

УДК 628.315.23

**ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ГІДРОБІОНТАМИ ПРИ БІООЧИЩЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД****Г. І. Васенков<sup>1</sup>, Т. П. Василюк<sup>1</sup>, В. М. Пазич<sup>1</sup>, В. І. Максін<sup>2</sup>**

1 - Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир,  
2 - Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ  
e-mail: [tana300@rambler.ru](mailto:tana300@rambler.ru), [vimaksin@i.ua](mailto:vimaksin@i.ua)

*Наведено результати досліджень накопичення важких металів у фітомасі та у кореневій системі водного гіацинту (*Eichornia crassipes*). Досліджено закономірності їх розподілу під час процесів очищення стічних вод. Визначено коефіцієнти переходу цинку, кадмію, міді та свинцю у рослини Ейхорнії.*

*Ключові слова: водний гіацинт, важкі метали, стічні води, очищення, коефіцієнт переходу.*

**Обґрунтування досліджень.** Вплив людини на біосферу складний і різноманітний, досить часто він веде до необоротних змін. Всі зміни антропогенної природи порушують природний баланс кожної екосистеми, яка сформувалась поступово на протязі тривалого періоду часу. Внаслідок такого впливу в різних компонентах біосфери проходить інтенсивне нагромадження рідкісних і розсіяних елементів у кількостях, які значно перевищують їх природній вміст. Серед неорганічних сполук значне місце займають токсичні важкі метали, надходження яких в біосферу може привести до її забруднення при збільшенні їх вмісту в десятки і сотні раз [6].

Більша частина всіх промислових викидів, яка надходить безпосередньо в водні об'єкти накопичується у гідробіонтах різного рівня. Тобто, водна флора та фауна виконує функції біологічного адсорбента, руйнівника і нейтралізатора різних техногенних забруднювачів. Важкі метали, які нагромаджуються, повільно знищуються при вилуговуванні, споживанні рослинами, тощо. Період напіврозпаду (тобто розпаду половини від початкової концентрації) важких металів сильно варіює і складає: для цинку - від 70 до 510 років, для кадмію - від 13 до 1100 років, для міді - від 310 до 1500 років і для свинцю від 740 до 5900 років [7].

Забруднення водойм важкими металами має різне походження: це і відходи металообробної промисловості; промислові викиди; продукти згоряння палива; автомобільні викиди відпрацьованих газів; засоби хімізації. Нарівні з промисловістю, комунальним господарством, важливу, якщо не провідну роль відіграє сільське господарство. Впливовим фактором дії на природу хімічними засобами стало широке використання пестицидів [1,7].

Систематичне застосування пестицидів і мінеральних добрив зумовлює внесення значної кількості важких металів в ґрунт. Поряд з використанням мінеральних добрив і пестицидів, інтенсивна хімізація сільськогосподарського виробництва також характеризується застосуванням мікроелементів - бору, міді, цинку, заліза, молібдену, марганцю, кобальту та ін.

З важких металів, які надходять у водойми із поверхневими стоками сільськогосподарських угідь, найбільш токсичні: кадмій, потім нікель, мідь, цинк, свинець. Найбільш забруднені важкими металами фосфорні добрива. Так, в 1ц суперфосфату валовий вміст міді - 3 г, цинку - 13,7 г, кадмію - 1,5 г, свинцю - 4,8 г, нікелю - 0,6 г [1, 8]. Встановлено, що при систематичному використанні мінеральних добрив простежується тенденція до збільшення в прилеглих водних об'єктах валового вмісту цинку - від 28 до 38,2 мг/кг, міді - від 8,9 до 15,3 мг/кг, олова - від 16 до 19,3 мг/кг, кадмію - від 0,51 до 0,79 мг/кг, стронцію - від 172 до 192 мг/кг [2].

В сільськогосподарських стоках щорічний вміст важких металів складає: кадмію - 18 т, хрому - 150 т, міді - 420 т, нікелю - 40 т, свинцю - 140 т, цинку - 710 т [1]. Таким чином,



виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що одним з основних джерел забруднення навколишнього природного середовища важкими металами на Поліссі є сільське господарство. Для сільськогосподарських угідь особливу небезпеку забруднення складає незбалансоване внесення мінеральних добрив і застосування хімічних засобів захисту рослин.

Існують різні способи очищення вод, у тому числі і від важких металів [3]: механічні хімічні, фізико-хімічні і біологічні, але тільки комплексне впровадження всіх методів дозволить зробити цей процес ефективним. Для очищення і доочищення стічних вод в даний час широко використовуються гідробіонти (очерет, рогіз, ряска тощо), зокрема апробований і застосовується водний гіацинт (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) [2-9]. Вказані рослини ефективно очищають водойми, занесені в список мертвих або ті, що знаходяться на межі вимирання, малі річки, відстійники промислового, господарчо-побутового і іншого походження; помітно знижують в стічних водах вміст більшості елементів і вже за тиждень повністю усувають неприємний запах [2,3].

Ейхорнія, як і більшість вищих водних рослин, здатна в значних кількостях накопичувати в собі важкі метали (свинець, ртуть, мідь, кадмій, нікель, кобальт, олово, марганець, залізо, цинк, хром), а також радіонукліди і, таким чином, вилучати дані метали з води, роблячи її придатною для використання [5-9].

**Матеріали і методи.** Метою даної роботи було вивчення споживання ряду важких металів (мідь, свинець, кадмій і цинк) рослинами водного гіацинта в лабораторних умовах та визначення коефіцієнтів переходу цих елементів у вегетативну масу Ейхорнії.

Для вивчення якості очищення води від важких металів рослинами водного гіацинта була створена модельна штучна екосистема.

Очищення стічних вод здійснювали на лабораторній установці – моделі ставків-відстійників, виготовленій із органічного скла (рис.1). Установка дозволяє проводити процес очищення в періодичному режимі культивування організмів.



Рис. 1. Схема штучної моделі аерованого ставка-відстійника.

Стічна вода зі збірника-резервуара подається на очищення в резервуар для відстоювання, в який висаджувалися рослини для визначення ступеня очищення стічної води. Висадка рослин проводилася з розрахунку: одна доросла рослина на літр води, що очищується, покриття водної поверхні складало 70%. За контроль прийнятий варіант без рослин. Температура води в експериментах складала +22-24°C, а навколишнього повітря +24-26°C та визначалася термометром типу ТА. В штучних умовах для аерації водного середовища застосовувалися компресори акваріумні типу Tetratec APS. Прилад для подачі повітря забезпечує не лише аерацію, але й активне перемішування стічної води. Для підтримання температури водного середовища використовувалися нагрівачі занурювальні з терморегулятором Акваель AQ-200W потужністю 200 W. У міру споживання води гіацинтом



і випаровування з поверхні в дослідних і контрольних варіантах проводилося доливання дистильованої води до первинного рівня.

У якості живильного субстрату для рослин використовувалася вода, яка містила солі важких металів. В ході експериментів проведені наступні аналізи: води на наявність важких металів (вміст металів у вхідній воді:  $\text{Cu}^{2+}$ –25,7±1,2 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Zn}^{2+}$ –17,7±0,83 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Cd}^{2+}$ –0,14±0,04 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Pb}^{2+}$ –0,73±0,08 мг/дм<sup>3</sup>) після десятиденного очищення за допомогою ейхорнії, а також зеленої маси рослин після закінчення експериментів. Аналіз вмісту важких металів в пробах проводився методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

**Результати і обговорення.** Широке використання водного гіацинта для доочистки стічних вод що містять значні кількості важких металів показує ефективність рослин ейхорнії [2-9].

Як субстрат була вибрана вода, в якій передбачалася наявність значної концентрації важких металів, таких як свинець. Заздалегідь проведений аналіз показав значне перевищення вмісту важких металів цинку, кадмію, свинцю і міді, в порівнянні з ГДК для культурно-побутових водоймищ.

У ряді літературних джерел зустрічаються відомості про токсичний вплив свинцю, цинку, міді і кадмію на рослини водного гіацинту [6–9]. Результати досліджень показали, що в наших модельних експериментах концентрація вказаних металів значно перевищує ГДК; рослини же не тільки перенесли значне перевищення концентрації даних елементів, але і зберегли свою життєздатність та вегетативно розмножувалися.

Через десять днів з моменту висадки рослин був проведений повторний аналіз вмісту важких металів у воді в контрольних і піддослідних установках (табл.1).

Таблиця 1. Очищення стічних вод від важких металів за 10-денний період за участю водного гіацинту

Визначуваний елемент	Вміст важких металів у воді до початку експерименту, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст важких металів у воді після закінчення експерименту, мг/дм <sup>3</sup>
Cd	0,14±0,01	0,021±0,002
Cu	26,3±0,13	5,0±0,2
Pb	0,73±0,005	0,20±0,03
Zn	17,7±0,02	3,3±0,4

Одержані дані свідчать про те, що за десять днів концентрація елементів, що вивчаються в моделі з рослинами водного гіацинта, значно знизилася (більш ніж в 11 разів для кадмію, в 5,3 разу для міді, в 5,4 разів для цинку, в 3,6 рази для свинцю), тоді як в контролі залишилася на тому ж рівні, що і на початку експерименту. Враховуючи швидкість очищення води рослинами водного гіацинта, можна стверджувати, що через три-чотири тижні вода буде відповідати нормативам СанПіН, що пред'являються до культурно-побутових водоймищ.

Окрім води, через десять днів від початку експерименту було також проаналізовано вміст вказаних важких металів в рослинній тканині. Для аналізу відбиралося листя та коренева система ейхорнії, що вирости безпосередньо під час експерименту.

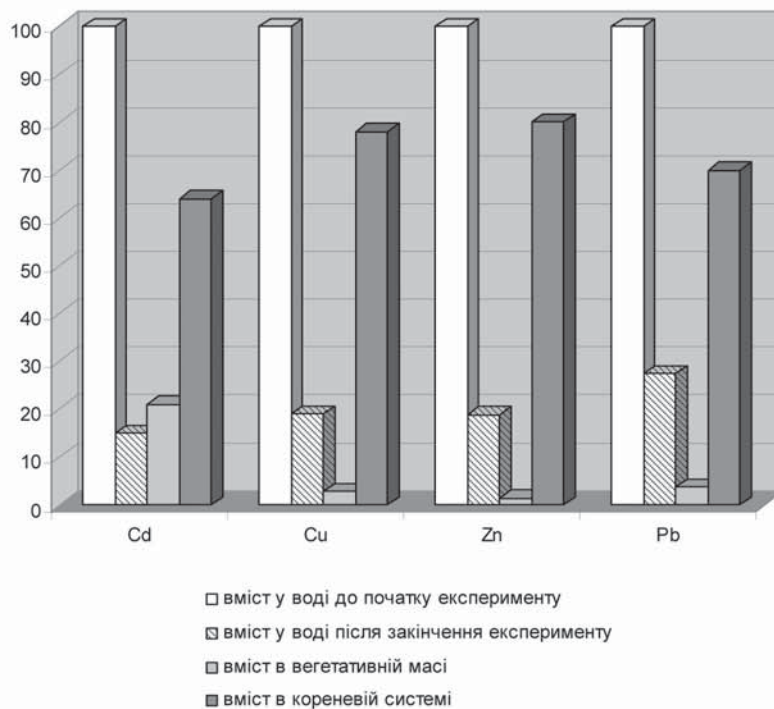


Рис. 2. Розподіл вмісту важких металів у рослинах ейхорнії та воді після 10-денного очищення, %.

Не дивлячись на те, що рослини знаходилися на субстраті, в якому вміст міді, цинку, свинцю і кадмію в 25, 16, 76 і 110 разів, відповідно, перевищував встановлені ГДК даних металів у воді, рослини в зеленій масі накопичили дані елементи в незначній кількості (рис.2). Встановлено, що близько 64% кадмію, 78% міді, близько 80% цинку та майже 70% свинцю, що містяться у водному розчині, акумулюються в корінні рослин та 21% кадмію, майже 3% міді, близько 1,5% цинку та майже 4% свинцю - у вегетативній масі, тобто основна маса елементів, поглинутих з води, накопичилася в корінні водного гіацинта. В цілому, вміст важких металів в листі не перевищував встановлені ГДК для кормів сільськогосподарських тварин.

За результатами аналізів вмісту важких металів у рослинних тканинах визначені коефіцієнти переходу цих речовин із води у листя та кореневу систему ейхорнії (табл.2).

Таблиця 2. Коефіцієнти переходу важких металів ( $\text{мг/дм}^3$ ) у тканини ейхорнії ( $\text{мг/кг}$  сухої речовини)

Визначуваний елемент	Кп у тканини листя рослин ейхорнії	Кп у тканини кореневої системи рослин ейхорнії
Cd	0,2	0,6
Cu	0,03	0,8
Pb	0,04	0,7
Zn	0,01	0,8

Таким чином, найвищі коефіцієнти переходу спостерігаються при міграції важких металів у кореневу систему і коливаються в межах 0,6-0,8, найменші – при переході у вегетативну масу і знаходяться: для цинку, міді, свинцю в діапазоні 0,01-0,04, а для кадмію - на рівні 0,2.

**Висновок.** У статті встановлена можливість використання рослин водного гіацинта для очищення води від важких металів. При цьому у вегетативній масі ейхорнії, вирощеній на забрудненому субстраті протягом 10 днів, не відбувається значного накопичення даних елементів. Зниження концентрації важких металів у воді відбувається в 4–8 разів переважно за рахунок кореневої системи рослини.

## ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ГИДРОБИОНТАМИ ПРИ БИООЧИСТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

**Г. І. Васенков<sup>1</sup>, Т. П. Василюк<sup>1</sup>, В. М. Пазич<sup>1</sup>, В. І. Максін<sup>2</sup>**

1 - Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир,  
2 - Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев  
e-mail: [tana300@rambler.ru](mailto:tana300@rambler.ru)  
[vimaksin@i.ua](mailto:vimaksin@i.ua)

*В работе приведены результаты исследований накопления тяжелых металлов в фитомассе и в корневой системе водного гиацинта. Исследованы закономерности его распределения во время процессов очистки сточных вод. Определены коэффициенты перехода цинка, кадмия, меди и свинца в растения Эйхорнии.*

*Ключевые слова: водный гиацинт, тяжелые металлы, сточные воды, очистка, коэффициент перехода.*

## FEATURES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY AQUATIC LIVES AT BIOREMEDIATING OF AGRICULTURAL SEWAGES

**G. I. Vasenkov<sup>1</sup>, T. P. Vasilyuk<sup>1</sup>, V. M. Pazyh<sup>1</sup>, V. I. Maksin<sup>2</sup>**

1 - Ukrainian State Agricultural University, Zhitomir  
2 - National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev  
e-mail: [tana300@rambler.ru](mailto:tana300@rambler.ru)  
[vimaksin@i.ua](mailto:vimaksin@i.ua)

*In of of the article the brought results over of researches of heavy metals accumulation in fithomass and in a rootage aquatic of the hyacinth. Investigational of of conformities to law of his distribution are during the processes of cleaning of sewages. Certain coefficients of transition of zinc, cadmium, copper and lead are in the plants of Eichornia.*

*Keywords: aquatic hyacinth, heavy metals, sewer water, cleaning, transition coefficient.*

### Список літератури:

1. Бингам Ф. Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф. Т. Бингам, Э. Коста, Э. Эйхенберге. – М. : Мир, 1993. – 368 с.
2. Василюк Т. П. Очистка стоков сільськогосподарського походження на біофільтрі з вищою водяною рослинністю виду *Eichornia crassipes* / Т. П. Василюк, Г. І. Васенков, В. М. Пазич // мат. V науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [“Наука. Молодь. Екологія – 2009”], (Житомир, 27–29 травня, 2009 р.). – Житомир, 2009. – С. 91-92.
3. Василюк Т. П. Очистка стічних вод на підприємствах агропромислового виробництва / Т. П. Василюк, Г. І. Васенков, В. М. Пазич // Сучасні проблеми екології та геотехнологій : тези VI Міжнародної наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів, (Житомир, 24-26 березня, 2010 р.). – Житомир, 2010. – С. 57-59.

4. *Дмитриев А. Г.* Технология биологической очистки и доочистки малых рек, водоемов и истоков / *А. Г. Дмитриев, Б. Ф. Рыженко, Ю. Ф. Змиевец, К. Г. Сокол* // Городское управление. – 2000. – № 10. – С. 60–68.
5. *Минаева О. М.* Поглощение ряда тяжелых металлов из водных растворов растениями водного гиацинта (*Eichornia crassipes (Mart.) Solms*) / [*О. М. Минаева, Е. Е. Акимова, К. М. Минаев и др.*] // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 4(8). – С. 106–110.
6. *Stratford H. Kay* Effects of heavy metals on water hyacinths (*Eichornia crassipes (Mart.) Solms*) / *H. Kay Stratford, T. Haller William, A. Garrard Leon* // *Aquatic Toxicology*. – 1984. – Vol. 5, iss. 2. – P. 117–128.
7. *Schneiders I. A. H.* *Eichornia crassipes* as biosorbent for heavy metal ions / *I. A. H. Schneiders, J. Ribios, M. Misrat, R. W. Smith* // *Minerals Engineering*. – 1995. – Vol. 8, № 9. – P. 979–988.
8. *Delgado M.* Uptake of Zn, Cr and Cd by water hyacinths / *M. Delgado, M. Bigeriego, E. Guardiola* // *Water Research*. – 1993. – Vol. 27, iss. 2. – P. 269–272.
9. *Hasan S. H.* Sorption of cadmium and zinc from aqueous solutions by water hyacinth (*Eichornia crassipes*) / *S. H. Hasan, M. Talat, S. Rai* // *Bioresource Technology*. – 2007. – Vol. 98, iss. 4. – P. 918–928.