

УДК 574.24

**ПРО БІОІНДИКАЦІЙНУ ОЦІНКУ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ
СТАВКІВ-НАКОПИЧУВАЧІВ ШАХТНИХ ВОД (НА ПРИКЛАДІ
ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ)**

А. Горова¹, С. Кулина^{1*}, О. Шкреметко²

¹Національний гірничий університет
пр. К.Маркса, 19, Дніпропетровськ 49005, Україна

²Петербурзький енергетичний інститут підвищення кваліфікації
вул. Авіаційна, 23, Санкт-Петербург 196135, Росія
e-mail: sshkremetko@mail.ru

Розглянуто проблему впливу на екологічний стан довкілля ставків-накопичувачів шахтних вод у Червоноградському гірничопромисловому регіоні. Проведена оцінка їхньої токсичності з використанням біоіндикатора *Allium cepa* L. Встановлено, що вода зі ставків-накопичувачів у регіоні характеризується «вищим за середній» рівнем токсичності і є одним із джерел забруднення довкілля.

Ключові слова: біоіндикація, ставки-накопичувачі, токсичність, фітоіндикатор.

Експертні оцінки стану довкілля у гірничовидобувних регіонах України свідчать про зростання в них екологічної небезпеки і надзвичайного антропогенного перевантаження. Не виняток і Червоноградський гірничопромисловий регіон – один із найбільших вугільних басейнів Західної України. Більше 50 років на відносно невеликій площі у 180 км² тут проводиться видобуток кам'яного вугілля. На сьогодні більшість шахт відпрацювала основну частину запасів і увійшла у стадію затухання.

Важливою проблемою регіону є техногенне забруднення підземних і поверхневих вод у районах вуглевидобутку. Гідромережа Червоноградського гірничопромислового регіону (ЧГПР) утворена рікою Західний Буг і її лівими притоками (Болотня, Спасівка, Желдець, Мережанка, Білий Стік). Найбільші з них – р. Рата та Солокія – розташовані у зоні впливу гірничих підприємств регіону та Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ), що зумовлює їхнє техногенне забруднення.

Підземні води, потрапивши у гірничі виробки, активно взаємодіють з подрібненими у процесі вуглевидобутку породами та вугіллям, вилуговуючи з них цілий спектр макро- та мікроелементів, більшість яких є потенційно небезпечними елементами. Потім збагачені хімічними елементами шахтні води відкачуються із шахт у поверхневі ставки-відстійники і в подальшому зумовлюють забруднення природних водойм – мінеральними солями, завислими речовинами, значною кількістю сульфатів та інших забруднювачів. Необхідно зазначити, що протягом десятиріч питанню очищення стічних шахтних вод на гірничих підприємствах не приділялося належної уваги, зокрема, практично цілком було відсутнє фінансування будівництва, реконструкції, технічного переозброєння очисних споруд, як з боку підприємств, так і з боку держави. На сьогодні видобуток 1 т українського вугілля супроводжується втратою близько 3 м³ підземних вод, які потрапляють у гірничі виробки [1].

Тому ставки-накопичувачі шахтних вод регіону потребують систематичного контролю, оскільки вони розташовані у зоні гідромережі річки Зх. Буг, яка протікає по території не лише України, а й Білорусі та Польщі.

Контроль за станом довкілля у кожному з регіонів України і, зокрема, у Червоноградському гірничопромисловому районі, проводиться, як правило, лише за допомогою фізико-хімічних аналізів, які визначають вміст окремих забруднювачів. Такий контроль охоплює всі сфери навколишнього середовища та різні шляхи надходження шкідливих речовин в організм людини, хоча дуже рідко відображає комбіновану дію цих речовин (одночасну або послідовну дію декількох речовин при одному і тому ж шляху надходження). Наявний контроль не враховує ні ефектів комплексного надходження речовин в організм різними шляхами і з різних середовищ (повітря, води, їжі, через шкіряні покриви тощо), ні сукупного впливу всього різноманіття фізичних, хімічних і біологічних факторів навколишнього середовища. Крім того, до недоліків існуючого на державному рівні контролю та нормування стану довкілля, необхідно віднести орієнтування лише на гігієнічні нормативи, які не враховують віддалений результат, а також не відображають негативної дії на біоту. І наостанок, контроль за станом довкілля на основі гранично-допустимих концентрацій (ГДК) має низьку ефективність при обмеженій кількості постів спостереження і нерегулярність спостереження, які можуть пропустити викиди [2, 3]. Тому сьогодні однією з головних складових контролю та спостереження за станом навколишнього природного середовища повинен стати біомоніторинг – система спостереження, оцінки та прогнозу за різноманітними змінами в біоті, які викликані факторами антропогенного походження. На сьогодні детально з'ясовано, що вагомою перевагою використання біоіндикаційних методів стану довкілля є те, що вони дають змогу здійснити комплексну оцінку дії всіх факторів з урахуванням їхньої модифікації та взаємного впливу, реєструють їх за певний період часу, що виключає ймовірність пропуску короточасних дій, наприклад, залпових викидів, які потребують дорогого обладнання тощо [3]. Необхідно звернути увагу і на те, що біоіндикація також допомагає оцінити стан НПС з урахуванням рівнів організації живої матерії: молекулярного, субклітинного та клітинного, органного та організменого, популяційного, екосистемного, біосферного. У багатьох випадках біомоніторинг технічно провести набагато простіше та дешевше, оскільки він не потребує спеціального забезпечення приладами, досить чутливий порівняно з хімічними аналізами і використання біомоніторингу спрощує процес досліджень загалом. Але у жодному разі біоіндикаційні методи досліджень не повинні замінити хімічні та фізичні методи вимірювання параметрів довкілля, а лише інтегрально доповнювати їх.

Метою дослідження було здійснити оцінку токсичності води зі ставків-накопичувачів шахтних вод і ставка-шламонакопичувача Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) в Червоноградському гірничопромисловому районі за допомогою ростового тесту, оскільки рослини дуже чутливі до змін умов середовища, яке проявляється у морфологічних змінах (викривлення пагонів, стебла, кореневої системи, листків).

Матеріали і методи досліджень

Об'єктом дослідження були проби води, відібрані зі ставків-накопичувачів шахт і ставка-шламонакопичувача ЦЗФ. Відбір зразків води зі ставків-накопичувачів у м. Червонограді та с. Городище, а також ставка-шламовідстійника ЦЗФ проводили двічі на рік навесні й восени протягом 2007–2009 рр. Як контроль була обрана відстояна водопровідна вода (не менше доби).

Згідно з технологією передбаченою при розробці кам'яного вугілля в ЧГПР, шахтні води відкачуються по трубопроводу у спільні ставки-накопичувачі, які розташовані в с. Городище та м. Червонограді, з яких частина води відкачується на технологічні потреби ЦЗФ (для флотажії вугілля), а в подальшому з ЦЗФ по трубопроводу відводиться у ставок-шламовідстійник, який розташований у межиріччі рік Зх. Буг і Рата.

Ставок-накопичувач у м. Червонограді розташований на території ліквідованої шахти №1 «Червоноградська» і має чотири секції: дві розміром 185×920 м і дві – 50×150 м, секції розділені дамбою. У процесі експлуатації ставка-накопичувача дамби неодноразово підсипалися і розширювалися. Тепер їхня ширина по гребеню становить 10 м. На сьогодні у ставок-накопичувач в м. Червонограді скидається вода шахти «Червоноградська» – 27,8 м³/год і Центральна міська котельня – 14,6 м³/год, тобто загальний об'єм води, яка подається у ставок, становить 42,4 м³/год. Водночас котельня скидає у ставок-накопичувач 4 т солей за добу (166,6 кг/год).

У ставок-накопичувач с. Городище на сьогодні скидають шахтну воду семи діючих шахт і однієї, яка перебуває на стадії закриття. Ставок має дві секції розміром 300×800 м. Загальний об'єм притоку води 327,9 м³/год. Зі ставка-накопичувача на ЦЗФ у середньому відкачується 4000 м³/год води. Для запобігання фільтрації води, згідно з проектом, передбачалося вкладення у днище (підвалини ставка) і борти поліетиленової плівки та глини. На жаль, зараз плівкою вкрито лише 30% дна.

Ставок-шламовідстійник ЦЗФ розташований у межиріччі річок Зх. Буг і Рата й на полях діючих шахт «Межирічанська» та «Великомостівська», відстань від р. Зх. Бугу становить 50 м, від Рати – 200 м. Розміри ставка 500×1250 м. Для запобігання фільтраційним втратам у дно ставка уклали поліетиленову плівку та глину, але проектні роботи були виконані не в повному обсязі, й екран спорудили тільки на 25% площі.

Для виявлення токсичності води зі ставків-накопичувачів і ставка-шламовідстійника ЦЗФ нами був обраний ростовий тест з використанням біоіндикатора *Allium cepa* L. Перевагою цього тесту є те, що за його допомогою оцінюються лише водорозчинні компоненти досліджуваного зразка води. Він простий у проведенні та чутливий щодо визначення загальної токсичності води. Показником токсичності у цьому ростовому тесті виступає пригнічення росту коренів *Allium cepa* L., оскільки встановлено, що цей процес пригнічується при більш низьких концентраціях токсиканта, ніж проростання рослин [4].

Для кожного зразка води було підготовлено 12 пробірок, які в подальшому заповнювалися досліджуваними зразками води (по 25 мл). На кожній пробірці розмішували попередньо підготовані й очищені від луски цибулини таким чином, щоб денце торкалося рідини у пробірці. Щодоби воду в пробірках змінювали на нову. Після двох діб експерименту з кожного варіанта були відкинуті по 2 цибулини з особливо короткими корінцями. Тривалість експерименту 72 год. Після закінчення експерименту для 10 найбільш характерних цибулин визначали довжину кореневої та стеблової системи (найдовші й найкоротші корінці не враховували). Отже, для кожного із досліджуваних зразків води було пророщено по 12 цибулин, у яких вимірювали від 4 до 30 корінців. Достовірність кожного експерименту була підтверджена трикратним відтворенням на 48 пробірках у кожному періоді дослідження.

Одержані дані опрацьовували з використанням математико-статистичного аналізу, а також за результатами досліджень було обчислено помилку середнього арифметичного та коефіцієнт Стюдента.

Фітотоксичний ефект розраховували у відсотках щодо довжини кореневої і стеблової системи за формулою:

$$\Phi E = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де: M_o – довжина кореневої або стеблової частини біоіндикатора *Allium cepa* L. у пробірках з контрольною водою; M_x – довжина кореневої або стеблової частини біоіндикатора *Allium*

sera L. у пробірках з досліджуваною водою.

Для визначення токсичності води зі ставків-накопичувачів і ставка-шламовідстійника ЦЗФ за ростовим тестом біоіндикатора *Allium sera* L. пропонується відповідна шкала рівнів токсичності за С.С. Руденко (табл. 1) [4].

Таблиця 1

Шкала оцінки рівнів токсичності води

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект),%	Рівень токсичності
0–20	Відсутня або слабка
20,1–40	Середня
40,1–60	Вища за середню
60,1–80	Висока
80,1–100	Максимальна

Результати і їхнє обговорення

Результати досліджень стану зміни морфологічних показників фітоіндикатора *Allium sera* L. (середні значення) за період з 2007–2009 рр. наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна ростових показників кореневої і стеблової частини фітоіндикатора *Allium sera* L. за період 2007–2009 рр.

№	Точки спостереження	Середні значення кореневої системи $x \pm m$	Середні значення наземної частини $x \pm m$
1	Ставок-накопичувач м.Червонограда	1,24±0,05	0,72±0,54
2	Ставок-накопичувач с.Городище	1,18±0,07	0,03±0,04
3	Ставок-шламонакопичувач ЦЗФ	0,95±0,07	0,07±0,04
4	Контроль	2,32±0,07	1,84±0,65

Отримані дані, згідно з проведеними дослідженнями, дають підстави стверджувати про достовірну інгібуючу дію токсичних речовин у всіх досліджуваних пробах води на ростові процеси корінців *Allium sera* L. щодо контролю. Встановлено, що всі ростові процеси корінців біоіндикатора пригнічені у всіх точках спостереження – це вказує на те, що вода у двох ставках-накопичувачах і ставку-шламовідстійнику ЦЗФ має токсичні властивості. Найбільші рівні пригнічення кореневої системи спостерігали у пробах води, відібраних зі ставка-шламонакопичувача ЦЗФ, які відрізнялися від контролю (за середніми значеннями) у 2,4 разу. Щодо токсичності проб води, відібраних зі ставків-накопичувачів, які розташовані у м. Червонограді та с. Городище, то рівні пригнічення росту корінців біоіндикатора щодо контролю становили 1,9 та 2 рази, відповідно.

Ростові процеси наземної частини *Allium sera* L. за результатами досліджень статистично недостовірно відрізнялися від контролю, отже, інтенсивність ростових процесів на даних пробах води перебуває на тому ж рівні, що і в контролі.

Результати встановленої токсичності води зі ставків-накопичувачів шахтних вод і ставку-шламовідстійнику Червоноградського гірничопромислового регіону за період 2007–2009 рр. наведені в табл. 3.

Проведені розрахунки рівнів токсичності за період спостереження 2007–2009 рр. вказують на те, що найменша токсичність води у досліджуваних зразках спостерігалась у ставку-накопичувачу м. Червонограда і була визначена як «середня», а найбільша – у ставку-шламонакопичувачу ЦЗФ, де токсичність – «висока». Щодо середніх значень фітотоксичного ефекту ростових процесів кореневої системи біоіндикатора *Allium sera* L.,

Таблиця 3

Рівні токсичності води у ставках-накопичувачах і ставку-шламовідстійнику за період 2007–2009 рр.

№	Точки спостереження	Рівні пригнічення ростових процесів кореневої частини біоіндикатора ($\frac{\min + \max}{\text{середнє}}$), %	Рівень токсичності*
1	Ставок-накопичувач м.Червонограда	$\frac{31+56}{47}$	$\frac{C+BC}{BC}$
2	Ставок-накопичувач с.Городище	$\frac{46+67}{49}$	$\frac{BC+BC}{BC}$
3	Ставок-шламонакопичувач ЦЗФ	$\frac{56+63}{59}$	$\frac{BC+B}{BC}$

Примітка. *Рівні токсичності води: C – «середній»; BC – «вищий за середній»; B – «високий».

то він перебував у одному числовому діапазоні, який визначив усі відібрані проби води зі ставків-накопичувачів і ставку-шламовідстійника за рівнем токсичності «вищий за середній». Такий рівень токсичності, на нашу думку, зумовлений тим, що у досліджуваних пробах води протягом значного періоду спостерігається постійне перевищення ГДК за вмістом заліза в 1,1 разу, хлоридів у 3,1–4,18 разу, марганцю в 1,1–1,8 разу.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки: вода зі ставків-накопичувачів шахтних вод і ставка-шламовідстійника ЦЗФ у регіоні характеризується «вищим за середній» рівнем токсичності (за середніми значеннями) і є одним із джерел забруднення не лише природних водойм, а й ґрунтів і підземних вод, оскільки роботи з їхньої ізоляції проведені не у повному обсязі. Крім того, трубопроводи високомінералізованих шахтних вод, які прокладені на території шахтних полів, зазнають негативного фізичного та хімічного впливу внаслідок деформацій земної поверхні, агресивної дії води та відходів вуглевидобутку, що призводить до їхнього руйнування і, як наслідок, до протікання трубопроводів.

Для покращення якості шахтних вод у Червоноградському гірничопромисловому регіоні ми пропонуємо створити спеціальну станцію водопідготовки для покращення якості води у відстійниках, де має проводитися доочистка шахтних вод з використанням механічних, фізико-механічних і біологічних методів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Мирзаев Г. Г., Иванов Б. В.* Экология горного производства: учебник для вузов. М.: Недра, 1991. 320 с.
2. *Манн Р. Е.* Структура систем комплексного мониторинга в целях обеспечения заблаговременного обнаружения экологических изменений состояния окружающей среды // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы: Тр. 3 Международ. симп. Л.: Гидрометеоздат, 1986. Т. 1. С. 39–59.
3. *Вайнерт Т., Вальтер Р.* Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 350 с.
4. *Руденко С. С., Костишин С. С., Морозова Т. В.* Загальна екологія: практичний курс. Ч. 1. Чернівці: Рута, 2003. 320 с.

Стаття: надійшла до редакції 15.12.10

доопрацьована 02.02.11

прийнята до друку 09.02.11

**ABOUT BIOINDICATION ESTIMATION OF INFLUENCE ON ENVIRONMENT
OF RESERVOIRS OF MINE WATERS (ON EXAMPLE OF CHERVONOGRAD
MINING REGION)****A. Gorova¹, S. Kulyna^{1*}, O. Shkremetko²**¹*National Mining University
19, Karl Marx Ave., Dnipropetrovsk 49005, Ukraine*²*St. Petersburg Energy Institute
23, Aviatsyonnaya St., Petersburg 196135, Russia*^{*}*e-mail: sshkremetko@mail.ru*

The problem of the ecological state of reservoirs of mine waters has been considered in Chervonograd mining region. The estimation of their toxic has been conducted with the use the biotindicator of *Allium cepa* L. It is set that rates-stores in the region are characterized «above the average» level of toxic and is one of the sources of contamination of the environment.

Key words: bioindication, toxic, reservoirs of mine waters, fitoindication.

**О БИОИНДИКАЦИОННОЙ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ОТСТОЙНИКОВ ШАХТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРВОНОГРАДСКОГО
ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА)****А. Горова¹, С. Кулина^{1*}, О. Шкретко²**¹*Национальный горный университет
пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск 49005, Украина*²*Петербургский энергетический институт повышения квалификации
ул. Авиационная, 23, Санкт-Петербург 196135, Россия*^{*}*e-mail: sshkremetko@mail.ru*

Рассмотрена проблема экологического состояния отстойников шахтных вод в Червоноградском горнопромышленном регионе. Проведена оценка их токсичности с использованием биоиндикатора *Allium cepa* L. Уровень токсичности воды из отстойников шахтных вод характеризуется как «выше среднего». Установлено, что вода из отстойников относится к источникам загрязнения окружающей среды региона.

Ключевые слова: биоиндикация, токсичность, отстойники шахтных вод, фитоиндикация.