

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАПОРОЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Федоненко Е.В. Филиппова Е.В.

На основе изучения накопления тяжелых металлов макрофитами Запорожского водохранилища установлены закономерности и степень загрязнения водоема на различных участках. Рекомендованы индикаторные виды водных растений для использования в биомониторинге.

Ключевые слова: Запорожское водохранилище, тяжелые металлы, макрофиты, биомониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

В результате производственной деятельности людей в окружающую среду попадают техногенные продукты, в том числе тяжелые металлы (ТМ). Проникая в различные биохимические циклы и накапливаясь, они представляют наиболее опасный вид загрязнения. Наблюдается патогенное исчезновение природных компонентов и замена их природно-антропогенными. Особенно изменяется природная пресная вода, поскольку индустриально развитые регионы, как правило, расположены на берегах водохранилищ и рек.

В таких условиях находится Запорожское водохранилище – внутрикаскадный водоем комплексного использования с большой антропогенной нагрузкой. Ландшафтно-геохимические преобразования, которые происходят на его водосборной площади, определяют возникновение в нем зон токсического риска. Среди приоритетных токсикантов, устойчивых в окружающей среде и обладающих кумулятивным эффектом, наиболее опасны металлы [1]. Они требуют первоочередного аналитического контроля. В связи с этим Водным кодексом Украины введено понятие экологического норматива чистой воды [2]. Для обоснования данного норматива необходимо знание содержания токсикантов в воде. Однако, в связи с осаждением ТМ при высоких значениях рН водных объектов прямой контроль их содержания в воде не отражает истинной картины загрязнения. Поэтому в последнее время крайней необходимостью стал мониторинг – интегрированная оценка загрязнения среды по реакции организмов. В качестве последних предлагается использовать многолетние виды, которые широко распространены, ведут прикрепленный образ жизни, легко добываются и реагируют на изменение качества воды изменением минерального состава [3]. С этой целью в качестве индикаторов испытывался большой набор водных организмов. Однако, среди них высшие водные растения имеют ряд преимуществ, представляя собой удобный объект для наблюдения: не мигрируют, концентрируют ТМ в 10^3 - 10^4 раз, обитают на мелководьях, имеют большой период их полувыведения [4, 5]. Однако, анализ имеющихся в литературе сведений показывает, что исследования, формирующие базу мониторинга с использованием макрофитов, находятся в стадии накопления информации. Тем не менее на них уже обращено внимание как на наиболее адекватные индикаторы состояния среды обитания, не имеющие, в отличие от

моллюсков, приспособлений, позволяющих переживать неблагоприятные ситуации. К тому же, обитая, главным образом, в прибрежной зоне – территории наибольшего антропогенного воздействия и токсического риска, они первыми сталкиваются с внешним воздействием.

Натурные исследования макрофитов с индикаторных позиций на Запорожском водохранилище были выполнены в вегетационный период 2003-2005 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Из числа представителей высшей водной растительности наиболее распространенные виды: тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trinex steud.), рогоз узколистный (*Thypha angustifolia* L.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), рогоз широколистный (*Thypha latifolia* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), роголистник (*Ceratophyllum demersus* L.), элодея (*Elodea Canadensis* L.), уруть мутовчатая (*Myriophyllum spicatum* L.), а также плавающие ряска многокоренная (*Spirodela polyrrisa* (L.)Schleid), ряска трехдольная (*Jemna trisulca* L.), сальвиния (*Salvinia natans* L. All) и др.

Водные растения отбирались на больших прибрежных массивах и в заливах. Перед отбором осредненных проб их тщательно промывали водой от частичек грунта, измельчали на фрагменты 1-2 см и доводили до воздушно-сухого веса. Для анализа воздушно-водных растений отбирали надводные их части. Определение элементарного состава выполнялось методом атомно-адсорбционной спектроскопии на приборе ААС-115-1М.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные нами исследования содержания ТМ в абиотических компонентах водохранилища показали, что оно изменялось в широком диапазоне концентраций: в воде – 0,3–184 мкг/дм³, в донных отложениях – 0,2–7960 мг/кг, причем минимальные концентрации свойственны кобальту и кадмию, максимальные – железу и марганцу [6]. Содержание металлов в донных осадках определялось характером и антропогенным фактором. Средние концентрации ТМ в воде и донных отложениях залива Большая Осокоровка, расположенного вдали от промышленных источников, лежат в интервале значений для незагрязненных водоемов и являются «условно фоновыми» для водохранилища (табл. 1).

Таблица 1.

Средние концентрации общих форм тяжелых металлов в воде и донных отложениях залива Большая Осокоровка

Объект исследований	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cd
Вода, мкг/дм ³	37,8	20,7	6,6	3,4	2,2	3,8	1,1	0,40
Донные отложения (ил глинистый) мг/кг	1850	1580	110	6,0	5,4	2,1	3,9	0,16

Следует отметить, что в соответствии с морфологией ложа и характером мелководий в водохранилище выделены 3 участка: верхний – до г.Днепропетровска, где имеет место мощное антропогенное воздействие; средний – до с.Лоц-Каменка,

включая и обширный Самарский залив, также подвержен мощному антропогенному воздействию; нижний – до плотины ДнепроГЭС [7]. Водная растительность распределена неравномерно. По интенсивности зарастания верхний участок находится на первом месте, тип зарастания – бордюрный. Для обширных мелководий среднего участка (Самарский залив) характерно почти сплошное рассеяно-пятнистое зарастание, прибрежная полоса здесь более широкая. Нижний глубоководный участок не имеет больших площадей мелководий, прибрежная полоса растительности (20–50 м) прерывистая, состав водных растений обеднен. Здесь же находится залив Большая Осокоровка, удаленный от промышленных источников (условный геохимический фон).

Исследовалось накопление макрофитами 8 элементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Cd). Согласно результатам анализа, среднее их содержание в различных группах макрофитов было неодинаковым (табл. 2). Независимо от места их произрастания, содержание ТМ повышалось от группы воздушно-водных растений к группе свободноплавающих. Порядок накопления металлов был следующим $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Co > Cd$, который иногда нарушался вначале (для погруженных и свободноплавающих) или в середине ряда. Высокие концентрации ТМ в плавающих растениях, вероятно, обусловлены широко разветвленной поверхностью их соприкосновения с водой, в которой распространены поглощаемые микроэлементы, часть из которых находится в ионном состоянии.

В погруженных растениях также прослеживалось высокое содержание ТМ, иногда даже больше, чем в плавающих, что вероятно, обусловлено большими размерами поверхности их контакта с водой, что отмечалось ранее в некоторых работах [8, 9]. Воздушно-водные растения потребляют металлы в основном корнями, то есть из донных осадков, в которых ТМ находятся в виде комплексов [8]. Вне зоны загрязнения (залив Большая Осокоровка, природный региональный фон) среднее содержание Fe и Mn в полупогруженных растениях было близко по своим значениям и варьировало в пределах 290–530 мг/кг, цинка – было в два раза ниже, Cu, Ni и Pb не превышало 3,1 мг/кг, а Co и Cd – до 0,03 мг/кг (табл. 2). В погруженных и плавающих растениях, отобранных на водохранилище, содержание Fe и Mn составляло сотни и тысячи мг/кг, причем в большинстве проб количество Mn превалировало над количеством Fe.

Содержание цинка в сухой массе макрофитов водохранилища очень разнообразно было максимальным в ряске трехдольной (204 мг/кг, Самарский залив) и рдесте пронзеннолистном (186 мг/кг, Сурской залив). Максимальные его концентрации в других видах погруженных растений также прослеживаются на верхнем и среднем участке водоема (рдест гребенчатый, Диевские плавни – 114 мг/кг, уруть, Самарский залив – 122 мг/кг, элодея канадская у г.Днепропетровска – 131 мг/кг). Но наиболее информативным было накопление цинка рдестом пронзеннолистным, у которого даже на большом удалении от источников загрязнения (нижний участок водоема вблизи залива Вильный) его содержание превышало фоновые концентрации в 1,8 раза.

Таблица 2.

Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности
Запорожского водохранилища, в мг/кг сухого вещества

Вид растения	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cd
Диевские плавни								
Тростник	86,9	68,6	40	6,1	1,3	3,2	0,25	0,08
Рогоз узколистный	106	81,9	51	7,0	1,8	4,0	0,45	0,12
Рдест пронзеннолистный	1850	990	125	18	6,1	10	2,7	1,50
Рдест гребенчатый	380	940	114	11	3,0	12,0	1,0	1,0
Ряска многокоренная	970	1200	160	15	7,3	13	3,8	1,3
Обуховские плавни								
Тростник обыкновенный	66,0	39,3	28	3,4	0,9	3,0	0,2	0,02
Рогоз узколистный	78,0	57,7	34	2,7	1,2	3,3	0,2	0,05
Рдест пронзеннолистный	1290	1830	89	9,0	3,7	6,2	1,9	0,87
Рдест гребенчатый	812	510	47	5,3	0,6	7,4	0,8	0,19
Валлиснерия спиральная	1480	870	44	6,1	2,3	11	2,2	0,24
Роголистник	280	860	80	10	2,0	14	3,0	0,47
Сальвиния	292	184	75	5,3	3,0	10	3,7	0,26
Ряска трехдольная	690	1250	97	6,4	5,7	16	5,0	0,50
Самарский залив								
Тростник обыкновенный	109	112	46	6,2	0,7	4,6	1,0	0,14
Рогоз узколистный	97	80	59	8,6	1,8	6,0	0,8	0,12
Камыш озерный	112	94	24	4,8	1,1	2,4	0,6	0,08
Уруть	1060	840	122	8,3	2,0	7,0	2,6	0,2
Роголистник	220	1310	67	20	1,7	27	5,0	1,4
Рдест пронзеннолистный	1870	1010	139	18	3,8	9,3	5,0	1,3
Рдест гребенчатый	520	460	58	9,2	1,7	10	2,3	0,8
Рдест курчавый	500	390	47	6,8	1,3	6,7	2,9	0,3
Ряска многокоренная	1270	1840	204	15	4,9	22	4,1	1,0
Монастырский остров								
Рогоз узколистный	91	117	66	2,7	2,9	3,1	0,7	0,18
Элодея канадская	890	1140	131	9,3	1,2	9,8	3,1	1,0
Рдест пронзеннолистный	1350	1070	113	6,0	4,0	11	2,8	1,3
Рдест гребенчатый	812	169	86	5,8	2,3	8	1,7	0,25
Сальвиния	440	370	57	10	1,1	10	3,0	0,3
Ряска трехдольная	790	912	132	8,4	5,8	18	6,1	0,7
Сурской залив								
Роголистник	1810	1340	110	18	3,9	11	3,8	1,9
Рдест пронзеннолистный	1300	2020	186	13	5,6	19	2,6	1,3
Мелководья вблизи залива Вильный								
Рогоз узколистный	54	81	40	3,2	1,9	2,8	1,0	0,16
Рдест пронзеннолистный	810	960	82	8,0	3,8	8,7	3,2	0,9
Залив Большая Осокоровка (условный «фон»)								
Рогоз узколистный	53	40	20	2,2	0,6	2,6	0,3	0,04
Тростник обыкновенный	38	29	28	3,1	1,0	1,7	0,5	0,03
Рдест гребенчатый	336	484	36	5,5	2,5	5,0	1,8	0,22
Рдест пронзеннолистный	870	1210	45	6,0	3,0	6,4	2,6	0,31
Роголистник	390	780	40	7,1	1,7	5,8	3,0	0,28
Ряска многокоренная	910	860	58	7,5	3,5	8,0	4,3	0,5

В растительных тканях верхнего и среднего участков водохранилища и его заливов также определены высокие концентрации меди и никеля, но они на порядок ниже содержания цинка. Особенно высокая поглощательная способность была у

макрофитов, подверженных антропогенному воздействию, мелководных, хорошо прогреваемых участков Самарского залива. Так, в отобранном здесь роголистнике медь составила 20, никель – 27, кадмий – 1,4 мг/кг сухого вещества. Высокие их концентрации определены в растениях верхнего участка водоема, подверженных влиянию сточных вод больших городов (Диевские плавни, остров Монастырский). Содержание цинка в отобранном здесь рдесте гребенчатом варьировало в пределах 86–114; кадмия 0,7–1,8; никеля – достигало 12 мг/кг.

Однако для сравнительной характеристики лучше использовать один и тот же вид растения. Таковыми могут быть рдест пронзеннолистный и ряски, встречающиеся почти во всех местах отбора проб, и обладающие высокой способностью к концентрированию металлов, что отмечалось и другими авторами [9,10]. Высокой поглотительной способностью, особенно к цинку, обладает рдест гребенчатый, однако у него замечены признаки угнетения в местах высокого содержания металлов, в то время как у рясок и рдеста пронзеннолистного подобные изменения не обнаружены.

По мере удаления от верхнего и среднего участков водохранилища содержание металлов в растительных сообществах уменьшается. Здесь нет больших площадей мелководий, а зарастание – бордюрного типа. В прибрежной зоне преобладают лессовые мелководья – отмели, содержание металлов в донных отложениях которых сходно с таковым в почво-грунтах водосборной площади. Однако и здесь по анализу тканей погруженных растений прослеживается загрязнение водной среды цинком и кадмием, полного самоочищения от которых не происходит (табл. 2).

Характеризуя в целом экологическое состояние Запорожского водохранилища по содержанию ТМ в водных растениях, можно отметить, что весь водоем испытывает по отношению к ним антропогенную нагрузку, степень которой различна на разных участках. Существует общая тенденция снижения содержания металлов в растениях по мере удаления их от источников загрязнения, но загрязнение цинком и кадмием прослеживается на всем водохранилище.

ВЫВОДЫ

1. Получены базовые результаты по накоплению тяжелых металлов макрофитами Запорожского водохранилища, которые позволили установить уровни их содержания в разных видах и на различных участках водоема. Установлены сильно загрязненные зоны. Отмечено также загрязнение всего водохранилища цинком и кадмием.
2. В качестве индикаторных видов рекомендованы ряски и рдест пронзеннолистный, которые могут быть использованы в биомониторинге. Важным преимуществом их является высокая концентрационная способность по отношению к железу, цинку, никелю и кадмию, устойчивость к поллютантам, а также распространенность на различных участках водоема.

Список литературы

-
1. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. – 286 с.
 2. Водний кодекс України. – Київ, 1995. – 15 с.
 3. Никаноров А.М., Жулидов А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
 4. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
 5. Микрякова Т.Ф. Тяжелые металлы в макрофитах Рыбинского водохранилища //Водные ресурсы. – 1996ю – Т. 23, № 2. – С. 234–240.
 6. Федоненко Е.В., Филиппова Е.В. Оценка загрязнения Днепровского водохранилища тяжелыми металлами по их содержанию в абиогенных компонентах //Матер. 2-й Междунар. конф. «Екологічна безпека. Проблеми і шляхи вирішення». – Алушта, 2006. – С. 216–219.
 7. Барановский Б.А. Растительность мелководий Запорожского водохранилища //Современные проблемы экспериментальной биологии и биотехнологии. Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 1985. – С.100–105.
 8. Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е Тяжелые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность //Биол. Наука. – 1989. – №9. – С. 93–106.
 9. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений //Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. //Гидробиол. Журнал. – 1982. – Т. 18, №1. – С.79–82.
 10. Якубовский К.Б., Рубан И.С., Мережко А.И. Эколого-физиологические особенности рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) //Тез. докл 5 Всес. лимн. совещания на Байкале. – Иркутск, 1981. – С. 147–149.

Федоненко О.В., Філіппова Є.В. Оцінка рівня забруднення Запорізького водосховища важкими металами // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 2. – С. 133-138.

На підставі вивчення накопичення важких металів макрофітами Запорізького водосховища встановлені закономірності й ступінь забруднення водойми на різних ділянках. Рекомендовано індикаторні види водяних рослин для використання в біомоніторингу.

Ключові слова: Запорізьке водосховище, важкі метали, макрофіти, біомоніторинг.

Fedonenko E.V., Filippova E.V. Contamination level estimation in the Zaporozhian reservoir // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 2. – P. 133-138.

The study of heavy metal accumulation in macrophytes of the Zaporozhian reservoirs resulted in elucidation of regularities and levels of reservoir contamination in its various areas. The indicator types of water plants had been recommended for the use in biomonitoring.

Keywords: the Zaporozhian reservoir, heavy metals, macrophytes, biomonitoring.

Пост упила в редакцію 20.05.2008 г.
