Y. The effect of body size on metal accumulation in the bivalve *Laternula elliptica* / I. Y. Ahn, J. Kang, K. W. Kim // *Antarct. Sci.* – 2001. – Vol. 13, № 4. – P. 355–362.