

УДК 581.526.3:574.64

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

¹Пучков М.Ю., ¹Зволинский В.П., ¹Новиков В.В., ²Кочеткова А.И., ³Локтионова Е.Г.

¹ГНУ «Всероссийский НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства»,

Камызяк, e-mail: rosecostroi@mail.ru;

²Волжский гуманитарный институт (филиал) ВолГУ, Волжский;

³ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет, Астрахань»

Изучены особенности накопления отдельных тяжелых металлов наиболее распространенными видами высшей водной растительности. Проведен отбор проб высшей водной растительности в некоторых точках Волгоградского водохранилища, главным образом в его заливах, где макрофиты наиболее распространены вследствие пониженного течения и волнения. Пробы были отобраны нами в июле 2007 г. в ходе экспедиций. Для анализа отбирались растения различных экологических групп: погруженные (*Vallisneria spiralis* L.), рдесты (*Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* L., *P. perfoliatus* L., *P. Crisp* L.; *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* L.; с плавающими на поверхности воды листьями *Persicaria amphibian* L., *Ranunculus natans* C.A.M.; воздушно-водные *Tupha angustifolia*, *Phragmites communis* Trin. Установлено, что накопление тяжелых металлов не столько зависит от вида, сколько определяется их содержанием в воде, что дает основание использовать макрофиты в качестве биоиндикаторов. В свою очередь это поможет составлению общей картины загрязнения и разработке мер по очищению вод водохранилища.

Ключевые слова: тяжелые металлы, высшая водная растительность, гидрофиты, кобальт, никель, свинец, хром, железо, медь

THE CHARACTERISTICS OF HEAVY METALS ACCUMULATION HIGHER AQUATIC PLANTS VOLGOGRAD RESERVOIR

¹Puchkov M.Y., ¹Zvolinskii V.P., ¹Novikov V.V., ²Kochetkova A.I., ³Loktionova E.G.

¹All-Russia Research Institute of irrigated vegetable and melon Kamzyyak, e-mail: rosecostroi@mail.ru;

²Volzhsy Humanities Institute (branch) of the Volgograd State University, Volzhsky;

³Astrakhan State University, Astrakhan

The features of the accumulation of selected heavy metals the most common types of aquatic vegetation. Conducted sampling of aquatic vegetation in some points Volgograd Reservoir, mainly in the bays where macrophytes are most common because of low flow and excitement. Samples were taken by us in July 2007, during the expeditions. Plants were selected for the analysis of various environmental groups are immersed (*Vallisneria spiralis* L.), pondweed (*Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* L., *P. perfoliatus* L., *P. Crisp* L.; *Myriophyllum spicatum*, *Elodea sanadensis*, *Ceratophyllum demersum* L., floating on the water leaves *Persicaria amphibian* L., *Ranunculus natans* CAM; air – water *Tupha angustifolia*, *Phragmites communis* Trin. It was established that the accumulation of heavy metals is not so much dependent on the type as determined by their content in the water, which gives rise use macrophytes as bioindicators., in turn, will help to draw up a general picture of pollution and the development of measures to rid the water of the reservoir.

Keywords: heavy metals, higher aquatic vegetation, hydrophytes, cobalt, nickel, lead, chromium, iron, copper

Высшая водная растительность (ВВР, макрофиты) является важнейшим компонентом экосистем континентальных водоемов. Велико её значение в процессах формирования качества воды и биологического режима водохранилищ. Только растения в процессе фотосинтеза обеспечивают новообразование органического вещества. Особенно велика роль высшей водной растительности в водных объектах, испытывающих значительную антропогенную нагрузку, так как она играет главную роль в поддержании биотического баланса, участвуя как непосредственно, так и опосредованно в очистке водоема от загрязнений, поглощая их. Поэтому водные и околотоводные растения могут служить весьма информативным показателем степени загрязнения экосистемы водного объекта.

Учитывая избирательную способность макрофитов к поглощению различ-

ных веществ, можно использовать водные растения как индикаторы присутствия химических веществ в водной среде [1]. Однако растения проявляют значительную устойчивость к кратковременным всплескам загрязнения и могут накапливать поллютанты в тканях в больших количествах без видимых функциональных изменений. В наибольшей мере это относится к тяжелым металлам (ТМ), которые в отличие от органических поллютантов не способны разрушаться до безопасных форм [6, 7]. Поэтому содержание ТМ в золе растений – важная характеристика состояния загрязнения экосистемы. Объектом нашего исследования явилось Волгоградское водохранилище – водоем, играющий важнейшую роль для всего Волжского бассейна ниже Балаковской ГЭС. Это и ресурс питьевого водоснабжения населения, и источник воды для Волго-Ахтубинской поймы, и водоем

рыбохозяйственного назначения. Вот почему очень важен мониторинг состояния его экосистемы.

Материалы и методы исследования

Нами проведен отбор проб высшей водной растительности в некоторых точках Волгоградского водохранилища, главным образом, в его заливах, где макрофиты наиболее распространены вследствие пониженного течения и волнения. Изучение аккумуляции ТМ высшей водной растительностью проводилось в заливах: Ерзовка, Пичуга, Дубовка, Оленье, Мочаги, Даниловский, Горная Пролейка, Яблоневый, Караваинка, Антиповка, створ Камышин – Николаевск, Нижний Ураков, Нижняя Добринка, Сухая Балка, Большая Балка, Калиновая Балка. Пробы отобраны в ходе экспедиций «Волжский плавучий университет» на судне «Шторм» (руководитель экспедиции А.В. Плякин) и ФГУ «Управление эксплуатации Волгоградского водохранилища» на судне «Туман» (руководитель экспедиции Н.И. Козлов).

Высшие водные и околотовные растения отбирались вручную, высушивались на крафт-бумаге в ходе экспедиции. Всего было отобрано 142 пробы высшей водной растительности, включая как мягкую, так и жесткую. Каждое место отбора проб выбиралось так, чтобы на нем произрастало как можно больше растений различных экологических групп.

Для анализа отбирались растения различных экологических групп: погруженные – валлиснерия (*Vallisneria spiralis L.*), рдесты: гребенчатый (*Potamogeton pectinatus L.*), блестящий (*P. lucens L.*), пронзеннолистный (*P. perfoliatus L.*), курчавый (*P. crispus L.*); уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*), элодея канадская (*Eloдея canadensis*), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum L.*); с плавающими на поверхности воды листьями – горец

земноводный (*Persicaria amphibian L.*), лютик плавающий (*Ranunculus natans C.A.M.*); воздушно-водные – рогоз узколистный (*Tupha angustifolia*), тростник обыкновенный (*Phragmites communis Trin.*).

Подготовку проб к анализу осуществляли в учебной экологической лаборатории Волжского гуманитарного института (филиала) ВолГУ. Образцы измельчали и подвергали озоленю в муфельной печи. Для определения зольности проводили взвешивание образцов проб до и после озоления. Количественное определение валового содержания Cu, Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Pb, Zn в золе осуществляли на базе лаборатории «Экологического мониторинга водных объектов» МГУ им. М.В. Ломоносова рентгено-флуоресцентным методом, а также в токсикологической лаборатории филиала ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области в городе Волжский, Ленинском, Среднеахтубинском районах» методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализировано накопление различных ТМ различными видами ВВР (рис. 1, 2). Наряду с общими биогеохимическими особенностями, свойственными различным экологическим группам макрофитов, отдельные виды обнаруживают специфические биогеохимические черты. При анализе содержания металлов в золе отдельных видов высших водных растений видно, что накопление практически всех определенных ТМ определялось не столько видом растительности, сколько природой и свойствами самого металла.

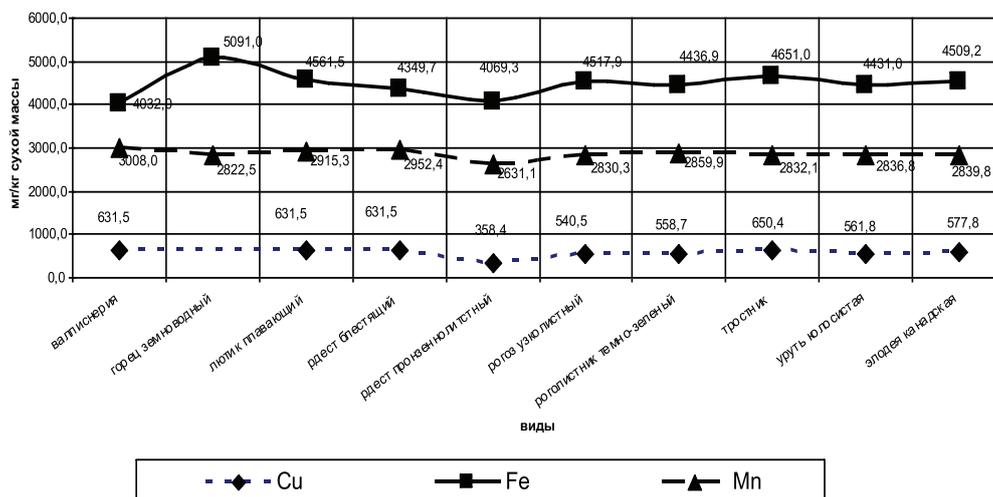


Рис. 1. Накопление Cu, Fe и Mn видами ВВР Волгоградского водохранилища, 2007

По уровню содержания в макрофитах Волгоградского водохранилища тяжелые металлы можно расположить в следующий ряд:

$$Fe > Mn > Cu > Zn > Cr > Ni > Co \approx Pb.$$

Этот ряд соответствует ряду содержания ТМ в воде и донных отложениях Волгоградского водохранилища [4, 5].

Отсюда следует, что наиболее интенсивно высшей водной растительностью вовлекаются в миграционные циклы Fe,

Mn, Zn, Cu, а в меньшей степени – Co, Ni и Pb. Такая избирательная способность Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, накапливаться в высшей водной растительности, вероятно, связана с их участием в процессах метаболизма, так как эти элементы входят в состав пигментов, витаминов, ферментов и, возможно, во время активного вегетационного

периода способны преодолевать антиконцентрационные барьеры и в избыточных количествах накапливаться по безбарьерному типу [3]. Металлы обычно накапливаются на поверхности и внутри растений в составе аморфных гидроксидов, сульфидных минералов и самородного вещества [2].

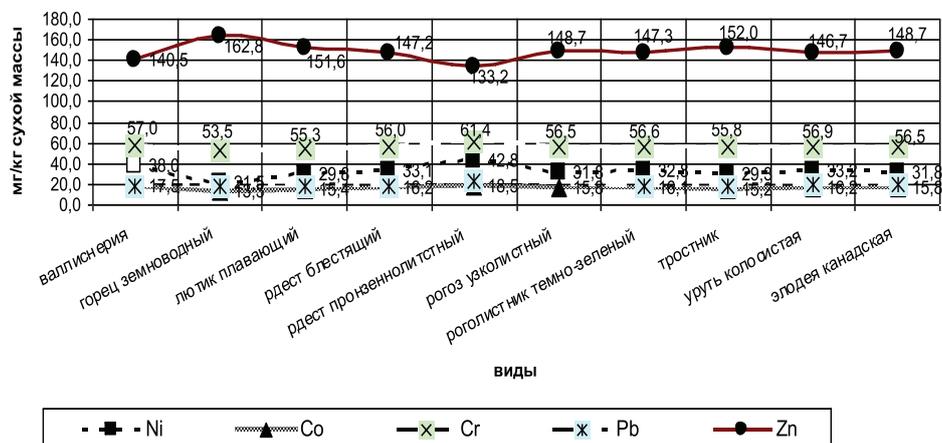


Рис. 2. Накопление Ni, Co, Cr, и Zn различными видами ВВР Волгоградского водохранилища, 2007

Анализируя видоспецифичность накопления тяжелых металлов, обнаружили, что все изучаемые металлы накапливаются во всех растениях с незначительными отличиями. Наибольшие количества Fe обнаружены в горце земноводном (5091 мг/кг), Mn – в валлиснерии (3008 мг/кг), Cu – в рдесте блестящем (631,5 мг/кг).

В меньшем количестве аккумулируются такие элементы, как Ni, Co, Pb, Zn. Так, рдест пронзеннолистный больше всего аккумулирует никель, хром, кобальт и свинец в концентрациях, равных 42,8; 61,4; 18,5; 22,5 мг/кг соответственно, и меньше других цинк (133,2 мг/кг). Нами проанализирована зольность отдельных видов ВВР по данным

2006 г., которая косвенно указывает на содержание органического вещества в тканях растений (рис. 3).

Группа погруженных в воду растений (гидрофитов) характеризуется наибольшей зольностью, что связано с высокими сорбционными свойствами их стеблей и листьев, которые накапливают взвесь в отличие от водно-болотных растений (гелиофитов). Наибольшее среднее значение зольности были зафиксированы в 2006 г. в элодее канадской, а наименьшее – в рогозе узколистом и составляет 44,93 и 13,18% соответственно. Четко прослеживается тенденция большего накопления зольных элементов растениями, имеющими более разветвленные листья.

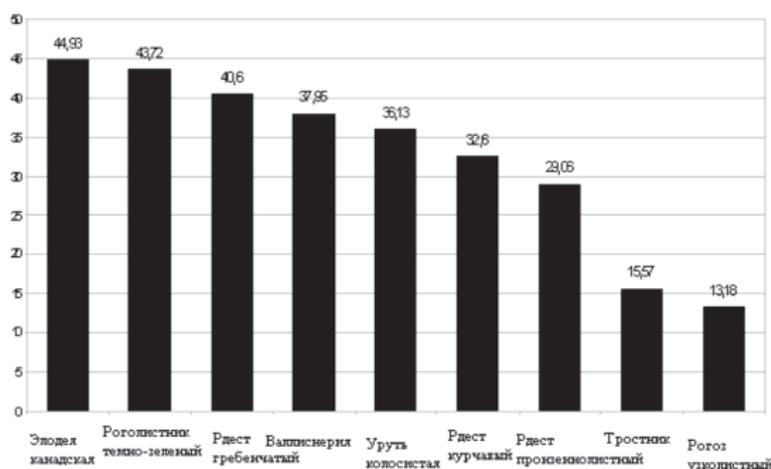


Рис. 3. Среднее значение зольности ВВР Волгоградского водохранилища, 2006, (%)

Нами проведена оценка накопления ТМ наиболее распространенным видом (рдест пронзеннолистный) в разных точках Волгоградского водохранилища. Значительные количества ТМ накапливаются тканями данного вида в заливах Курдюм, Осадный и Ерзовка, балках Даниловской и Водяной, а наименьшие – у г. Маркса, с. Антиповка, верховьях залива Камышинского (рис. 4, 5). Большие накопления железа приурочены

к местам стоянки судов – балка Осадная, залив Камышинский, залив г. Маркс. Однако четкой закономерности изменения накопления ТМ с севера на юг водохранилища нами не выявлено, причины различий, по видимому, связаны с местными источниками загрязнений. Таким образом, рдест пронзеннолистный может быть использован в качестве биоиндикатора для определения уровня загрязнения водоема.

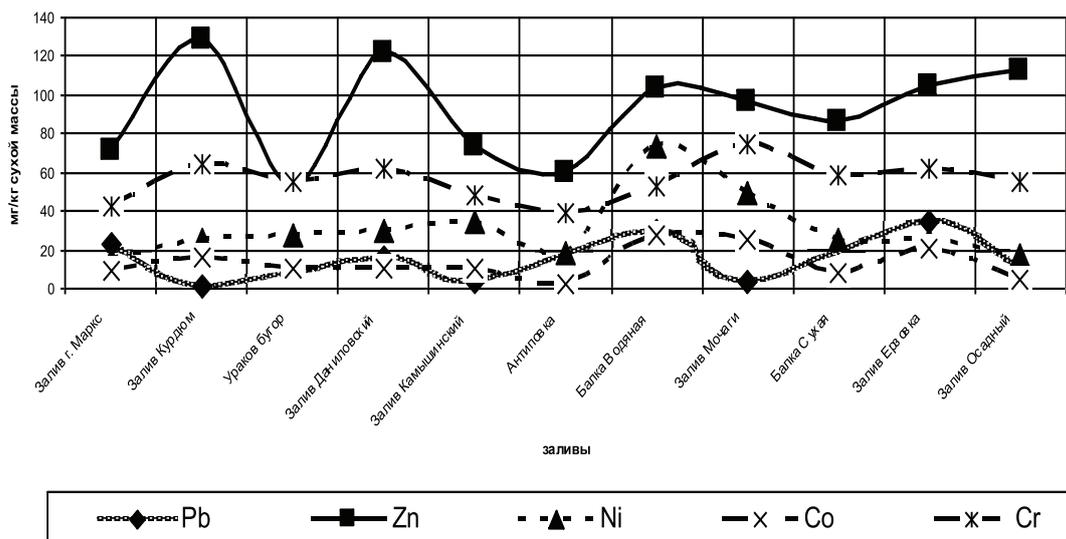


Рис. 4. Накопление Pb, Zn, Co и Cr рдестом пронзеннолистным в различных точках Волгоградского водохранилища, 2007

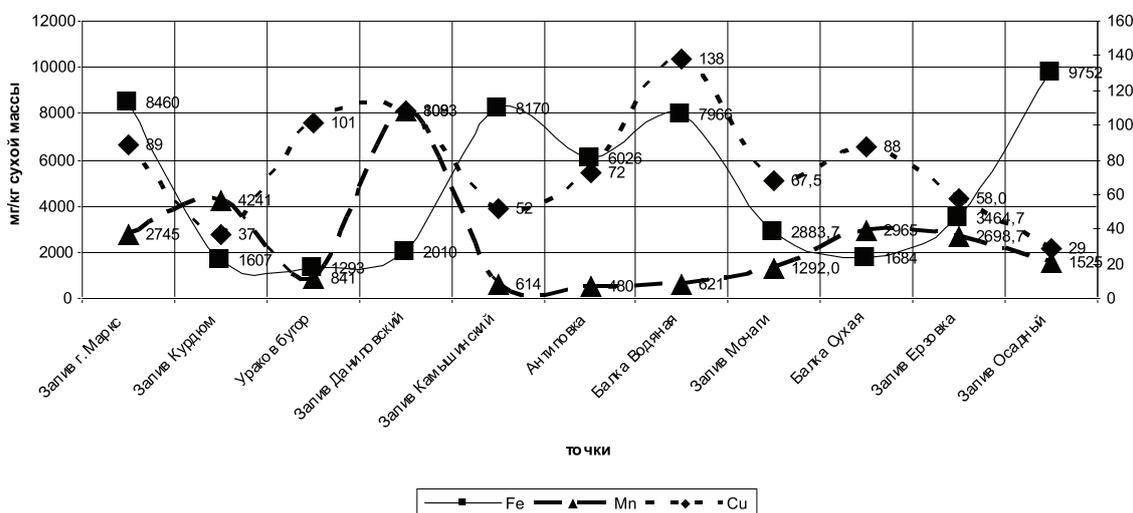


Рис. 5. Накопление Fe, Mn и Cu рдестом пронзеннолистным в различных точках Волгоградского водохранилища, 2007. Примечание. График Cu построен по дополнительной оси

Заклучение

Водные растения независимо от их принадлежности к различным экологическим группам в процессе своей жизнедеятельно-

сти могут накапливать элементы в довольно высоких концентрациях.

Исследования ВВР является необходимой составляющей мониторинга водных

объектов, т.к. компоненты природной среды демонстрируют различный отклик на техногенное вмешательство. Способность накопления химических элементов имеет большое значение в оценке качества вод Волгоградского водохранилища.

Список литературы

1. Бреховских, В.Г. Особенности накопления тяжелых металлов в донных отложениях и вышней водной растительности заливов Иваньковского водохранилища // Водные ресурсы. – 2001. – т. 28. – № 4. – С. 441–447.
2. Ковалевский, А.Л. Биогеохимия растений / отв. ред. В.М. Корсунов. – Новосибирск: Наука. Сиб.отделение, 1991. – 288 с.
3. Локтионова Е.Г., Изучение загрязнения внутренних водоёмов г. Астрахани тяжёлыми металлами / Е.Г. Локтионова, Г.В. Болонина, Л.В. Яковлева // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». – 2012. – Вып. Химия и химическая экология. – № 2. – С. 79–88.
4. Лопатин Р.И. Тяжелые металлы в донных отложениях Волгоградского водохранилища / Р.И. Лопатин, В.В. Новиков, А.В. Краснушкин // География и геоэкология: поисковые исследования молодых ученых России: сборник статей – М.: Географический факультет МГУ, 2006. – С. 96–105.
5. Новиков В.В. Тяжелые металлы в Волгоградском водохранилище / В.В. Новиков, Е.Б. Воробьев, Р.И. Лопатин // Экологические системы и приборы. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 2006. – № 2. – С. 11–13.
6. Черных, Н.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах / Н.А. Черных, М.М. Овчаренко – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.
7. Чуйков Ю.С. Изучение химического и биологического загрязнения вод: учебное пособие / Ю.С. Чуйков, Е.Г. Локтионова, М.Ю. Пучков, Л.В. Ларцева. – Астрахань: Изд-во Нижневолжского центра экологического образования. – 124 с.

References

1. Brehovskih V.G. Osobennosti nakoplenija tjazhelyh metallov v donnyh otlozhenijah i vysshej vodnoj rastitel'nosti zalivov Ivan'kovskogo vodohranilishha, *Vodnye resursy*, 2001, T. 28, no 4, pp. 441–447.
2. Kovalevkij, A.L. Biogeohimija rastenij: отв. ред. V.M. Korsunov, Novosibirsk: Nauka. Sib.otdelenie, 1991. 288 p.
3. Loktionova E.G., Bolonina G.V., Yakovleva L.V. Izuchenie zagrjaznenija vnutrennih vodojomov g. Astrahani tjazhjolymi metallami, *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta*. Serija «Estestvennye nauki», 2012, Vyp. Himija i himicheskaja jekologija, no. 2, pp. 79–88.
4. Lopatin R.I., Novikov V.V., Krasnushkin A.V. Tjazhelye metally v donnyh otlozhenijah Volgogradskogo vodohranilishha, *Geografija i geojekologija: poiskovyje issledovanija molodyh uchenyh Rossii*: Sbornik statej, M.: Geograficheskij fakultet MGU, 2006, pp. 96–105.
5. Novikov V.V., Vorob'ev E.B., Lopatin R.I. Tjazhelye metally v Volgogradskom vodohranilishhe, *Jekologicheskie sistemy i pribory. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal*, 2006, no 2, M.: Izd-vo «Nauchtehlitizdat», 2006, pp. 11–13.
6. Chernyh N.A., Ovcharenko M.M. Tjazhelye metally i radionuklidy v biogeocenozah, M.: Agrokonsalt, 2002, 200 p.
7. Chujkov Yu.S., Loktionova E.G., Puchkov M.Yu., Larceva L.V. Izuchenie himicheskogo i biologicheskogo zagrjaznenija vod (uchebnoe posobie), Astrahan': Izd-vo Nizhnevolszhskogo centra jekologicheskogo obrazovanija, 124 p.

Рецензенты:

Андрианов В.А., д.г.н., профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета, г. Астрахань;

Якубов Ш.А., д.б.н., профессор, вице-президент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 08.04.2013.