

УДК [630*116.1:504.5](282.247.417)

О НАКОПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.А. Шашуловская

*Саратовское отделение ФГНУ ГосНИОРХ
Россия, 410002, Саратов, Чернышевского, 152
E-mail: gosniorh@mail.ru*

Поступила в редакцию 27.01.09 г.

О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища. – Шашуловская Е.А. – Изучены особенности накопления кадмия, свинца и меди в вегетирующей и невегетирующей высшей водной растительности на разнотипных мелководных участках Волгоградского водохранилища. Показано влияние степени зарастания и проточности мелководных участков на накопление тяжелых металлов макрофитами. Дана количественная оценка ежегодного накопления металлов водными растениями.

Ключевые слова: тяжелые металлы, макрофиты, мелководные участки.

On heavy metal accumulation in higher aquatic vegetation of the Volgograd reservoir. – Shashulovskaya E.A. – Features of cadmium, lead and copper accumulation in both vegetating and non-vegetating higher aquatic plants on various shallow areas of the Volgograd reservoir were studied. The influence of the degree of eutrophication and water flow on heavy metals accumulation by macrophytes on shallow areas is shown. A quantitative estimation of the annual accumulation of these metals in water plants is given.

Key words: heavy metals, macrophytes, shallow areas.

Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Накапливая химические элементы, в том числе тяжелые металлы, в тканях и органах, они удерживают их в течение всего вегетационного периода и тем самым исключают их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения. Учитывая тот факт, что ассоциации макрофитов Волгоградского водохранилища создают около 30% первичной продукции растительных сообществ (Шашуловский, 2006), становится очевидной их роль в процессах самоочищения водоема.

Целью работы явилось изучение особенностей накопления некоторых тяжелых металлов (ТМ) в водной растительности (ВВР) на разнотипных мелководных участках Волгоградского водохранилища.

Материалом для исследований послужили пробы макрофитов, отобранные одновременно с пробами воды и донных отложений в период максимальной физиологической активности водных растений (июль) и в конце вегетационного сезона 2006 – 2007 гг. Объектами исследований служили растения разных экологических групп: прибрежноводные – тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогоз узколистный (*Typha angustifolia* Linnaeus), камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla), погруженные – урути мутовчатая (*My-*

riophyllum verticillatum L.) и колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), а также рдесты блестящий (*Potamogeton lucens* L.), курчавый (*Potamogeton crispus* L.) и пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.); плавающие – элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.) и водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.).

По уровню проточности исследуемые мелководные участки подразделялись на 3 условные категории: с низкой скоростью течения (0.5 – 3 м/мин.), средней (3 – 6 м/мин.), высокой (более 6 м/мин.). Для количественной характеристики степени зарастания мелководных участков за основу была принята визуальная шестиуровневая шкала (Starmach, 1954). При укрупнении классов нами выделено 3 степени зарастания: низкая – до 10% площади участка, средняя – 10 – 35% и высокая – более 35%. Всего отобрано и обработано 175 проб ВВР, 30 проб воды и 30 проб донных отложений. Содержание ионов ТМ определяли методом инверсионной вольтамперометрии (ПНД Ф 14.1:2.4.69-96; ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.46-06) на анализаторе АКВ-07 МК (производитель Россия, Москва).

Проведенные исследования показали, что погруженная растительность накапливает в 2 – 3 раза больше тяжелых металлов по сравнению с прибрежноводной (рис. 1). Плавающая растительность накапливает минимальное количество металлов, так как в силу физиологических и анатомических особенностей аккумулирует

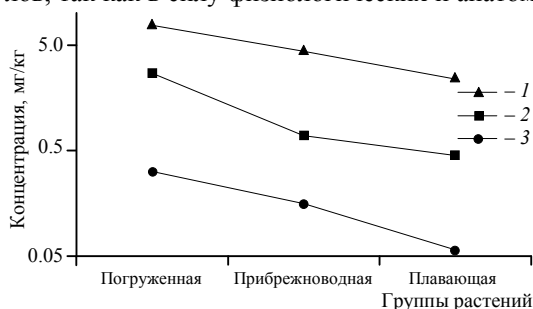


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в разных типах вегетирующей высшей водной растительности на мелководьях Волгоградского водохранилища: 1 – медь, 2 – свинец, 3 – кадмий (здесь и далее по оси ординат приведена логарифмическая шкала)

растения), либо комплексированием ионов металлов при участии различных соединений, синтезируемых в клетках листа (погруженные растения) (Феник и др., 1995; Clemans, 2001).

Степень толерантности растений к ТМ оценивают по коэффициенту их концентрирования в биомассе (Никаноров, Жулидов, 1991). Для ВВР этот коэффициент соотносят как к водной среде ($КК_{\text{вода}}$), так и к донным отложениям ($КК_{\text{до}}$). Коэффициент биоконцентрирования является полезным критерием при выборе растений в качестве биомониторов.

Полученные нами данные (таблица) показывают, что $КК$ зависит как от экофизиологических особенностей растений, так и от химической природы металла. Наибольшей аккумулирующей способностью обладают растения, относящиеся к

их только из воды. Все выявленные различия статистически достоверны при 5-процентном уровне значимости.

Аналогичные результаты были получены ранее другими авторами (Кореякова, 1997; Садчиков, Кудряшов, 2004; Мунтяну Г.Г., Мунтяну В.И., 2005). Отличия аккумулирующей способности обусловлены различными механизмами детоксикации ТМ в организмах растений, которые определяются либо преимущественным связыванием металлов клеточными стенками корней (воздушно-водные

О НАКОПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

группе укорененных гидатофитов, которые поглощают ТМ как из водной среды, так и из донных отложений. Максимальную поглотительную способность из обследованных нами растений показал роголистник темно-зеленый. За ним следует уруть мутовчатая, которую многие исследователи предлагают использовать в целях биомониторинга (Мунтяну Г.Г., Мунтяну В.И., 2005; Brooks, 1998).

Коэффициенты биоконцентрирования некоторых ТМ
в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища

Объекты	КК _{вода}		КК _{до}		
	Pb	Cu	Cd	Pb	Cu
Рогоз узколистный	1726	1800	0.51	0.11	0.17
Уруть мутовчатая	14450	6631	1.37	0.35	0.75
Роголистник темно-зеленый	18950	7943	1.24	0.51	0.92
Рдесты	5344	5547	0.77	0.17	0.54

Минимальная поглотительная способность отмечена для представителя гелофитов – рогоза узколистного. Прибрежно-водные растения, с одной стороны, поглощают питательные элементы из воздуха, в котором объемная концентрация ТМ существенно ниже, чем в воде, а с другой стороны, выводят часть аккумулированного в биомассе металла с транспирационной водой (Лукина, Смирнова, 1988).

Относительное количество ТМ, содержащихся в растениях, значительно ($p < 0.05$) уменьшается с увеличением степени зарастания мелководий (рис. 2). Данное обстоятельство, очевидно, связано с тем, что наличествующее в воде количество ТМ аккумулируется на сильно заросших участках в большей массе макрофитов. Таким образом, суммарное накопление металлов в растительности на единице площади сильно заросших участков может не снижаться, а возрастать.

Накопление тяжелых металлов в растениях зависит также и от скорости течения воды на мелководных участках (рис. 3). При увеличении проточности от «низкой» до «высокой» содержание кадмия в вегетирующей растительности в среднем повышается в 2.4 раза, свинца – в 3.8, меди – в 1.8 раза ($p < 0.05$). В этой связи есть основания полагать, что для интенсификации процессов аккумуляции металлов макрофитами могут быть рекомендованы практические мероприятия по увеличению проточности заросших мелководных участков водохранилища.

Используя полученные нами данные по средним концентрациям ТМ в макрофитах к концу вегетации, а также тот факт, что в Волгоградском водохранилище ежегодно продуцируется около 320 тыс. т сухой массы макрофитов (Шашуловский, 2006), получаем, что во всей растительной массе водохранилища к концу вегетационного сезона ежегодно может накапливаться около 74 кг кадмия, 1.2 т свинца и 2.5 т меди.

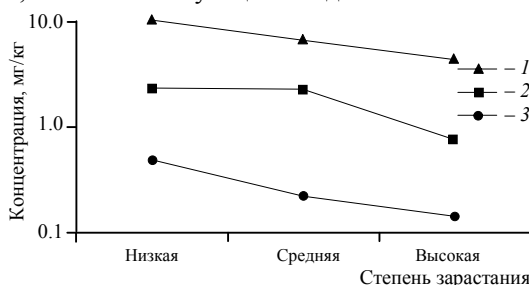


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в вегетирующей высшей водной растительности на мелководьях с разной степенью зарастания: 1 – медь, 2 – свинец, 3 – кадмий

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что погруженная растительность мелководий Волгоградского водохранилища более интенсивно накапливает ТМ, чем воздушно-водная и плавающая. Максимальной

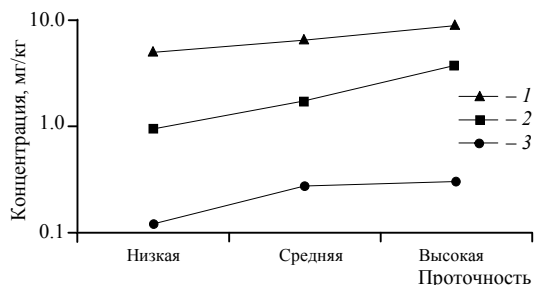


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в вегетирующей высшей водной растительности на мелководных участках с разной степенью проточности:

1 — медь, 2 — свинец, 3 — кадмий

поглотительной способностью в отношении ТМ обладает роголистник темно-зеленый, минимальной — рогоз узколистый.

На уровень накопления токсичных элементов оказывают влияние степень зарастания и проточность участков. С увеличением степени зарастания средние концентрации ТМ в растениях уменьшаются. Возрастание скоростей течения приводит к повышению содержания исследуемых токсичных элементов в тканях вегетирующей ВВР.

Депонируя ежегодно значительную часть загрязняющих веществ в своей фитомассе, растительность Волгоградского водохранилища выполняет роль мощного биофильтра, способствуя самоочищению экосистемы водоема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Корелякова И.Л. Высшая водная растительность восточной части Финского залива. СПб., 1997. 158 с.
- Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. Киев: Наук. думка, 1988. 188 с.
- Мунтяну Г.Г., Мунтяну В.И. Биомониторинг некоторых тяжелых металлов в Дубосарском водохранилище // Гидробиол. журн. 2005. Т. 41, № 6. С. 94 – 109.
- Никаноров А.М., Жулидов А.Д. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 312 с.
- ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.46-06. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм тяжелых металлов и токсичных элементов (Cd, Pb, Cu, Zn, Bi, Ti, Ag, Fe, Se, Co, Ni, As, Sb, Hg, Mn) в почвах, грунтах, донных отложениях, осадках сточных вод методом инверсионной вольтамперометрии. М.: Аквилон, 2008. 28 с.
- ПНД Ф 14.1:2.4.69-96. Методика выполнения измерений массовых концентраций ионов кадмия, свинца, меди и цинка в пробах питьевых, природных и сточных вод методом инверсионной вольтамперометрии. М.: Аквилон, 2005. 10 с.
- Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности. М.: НИИ-Природа, 2004. 220 с.
- Феник С.И., Трофяняк Т.Б., Блюм Я.Б. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам // Успехи совр. биологии. 1995. Т. 115, вып. 3. С. 261 – 275.
- Шашуловский В.А. Динамика биологических ресурсов Волгоградского водохранилища: Дис. ... д-ра. биол. наук. Саратов, 2006. 298 с.
- Brooks R.R. Plants that hyperaccumulate heavy metals – their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining. N.Y.: CAB International, 1998. 380 p.
- Clemans S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis // Planta. 2001. Vol. 212, № 4. P. 475 – 486.
- Starmach K. Metody badan spodowiska stawowego // Biul. Zakladu. Biol. Stawow PAN. 1954. № 2. S. 10 – 21.