

І. М. КОРНІЄНКО, М. Д. ВОЛОШИН, О. І. ПОЛЯНЧИКОВ  
(Дніпродзержинський державний технічний університет)

## **ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ БІОСОРБЦІЇ ТА БІОАКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОБІОНТІВ *HERPOBDELLA OCTOCULATA*, *ASELLUS AQUATICUS* ТА АКТИВНОГО МУЛУ, ВИЛУЧЕНИХ З ОЧИСНИХ СПОРУД м. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА**

У ході атомно-абсорбційного аналізу встановлено, що водні організми та активний мул, які вилучені з очисних споруд м. Дніпродзержинська, проявляють біосорбційні властивості по відношенню до важких металів, а саме: мідь, марганець, кобальт, кадмій, свинець, цинк та залізо. Порівнюючи властивості двох гідробіонтів та активного мулу накопичувати важкі метали, можна впевнено сказати, що *Herpobdella octoculata* і *Asellus aquaticus* володіють більш високим потенціалом сорбції вказаних токсикантів ніж активний мул. Результати отриманих концентрацій важких металів наведені в роботі у вигляді колоутворюючих діаграм.

В ходе атомно-абсорбционного анализа установлено, что водные организмы и активный ил, которые извлечены из очистных сооружений г. Днепродзержинска, проявляют биосорбционные и биоаккумуляционные свойства по отношению к тяжелым металлам, а именно: медь, марганец, кобальт, кадмий, свинец, цинк и железо. Сравнивая особенности двух гидробионтов и активного ила накапливать тяжелые металлы, можно с уверенностью сказать, что *Herpobdella octoculata* и *Asellus aquaticus* владеют более высоким потенциалом сорбции указанных токсикантов, чем активный ил. Результаты полученных концентраций тяжелых металлов представлены в работе в виде кругообразных диаграм.

In the course of an atom absorption tests it was established that aquatic organisms and active slime that had been obtained from sewage recycling facilities of Dneprodzerzhinsk town displayed bioabsorptive properties in relation to heavy metals, such as copper, manganese, cobalt, cadmium, lead, zinc and iron. While comparing the capacities of accumulating heavy metals, possessed by the aquatic organisms and active slime, the authors established that *Herpobdella octoculata* and *Asellus aquaticus* had higher adsorption potential of mentioned toxic substances than active slime. The test concentrations of heavy metals, established in the paper, have been displayed in the form of pie-charts.

Серед токсикантів різноманітної хімічної природи особливу небезпеку для гідробіонтів та організму людини становлять важкі метали. Головним джерелом їх потрапляння до внутрішніх водойм, а саме до річки Дніпро, є стічні води підприємств хімічної і металургійної промисловості. Стічні води, які надходять до мережі міської каналізації містять мідь, цинк, хром, нікель, залізо, марганець, свинець, кадмій та кобальт. Після механічної та біологічної очистки концентрація металів у стоках знижується, але видалити їх повністю не вдається. Ці неорганічні сполуки потрапляють з недостатньо очищеними стоками до водойм у вигляді різноманітних сполук, які виявляють сумісну або комбіновану мутагенну, канцерогенну дію на флору, фауну водойм та організм людини і тварин. Типи дій: 1) синергізм або потенціонування, коли ефект дії більше простого підсумовування; 2) антагонізм, коли ефект дії декількох токсикантів буває менше ніж сума; 3) адитивне або просте підсумовування. Найчастіше зустрічаються перший тип.

Токсичні метали у водоймах пагубно діють на флору, фауну та гальмують процеси самоочищення водойм. За рахунок акумуляції токсикантів у придонних шарах води, вони на індивідуальному рівні дії призводять до зміни хімічного складу, морфологічних характеристик клітин, осмотичних функцій, виникненню та утворенню патологічних форм, мутацій, порушенню дихання і орієнтації гідробіонтів [1; 2].

Отже, одним із перспективних шляхів вирішення проблеми біоремідації стічних вод, які забруднені важкими металами, є цілеспрямоване і контрольоване використання біосорбентів та біоаккумулянтів. У кожному конкретному випадку ці властивості повинні гарантуватися знанням особливостей взаємодії живих організмів з конкретним металом.

Аналіз ряду опублікованих робіт [3–5] дозволяє зробити висновок, що ці дослідження не в повній мірі охоплюють можливості біоаккумуляції важких металів багатьма гідробіонтами, а саме *Herpobdella octoculata*, *Asellus aquaticus* та активним мулом.

Метою експериментальної роботи є порівняння властивостей біосорбції та біоаккумуляції важких металів гідробіонтами *Herpobdella octoculata*, *Asellus aquaticus* та активного мулу, вилучених з водоочисних споруд м. Дніпродзержинська. Роботу виконували з ПУВКХ у рамках господару № 350/05.

Як об'єкт дослідження використовували гідробіонти *Herpobdella octoculata*, *Asellus aquaticus* та активний мул з аеротенку, який призначений для біологічного очищення стічних вод.

Встановлено, що *Herpobdella octoculata* – типова форма глоткової п'явки, найбільш розвинена представниця черв'ів. Її тіло розподілене на сегменти, розміром 1,5...2 см. Має центральну нервову, м'язову системи, які добре розвинуті, органи почуттів та розмноження, зоровий апарат. Колір тіла коричневий, який залежить від умов населення. На шкірі розташовані рецептори, які сприймають різні роздратування: механічні, термічні, хімічні і світлові. Ця п'явка – хижак, має систему травлення. Харчується дрібними безхребетними, що населяють активний мул. Бере участь у регуляції чисельності видів і омолодженні активного мулу [6].

*Asellus aquaticus* – рівноногий рак. Його тіло сплюснене у дорзовентальному напрямленні, довжиною 1,5 см. Має чотири пари кінцівок, нервову, кровотворну системи, органи травлення та розмноження, зоровий апарат. Живе та живиться серед органічних рослинних залишків, що розкладаються. Добре переносить нестачу кисню, запобігає процесу гниття [7].

*Активний мул* – складне утворення мікроорганізмів різноманітних груп бактерій, простіших, грибів, водоростей та вірусів, які використовують органічні та неорганічні речовини із стічних вод як поживні речовини. Усі процеси перетворення речовин у клітинах здійснюються з участю ферментів. Склад мікрофлори та мікрофауни мулу різноманітний і залежить від складу стічних вод, значенню рН та кисню [8].

Методика проведення експерименту визначення важких металів складалася із декілька етапів: відбір проб досліджуваного матеріалу, підготовка матеріалу для аналізу, мінералізація проб відносно ГОСТ 26657-85, екстракція важких металів атомно – абсорбційним методом.

### Принцип метода

Атомно-абсорбційний аналіз оснований на способах вільних атомів певних елементів, які утворюються в полум'ї при введенні в ньо-

го аналізуємих розчинів, селективно поглинаючи резонансні випромінювання, визначеної для кожного елемента довжини хвилі. Ступінь атомізації різноманітних елементів залежить від летучості, здатності утворювати в полум'ї дисоційовані сполуки, температури полум'я, хімічного складу проб, концентрації аерозолу в полум'ї та розміру його часток.

Визначення важких металів проводили на атомно – абсорбційному спектрометрі «Квант». У ході експерименту встановлені накопичені концентрації металів вказаними видами та активним мулом: мідь, марганець, кобальт, кадмій, свинець, цинк та залізо (рис. 1–3).

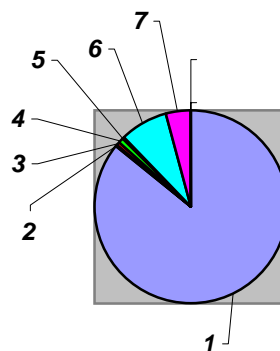


Рис. 1. Результати досліджень концентрацій біосорбированих важких металів водним організмом *Herpobdella octoculata*:

1 – залізо, 2 – кадмій, 3 – марганець, 4 – мідь, 5 – кобальт, 6 – цинк, 7 – свинець у кількості 6335; 1,1; 58; 47; 19; 609; 300 мг/кг відповідно

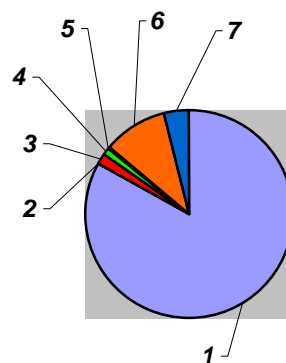


Рис. 2. Результати досліджень концентрацій біосорбированих важких металів водним організмом *Asellus aquaticus*:

1 – залізо, 2 – кадмій, 3 – марганець, 4 – мідь, 5 – кобальт, 6 – цинк, 7 – свинець у кількості 8487; 3,2; 162; 119; 43; 1012; 400 мг/кг відповідно

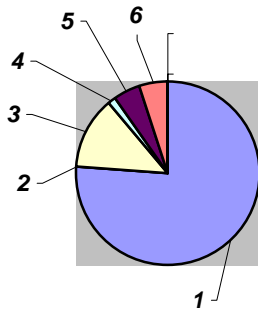


Рис. 3. Результати досліджень концентрацій біоакумульованих важких металів активним мулом: 1 – залізо, 2 – кадмій, 3 – марганець, 4 – мідь, 5 – кобальт, 6 – цинк у кількості 2590; 0,7; 440; 48; 160; 170 мг/кг відповідно

Аналізуючи експериментальні дані можливо стверджувати про суттєве накопичування вказаних токсикантів живими організмами *Herpobdella octoculata*, *Asellus aquaticus* та активним мулом. Цей дослід підтверджує наявність великих концентрацій важких металів у стічних водах міста Дніпродзержинська, які надходять до очисних споруд з травильними водами чорних та кольорових металів, від локальних систем очистки Дніпровського металургійного комбінату, підприємства по виготовленню лаку та фарб. Порівнюючи властивості двох гідробіонтів та активного мулу накопичувати важкі метали, можна помітити, що *Herpobdella octoculata* і *Asellus aquaticus* володіють більш високим потенціалом сорбції вказаних токсикантів ніж активний мул. Результати отриманих концентрацій важких металів наведені у вигляді колоутворюючих діаграм свідчать, що активний мул поступається біосорбційним властивостям відносно усіх металів, за винятком марганцю, котрий він накопичує у кількості 440 мг/кг, а саме в 2,7 разів більше ніж раки і в 7,5 разів більше ніж п'явки. Діаграми свідчать, що найбільш акумульованим металом серед визначених є залізо, а саме воно утримується організмами *Herpobdella octoculata*, *Asellus aquaticus* та активним мулом у концентрації 6335, 8487 та 2590 мг/кг відповідно. Порівнюючи властивості гідробіонтів та активного мулу по відношенню до їх здатності біологічного очищення стічних вод від свинцю, можна стверджувати, що активний мул не приймає участь у видаленні свинцю, котрий відноситься до першої групи небезпеки. Виходячи з цього, суттєвою різницею між гідробіонтами та активним мулом можливо вважати здатність *Herpobdella octoculata* і *Asellus aquaticus* до адсорбції із стічних вод свинцю,

який утримується у концентраціях 300 та 400 мг/кг відповідно. Такі процеси можливо пояснити тим, що активний мул проявляє біоакумулюючі властивості по відношенню до важких металів, а гідробіонти навпаки, володіють біосорбційними можливостями, а саме стійкості до важких металів. Сорбція важких металів клітинами гідробіонтів, тобто утримання іонів та комплексів металів компонентами живої біомаси, на теперішній час вважається одним із перспективним досліджуванним явищем у біокоолоїдній хімії. Біосорбцію, як електроповерхневе явище у клітинах, слід відрізнити від акумуляції, яка означає депонування металу в середині клітини. Взагалі, по фізичних механізмах ці процеси близькі. Загальним для них являється те, що при акумуляції метали можуть сорбуватися внутріклітинними компонентами подібно тому, як це здійснюється на поверхні клітини. Виходячи з цього, акумуляція металів усереднені клітини, здійснюється без зв'язування, тобто за рахунок роботи мембранних ферментативних систем, які охоплюють формування трансмембранної відмінності електрохімічних потенціалів – як однієї із форм існування енергії у клітині. Тому акумуляція металів клітинами, як правило, є вираженим метаболізм – залежним процесом, в той час як вплив процесів обміну на кількість активних груп зв'язування металів на клітинній поверхні.

Біосорбція та біоаккумуляція приводять в результаті до інтегрального ефекту – зниження концентрації металів у стічних водах і концентруванню їх у клітинних системах живих організмів, тому принципово стає питання про їх живучість, тобто стійкості водних організмів до дії перевищених (у порівнянні з фізіологічними) концентрацій важких металів. Стійкість організмів визначає його можливості нейтралізувати токсичну дію металів. Тому стійкість живого організму до важких металів визначається перш за все їх можливістю знижувати концентрації іонів у зовнішньому середовищі завдяки бар'єрним властивостям клітинної оболонки та попередженню проникнення металів до внутрішньої частини клітини і його дії на чутливі системи.

### Висновок

Підводячи підсумок експериментальній роботі, можливо стверджувати, що вилучені з очисних споруд міста Дніпродзержинська гідробіонти та активний мул володіють міцними біосорбційними та біоаккумуляційними властивостями по відношенню до важких металів. Во-

ни приймають активну участь у здійсненні ефективної біологічної очистки стічних вод від токсикантів. Порівнюючи накопичувальні властивості вказаних видів та активного мулу, які наведені в роботі у вигляді колоутворюючих діаграм, можна впевнено сказати, що *Herpobdella octoculata* і *Asellus aquaticus* є більш ефективним знаряддям проти мутагенних та канцерогенних сполук ніж активний мул. Головним їх відзначним фактором є можливість приймати участь у біологічній очистки стічних вод від свинцю. Завдяки своїм біосорбційним властивостям, вони є живими біологічними фільтрами, які запобігають потраплянню високих концентрацій вище вказаних мутагенів до річки Дніпро.

Посилаючись на отримані результати дослідів, в перспективі є плани щодо розробки заходів інтенсифікації біологічної очистки стічних вод від важких металів шляхом збільшення біомаси досліджуваних водних організмів *Herpobdella octoculata* і *Asellus aquaticus* в умовах діючих очисних споруд м. Дніпродзержинська.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Корабльова А. І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища. – Д.: Поліграфіст, 1999. – 253 с.

2. Коган Б. И. Современные методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Сер. Охрана окружающей среды. – М.: Министерство цветной металлургии. Обзорная информация, 1985. – 258 с.
3. Брагинский Л. П. Методические аспекты биотестирования на *Daphnia magna* Straus и других ветвистоусых ракообразных // Гидробиологический журнал. – 2000. – 36, № 5. – С. 56–70.
4. Влияние условий существования на связывание тяжелых металлов в тканях пресноводного двустворчатого моллюска *Anodonta Cygnea* // Гидробиологический журнал. – 2003. – 39, № 6. – С. 72–81.
5. Васюков А. Е. Аккумуляция металлов макрофитами в водоемах зоны Запорожской АЭС // Гидробиологический журнал. – 2003. – 40, № 4. – С. 94–102.
6. Жизнь животных: В 7 т. / Гл. ред. В. Е. Соколов; Под. ред. Ю. И. Полянского. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – Т. 1: Черви. – 448 с.
7. Жизнь животных: В 7 т. / Гл. ред. В. Е. Соколов; Под. ред. Ю. И. Полянского – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – Т. 3: Членистоногие – 510 с.
8. Корабльова А. І. Вступ до екології, токсикології / А. І. Корабльова, Л. Г. Чесанов. – Д.: Щит екологічної освіти, 2001 – 308 с.

Надійшла до редколегії 29. 06. 04.