

УДК [574.64:581.526.3] (28)

ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАКРОФІТІВ.

Федоненко О.В., Філіппова Є.В., Шарамок Т.С.

Оцінка рівня забруднення Запорізького водосховища важкими металами за допомогою макрофітів.-Федоненко О.В., Філіппова Є.В., Шарамок Т.С.-Встановлені особливості накопичення важких металів макрофітами Запорізького водосховища в умовах антропогенного забруднення. Середній вміст важких металів у різних групах макрофітів був неоднаковим. Незалежно від місця їх зростання, концентрація металів підвищувалася від групи повітряно-водних рослин до групи плаваючих рослин. Встановлені найбільш забруднені зони Запорізького водосховища. Виявлено, що водосховище забруднено цинком та кадмієм. Як біоіндикатори забруднення водойми важкими металами можливо використовувати ряски (*Spirodela polyrrisa* L., *Jemna trisulca* L.) та рдесник (*Potamogeton perfoliatus* L.), які активно накопичують залізо, цинк, нікель і кадмій, стійкі до поллютантів і поширені на різних ділянках водосховища.

Ключові слова: Запорізьке водосховище, макрофіти, важкі метали, антропогенне забруднення.

Адреса: Дніпропетровський національний університет, кафедра іхтіології, гідробіології та екології, 49050, м. Дніпропетровськ, вул. Наукова, 13.

Estimation of level of contamination of the Zaporozhian Reservoir by heavy metals by means plants.-Fedonenko O.V., Filippova E.V., Sharamok T.S.-The set features of accumulation by the heavy metals of the plants Zaporozhian Reservoir depending on ecological terms. Middle maintenance of heavy metals in different groups of plants was different. Regardless of place of their growth, concentration of metals rose from the group of air-water plants to the group of floating plants. The muddy areas of the Zaporozhian Reservoir are set most. It is exposed, that a storage pool is muddy by zinc and cadmium. How bioindicators of contamination of reservoir by heavy metals it is possible to use *Spirodela polyrrisa* (L.), *Jemna trisulca* L. and *Potamogeton perfoliatus* L., which actively accumulate iron, zinc, nickel and cadmium, firm to contamination and widespread on different areas storage pools.

Keywords: Zaporozhian Reservoir, plants, heavy metals, contamination.

Address: Dnepropetrovsk national university, department of ichthyology, hydrobiology and ecology, 49050, Dnepropetrovsk, Scientific, 13.

Вступ

В результаті виробничої діяльності людей у навколишнє середовище потрапляють техногенні продукти, у тому числі і важкі метали. Проникаючи в різні біохімічні цикли і нагромаджуючись, вони представляють найнебезпечніший вид забруднення. Спостерігається патогенне зникнення природних компонентів і заміна їх природно-антропогенними. Особливо змінюється природна прісна вода, оскільки індустріально розвинуті регіони, як правило, розташовані на берегах водосховищ і річок.

В таких умовах знаходиться Запорізьке водосховище – внутрішньокаскадне водоймище комплексного призначення з великим антропогенним навантаженням. Ландшафтно-геохімічні перетворення, які відбуваються на його водозбірній площі, зумовлюють виникнення в ньому зон токсичного ризику. Серед пріоритетних токсикантів, стійких у навколишньому середовищі і з кумулятивним ефектом, найбільш небезпечні важкі метали [1]. Вони вимагають першочергового

аналітичного контролю. У зв'язку з цим, Водним кодексом України введено поняття екологічного нормативу чистої води [2]. Для обґрунтування даного нормативу необхідне знання вмісту токсикантів у воді. Проте у зв'язку з осадженням важких металів при високих значеннях рН водних об'єктів прямий контроль їх вмісту у воді не відображає істинної картини забруднення. Тому останнім часом крайньою необхідністю став моніторинг - інтегрована оцінка забруднення середовища по відгуку організмів. Як останні пропонуються використовувати багаторічні види, які широко розповсюджені, ведуть прикріплений спосіб життя, легко здобуваються і відповідають на зміну якості води зміною мінерального складу [3]. З цією метою в якості біоіндикаторів випробовувався ряд водних організмів. Проте серед них вищі водні рослини мають значні переваги. Вони є зручним об'єктом для спостереження: не мігрують, концентрують важкі метали та мають великий період їх напіввиведення, мешкають на мілководді [4; 5]. Однак аналіз літературних даних показує, що

дослідження, які формують базу моніторингу з використанням макрофітів, знаходяться у стадії накопичення інформації. Але на них вже звернуто увагу як на найадекватніших відбивачів стану середовища. Макрофіти, на відміну від моллюсків, не мають пристосувань, що дозволяють переживати несприятливі ситуації. До того ж, існуючи головним чином в прибережній зоні – території найбільшої антропогенної дії і токсичного ризику, вони першими стикаються із зовнішньою дією.

Матеріал і методика досліджень

Натурні дослідження макрофітів як біоіндикаторів Запорізького водосховища були виконані у вегетаційний період 2003-2005 рр. З числа представників вищої водної рослинності найпоширеніші види: очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trinex steud.), рогіз вузьколистий (*Thypha angustifolia* L.), очерет озерний (*Scirpus lacustris* L.), рогіз широколистий (*Thypha latifolia* L.), рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus* L.), рдесник кучерявий (*Potamogeton crispus* L.), кушнір темно-зелений (занурений) (*Ceratophyllum demersum* L.), елодея канадська (*Eloдея canadensis* L.), уруть кільчаста (*Myriophyllum spicatum* L.), а також плаваючі рослини: спіродела багатокоренева (*Spirodela polyrrisa* (L.) Schleid), ряска триборозенчаста (*Jemna trisulca* L.), сальвінія плаваюча (*Salvinia natans* L. All) і ін.

Таблиця 1. Середні концентрації важких металів у воді і донних відкладеннях затоки Велика Осокорівка (M±m), n=5.
Middle concentrations of heavy metals in water and ground deposits of bay Large Osocorivka (M±m), n=5.

Об'єкт досліджень	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cd
Вода, мкг/л	37,8± 1,2	20,7± 0,8	6,6± 0,08	3,4± 0,04	2,2± 0,03	3,8± 0,04	1,1± 0,02	0,40± 0,02
Донні відкладення (мул глинистий) мг/кг	1850± 19,7	1580± 13,6	110± 4,6	6,0± 0,1	5,4± 0,09	2,1± 0,02	3,9± 0,05	0,16± 0,009

Слід зазначити, що відповідно до морфології ложа і характеру мілководь у водосховищі виділено 3 ділянки: верхня – до м. Дніпропетровська, де має місце потужна антропогенна дія; середня - до с. Лоц-Каменка, включаючи й Самарську затоку, також знаходиться під сильним антропогенним пресом та нижня – до дамби Дніпрогес [7]. Водна рослинність у цих ділянках розподілена нерівномірно. По інтенсивності заростання верхня ділянка знаходиться на першому місці, тип заростання – бордюрний. Для обширних мілководь Самарської затоки характерне майже суцільне, розсіяно-плямисте заростання, прибережна смуга тут більш широка. Нижня глибоководна ділянка не має великих площ мілководь, прибережна смуга рослинності (20-50 м) уривиста, склад водних рослин збіднений. Тут же знаходиться затока

Водні рослини відбиралися на великих прибережних масивах і в затоках. Перед відбором усереднених проб їх ретельно промивали водою від частинок ґрунту, подрібнювали на фрагменти 1-2 см і доводили до повітряно-сухої ваги. Для аналізу повітряно-водних рослин відбирали надводні їх частини. Вміст важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Cd) визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі ААС-115-1М.

Отримані дані обробляли статистично з використанням комп'ютерної програми «STATISTICA».

Результати досліджень та їх обговорення

Проведені нами дослідження вмісту важких металів в абіотичних компонентах водосховища показали, що він змінювався в широкому діапазоні концентрацій: у воді – від 0,3 до 184 мкг/л, у донних відкладеннях - від 0,2 до 7960 мг/кг, причому мінімальні концентрації були властиві кобальту і кадмію, максимальні – залізу і марганцю [6]. Вміст металів у донних опадах залежав від типу ґрунту та антропогенного чинника. Середні концентрації металів у воді і донних відкладеннях затоки Велика Осокорівка, розташованої оддалік промислових джерел, лежать в інтервалі значень для незабруднених водоймищ і є «умовно фоновими» для водосховища (таблиця 1).

Велика Осокорівка, віддалена від промислових джерел (умовний геохімічний фон).

Згідно результатам аналізу, середній вміст важких металів у різних групах макрофітів був неоднаковим (таблиця 2). Незалежно від місця їх зростання, концентрація металів підвищувалася від групи повітряно-водних рослин до групи рослин з плаваючими листями. Порядок накопичення металів був наступним: Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Co > Cd, який іноді порушувався - спочатку (для занурених і плаваючих рослин) або в середині ряду. Високі концентрації важких металів у плаваючих рослинах, ймовірно, обумовлені широко розгалуженою поверхнею їх зіткнення з водою, в якій поширені мікроелементи, що поглинаються рослинами.

Таблиця 2. Вміст важких металів у вищій водній рослинності Запорізького водосховища, в мг/кг сухої речовини.

Table of contents of heavy metals in plants of the Zaporozhian Reservoir, at the mg/cg dry matter.

Вид рослини	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cd
Дійовські плавні								
Очерет звичайний	86,9	68,6	40	6,1	1,3	3,2	0,25	0,08
Рогіз вузьколистий	106	81,9	51	7,0	1,8	4,0	0,45	0,12
Рдесник пронизанолистий	1850	990	125	18	6,1	10	2,7	1,50
Рдесник гребінчастий	380	940	114	11	3,0	12,0	1,0	1,0
Спіродела багатокоренева	970	1200	160	15	7,3	13	3,8	1,3
Обухівські плавні								
Очерет звичайний	66,0	39,3	28	3,4	0,9	3,0	0,2	0,02
Рогіз вузьколистий	78,0	57,7	34	2,7	1,2	3,3	0,2	0,05
Рдесник пронизанолистий	1290	1830	89	9,0	3,7	6,2	1,9	0,87
Рдесник гребінчастий	812	510	47	5,3	0,6	7,4	0,8	0,19
Валліснерія спіральна	1480	870	44	6,1	2,3	11	2,2	0,24
Кушнір темно-зелений (занурений)	280	860	80	10	2,0	14	3,0	0,47
Сальвінія плаваюча	292	184	75	5,3	3,0	10	3,7	0,26
Ряска триборозенчаста	690	1250	97	6,4	5,7	16	5,0	0,50
Самарська затока								
Очерет звичайний	109	112	46	6,2	0,7	4,6	1,0	0,14
Рогіз вузьколистий	97	80	59	8,6	1,8	6,0	0,8	0,12
Очерет озерний	112	94	24	4,8	1,1	2,4	0,6	0,08
Уруть кільчаста	1060	840	122	8,3	2,0	7,0	2,6	0,2
Кушнір темно-зелений (занурений)	220	1310	67	20	1,7	27	5,0	1,4
Рдесник пронизанолистий	1870	1010	139	18	3,8	9,3	5,0	1,3
Рдесник гребінчастий	520	460	58	9,2	1,7	10	2,3	0,8
Рдесник кучерявий	500	390	47	6,8	1,3	6,7	2,9	0,3
Спіродела багатокоренева	1270	1840	204	15	4,9	22	4,1	1,0
Монастирський острів								
Рогіз вузьколистий	91	117	66	2,7	2,9	3,1	0,7	0,18
Елодея канадська	890	1140	131	9,3	1,2	9,8	3,1	1,0
Рдесник пронизанолистий	1350	1070	113	6,0	4,0	11	2,8	1,3
Рдесник гребінчастий	812	169	86	5,8	2,3	8	1,7	0,25
Сальвінія плаваюча	440	370	57	10	1,1	10	3,0	0,3
Ряска триборозенчаста	790	912	132	8,4	5,8	18	6,1	0,7
Сурська затока								
Кушнір темно-зелений (занурений)	1810	1340	110	18	3,9	11	3,8	1,9
Рдесник пронизанолистий	1300	2020	186	13	5,6	19	2,6	1,3
Мілководдя поблизу Вільної затоки								
Рогіз вузьколистий	54	81	40	3,2	1,9	2,8	1,0	0,16
Рдесник пронизанолистий	810	960	82	8,0	3,8	8,7	3,2	0,9
Затока Велика Осокорівка (умовний «фон»)								
Рогіз вузьколистий	53	40	20	2,2	0,6	2,6	0,3	0,04
Очерет звичайний	38	29	28	3,1	1,0	1,7	0,5	0,03
Рдесник гребінчастий	336	484	36	5,5	2,5	5,0	1,8	0,22
Рдесник пронизанолистий	870	1210	45	6,0	3,0	6,4	2,6	0,31
Кушнір темно-зелений (занурений)	390	780	40	7,1	1,7	5,8	3,0	0,28
Спіродела багатокоренева	910	860	58	7,5	3,5	8,0	4,3	0,5

В занурених рослинах також простежувався високий вміст важких металів, іноді навіть більше, ніж у плаваючих. Це може бути пов'язано з великими розмірами поверхні їх контакту з водою, що наголошувалося раніше в деяких роботах [8; 9]. Повітряно-водні рослини споживають метали в

основному коренями, тобто з донних опадів, в яких останні знаходяться у вигляді комплексів [8].

Поза зоною забруднення (затока Велика Осокорівка) середній вміст Fe і Mn у напівзанурених рослинах був близький за своїми значеннями і варіював у межах 290-530 мг/кг, цинку – було в два рази менше, Cu, Ni і Pb не

перевищувало 3,1 мг/кг, а Co і Cd – до 0,03 мг/кг (таблиця 2). У занурених і плаваючих рослинах, відібраних на водосховищі, вміст Fe і Mn складав сотні і тисячі мг/кг, причому в більшості проб кількість Mn переважала над залізом.

Вміст цинку в сухій масі макрофітів водосховища був дуже різноманітний, максимальним у рясці триборозенчастій (204 мг/кг, Самарська затока) і рдеснику пронизанолистому (186 мг/кг, Сурська затока). Максимальні його концентрації в інших видах занурених рослин також простежуються на верхній і середній ділянці водоймища (у рдесника гребінчастого, Дійовські плавні – 114 мг/кг, уруті кільчастої, Самарська затока – 122 мг/кг та елодеї канадської у м. Дніпропетровськ – 131 мг/кг). Але найінформативнішим було накопичення цинку рдесником пронизанолистим, у якого навіть на великій відстані від джерел забруднення (нижня ділянка водоймища поблизу Вільної затоки) його вміст перевищував фонові концентрації в 1,8 рази.

У рослинних тканинах верхньої і середньої ділянок водосховища і його заток визначені високі концентрації міді і нікелю, але вони на порядок нижче за вміст цинку. Особливо висока поглинальна здатність спостерігалась у макрофітів, що знаходились під впливом антропогенної дії, на мілководдях Самарської затоки, особливо ділянках які добре прогриваються. Так, у відібраному тут кушнірі темно-зеленому рівень міді дорівнював 20, нікелю – 27, кадмію – 1,4 мг/кг сухої речовини. Високі їх концентрації визначені в рослинах верхньої ділянки водоймища, що знаходяться під впливом стічних вод великих міст (Дійовські плавні, острів Монастирський). Вміст цинку у відібраному тут рдеснику гребінчастому варіював у межах 86-114, кадмію 0,7-1,8, нікелю – досягав 12 мг/кг.

Проте для порівняльної характеристики краще використовувати один і той же вид рослини. Такими можуть бути рдесник пронизанолистий і ряска, що зустрічаються майже у всіх місцях відбору проб, і володіючих високою здібністю до концентрації металів, що наголошувалося й іншими авторами [9; 10]. Високою поглинальною здатністю, особливо до цинку, володіє рдесник

гребінчастий, проте у нього помічені ознаки пригнічення в ділянках з високим вмістом металів, тоді як у рясок і рдеснику пронизанолистого подібні зміни не спостерігались.

По мірі віддалення від верхньої і середньої ділянок водосховища вміст металів у рослинних угрупованнях зменшується. Тут немає великих площ мілководь, а заростання – бордюрного типу. В прибережній зоні переважають лесові мілководдя – мілини, вміст металів у донних відкладеннях яких схожий з таким у ґрунтах водозбірної площі. Проте і тут згідно аналізу тканин занурених рослин простежується забруднення водного середовища цинком і кадмієм, повного самоочищення від яких не відбувається.

Характеризуючи в цілому екологічний стан Запорізького водосховища за вмістом важких металів у водних рослинах, можна відзначити, що все водоймище знаходиться під впливом антропогенного навантаження, ступінь якого неоднорідний на різних його ділянках. Існує загальна тенденція зниження вмісту металів у рослинах по мірі віддалення їх від джерел забруднення, але забруднення цинком і кадмієм простежується по всьому водосховищу.

Висновки

Отримані базові результати по накопиченню важких металів макрофітами Запорізького водосховища, які дозволили встановити рівні їх вмісту в різних видах і на різних ділянках водоймища. Зонами забруднення водосховища є верхня його ділянка та Самарська затока. Відзначено також забруднення всього водосховища цинком і кадмієм.

Індикаторними видами забруднення водоймища важкими металами слід вважати *Jemna trisulca L.*, *Spirodela polyrrisa (L.) Schleid* і *Potamogeton perfoliatus L.* Важливою перевагою їх є висока концентраційна здатність по відношенню до заліза, цинку, нікелю і кадмію, стійкість до полютантів, а також поширеність на різних ділянках водоймища.

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, Гидрометеоздат, 1991. – 312 с.
4. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л, Наука, 1989 – 192с.
5. Микрякова Т.Ф. Тяжелые металлы в макрофитах Рыбинского водохранилища.// Водные ресурсы, 1996, т23, №2, - С. 234-240.
6. Федоненко Е.В., Филиппова Е.В. Оценка загрязнения Днепровского водохранилища тяжелыми металлами по их содержанию в абиогенных компонентах // М-лы 2-й Международной конференции «Экологична безпека. Проблеми і шляхи вирішення», м. Алушта, 2006. - С. 216-219.

7. Барановский Б.А. Растительность мелководий Запорожского водохранилища // Сб. «Современные проблемы экспериментальной биологии и биотехнологии. – Днепропетровск, 1985, - С.100 – 105.
8. Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е. Тяжелые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность. // Биологич наука, №9, 1989. – С. 93-106.
9. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений.// Гидробиол. журнал, 18, №1, 1982. – С.79 – 82.
10. Якубовский К.Б., Рубан И.С., Мережко А.И. Эколого-физиологические особенности рдеста пронизанолистного (*Potamogeton perfoliatus L.*) // Тез. Докл 5 Всес. лимн совещания на Байкале, Иркутск, 1981, - С. 147 – 149

Отримано: 11 лютого 2008 р.

Прийнято до друку: 12 травня 2008 р.