

---

# ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

---

УДК 502.7:504+ 628.3

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.6-57.19>

## АНАЛІЗ МОНІТОРИНГУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ШАХТНИХ ВОДАХ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ РАЙОНАХ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ (НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ МЕЖИРІЧАНСЬКА ДП «ЛЬВІВВУГІЛЛЯ» М. ЧЕРВОНОГРАД)

Барабан К.І.<sup>1</sup>, Вагилевич Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, 76000, м. Івано-Франківськ

<sup>2</sup>Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування  
вул. Юності, 11, 76494, м. Івано-Франківськ  
beemveshka@gmail.com, tvagilevich@gmail.com

Дослідження присвячено аналізу моніторингу вмісту важких металів у шахтних водах гірничопромислових районів Львівсько-Волинського вугільного басейну на прикладі шахти «Межирічанська» ДП «Львіввугілля» у м. Червоноград. У статті розглянуто екологічний стан шахтних вод, які є одним із основних джерел забруднення водних об'єктів важкими металами, та їхній вплив на довкілля і здоров'я населення.

Моніторинг здійснювався з використанням сучасних аналітичних методів, що включають відбір проб, хімічний аналіз води на концентрації важких металів (заліза, марганцю, кадмію, свинцю, міді, цинку тощо), а також оцінку їхнього відповідності нормативним показникам. У роботі визначено рівень забруднення води, його просторові та сезонні коливання, а також фактори, які впливають на інтенсивність міграції важких металів у водне середовище.

Результати дослідження вказують на суттєве перевищення нормативних концентрацій низки важких металів у шахтних водах, що свідчить про значний екологічний ризик для водних екосистем і навколишніх територій. Виявлено, що основними джерелами важких металів є як техногенні фактори (шахтні розробки, викиди із збагачувальних фабрик), так і природні (геологічна структура регіону).

Значна увага приділена можливостям мінімізації впливу важких металів на довкілля шляхом впровадження ефективних методів очищення шахтних вод. У статті розглянуто застосування різних технологій, зокрема сорбції, коагуляції, та біологічних методів, для зменшення концентрації токсичних речовин у воді.

Отримані дані сприяють розумінню масштабів екологічної проблеми та можуть слугувати основою для розробки природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу гірничої промисловості на довкілля Львівсько-Волинського вугільного басейну. У висновках акцентується на необхідності регулярного екологічного моніторингу та комплексного підходу до вирішення проблеми шахтних вод у регіоні. *Ключові слова:* екологічна безпека, екологічна небезпека, моніторинг, важкі метали, шахтні води, екологічний вплив, довкілля.

### **Analysis of monitoring of heavy metals in mine waters in mining areas of the Lviv-Volyn coal basin (on the example of Mezhyrichanska mine of Lvivvuhillya, Chervonograd). Baraban K., Vagilevich T.**

The study is devoted to the analysis of monitoring of heavy metals in mine waters of mining districts of the Lviv-Volyn coal basin on the example of Mezhyrichanska mine of Lvivvuhillya SE in Chervonograd. The article examines the ecological state of mine waters, which are one of the main sources of heavy metal pollution of water bodies, and their impact on the environment and public health.

The monitoring was carried out using modern analytical methods, including sampling, chemical analysis of water for concentrations of heavy metals (iron, manganese, cadmium, lead, copper, zinc, etc.), as well as assessment of their compliance with regulatory indicators. The paper identifies the level of water pollution, its spatial and seasonal fluctuations, and the factors that influence the intensity of heavy metal migration into the aquatic environment.

The results of the study indicate a significant excess of the normative concentrations of a number of heavy metals in mine waters, which indicates a significant environmental risk for aquatic ecosystems and surrounding areas. It was found that the main sources of heavy metals are both man-made factors (mine development, emissions from concentration plants) and natural factors (geological structure of the region).

Considerable attention is paid to the possibilities of minimising the impact of heavy metals on the environment through the introduction of effective methods of mine water treatment. The article discusses the use of various technologies, including sorption, coagulation, and biological methods, to reduce the concentration of toxic substances in water.

The data obtained contribute to understanding the scale of the environmental problem and can serve as a basis for developing environmental protection measures aimed at reducing the negative impact of the mining industry on the environment of the Lviv-Volyn coal basin. The conclusions emphasise the need for regular environmental monitoring and a comprehensive approach to solving the problem of mine water in the region. *Key words:* environmental safety, environmental hazard, monitoring, heavy metals, mine water, environmental impact, environment.

**Постановка проблеми.** Забруднення водних ресурсів важкими металами є однією з актуальних екологічних проблем гірничопромислових регіонів, зокрема Львівсько-Волинського вугільного басейну. Вода, яка витікає з шахт, містить високі концентрації токсичних елементів, таких як свинець, кадмій, мідь, залізо та інші важкі метали, що потрапляють у навколишнє середовище внаслідок гірничих робіт. Це створює серйозні екологічні загрози як для водних екосистем, так і для здоров'я місцевого населення. Проблема полягає в тому, що забруднені шахтні води часто не підлягають належній очистці, що призводить до їх накопичення в природних водних об'єктах, що, в свою чергу, ускладнює ситуацію з водозабезпеченням та здатністю екосистем до самовідновлення [1, 9, 20, 27].

Необхідність моніторингу концентрації важких металів у шахтних водах постає через відсутність ефективних методів і стратегій контролю забруднення в цих районах. Моніторинг дає можливість оцінити рівень забруднення води, виявити сезонні коливання та визначити причини високих концентрацій токсичних речовин, а також запропонувати можливі заходи для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Водночас, проблема очищення шахтних вод залишається недостатньо вирішеною, оскільки існуючі технології очищення виявляються неефективними або потребують значних витрат. Таким чином, постановка цієї проблеми передбачає необхідність комплексного підходу до моніторингу та очищення шахтних вод з використанням новітніх технологій для забезпечення екологічної безпеки в гірничопромислових регіонах [7, 12, 15].

**Актуальність дослідження.** Актуальність дослідження забруднення шахтних вод важкими металами в гірничопромислових районах Львівсько-Волинського вугільного басейну зумовлена кількома важливими чинниками. Перш за все, незважаючи на значний обсяг видобутку вугілля в цьому регіоні, питання екологічної безпеки, зокрема забруднення водних ресурсів, залишається недостатньо дослідженим. Шахтні води, що містять високі концентрації важких металів, спричиняють серйозні екологічні та економічні проблеми, зокрема, погіршення якості води у місцевих річках, що використовуються для водопостачання населення та сільського господарства. Це вимагає ретельного моніторингу та розробки ефективних заходів для очищення води [2].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Авторське дослідження спрямоване на розв'язання важливої практичної проблеми, що стосується забруднення шахтних вод важкими металами в гірничопромислових регіонах, зокрема в Львівсько-Волинському вугільному басейні. Це дослідження має значний науковий потенціал, оскільки воно заповнює прогалини в розумінні механізмів забруднення водних

ресурсів внаслідок гірничих робіт і взаємодії важких металів з навколишнім середовищем.

Наукове значення роботи полягає в комплексному підході до вивчення забруднення шахтних вод, який включає аналіз просторових та сезонних коливань рівнів важких металів, а також ідентифікацію основних джерел їхнього надходження в водне середовище. Це дозволяє виявити невідомі раніше аспекти забруднення та розробити нові підходи до оцінки екологічного стану водних ресурсів у гірничопромислових районах. У роботі також зроблений акцент на оцінку впливу забруднення на екосистеми та здоров'я населення, що є важливим для подальших досліджень у галузі екології та охорони здоров'я.

Практична значущість дослідження полягає в можливості застосування отриманих результатів для покращення існуючої системи екологічного моніторингу шахтних вод. Автори пропонують конкретні методи і рекомендації щодо очищення води від важких металів, що можуть бути використані у промисловості для зменшення екологічного навантаження. Пропоновані технології очищення та їхня адаптація до місцевих умов є актуальними для розвитку екологічно чистих методів ведення гірничих робіт і захисту водних ресурсів.

Окрім того, результати дослідження можуть стати основою для розробки нормативних актів і стандартів у сфері екологічної безпеки, що підвищать ефективність природоохоронної діяльності в Україні та за її межами [4, 18, 29-31].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Враховуючи численні наукові дослідження Поповича В. В., Мальованого М. С., Босака П. В., Павличенка А. В., Луньова О. В., Петльованого М. В. та ін. [3, 10-16, 22-24], які пов'язані із дослідженнями оцінки екологічної небезпеки породних відвалів вугільних шахт, слід зазначити, що це питання досі залишається актуальним.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** У статті виділяються невирішені раніше аспекти загальної проблеми забруднення шахтних вод важкими металами, зокрема недостатньо досліджені сезонні та просторові коливання концентрацій важких металів у шахтних водах на конкретному прикладі шахти «Межирічанська» ДП «Львіввугілля». Також відсутній комплексний підхід до оцінки впливу техногенного забруднення на водні екосистеми та здоров'я місцевого населення в гірничопромислових районах. Залишаються невирішеними питання розробки нових ефективних методів очищення шахтних вод від важких металів, що відповідають специфічним умовам Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Крім того, не достатньо вивчені основні джерела надходження важких металів у водне середовище та їхній вплив на навколишнє середовище.

**Новизна** полягає в комплексному аналізі забруднення шахтних вод важкими металами

в умовах Львівсько-Волинського вугільного басейну, зокрема на прикладі шахти «Межирічанська» ДП «Львіввугілля». Здійснено детальну оцінку сезонних та просторових коливань концентрацій важких металів у шахтних водах цього регіону, що дозволяє визначити закономірності забруднення водних ресурсів у межах конкретного гірничопромислового району. Дослідження також висвітлює невідомі раніше джерела надходження важких металів у водне середовище, що має важливе значення для розробки ефективних заходів із мінімізації техногенного впливу на екосистеми. Особливою є пропозиція нових методів очищення шахтних вод, адаптованих до специфічних умов Львівсько-Волинського басейну, зокрема застосування біологічних та сорбційних технологій для зменшення концентрації токсичних речовин. Це дозволяє не тільки підвищити ефективність очищення вод, але й знизити витрати на ці процеси. Розроблені підходи та рекомендації є важливим кроком до покращення екологічної ситуації в регіоні та можуть бути використані як основа для подальших досліджень.

**Методологічне або загальнонаукове значення** полягає в розробці комплексного підходу до аналізу техногенного забруднення шахтних вод важкими металами, який включає як хімічний аналіз води, так і оцінку її впливу на екосистеми та здоров'я населення. У контексті цього дослідження була застосована методика у визначенні вмісту важких металів, що дозволяє не тільки виявити тенденції зміни концентрацій важких металів, але й розробити прогнози щодо екологічного стану водних ресурсів у майбутньому.

Проби води відбиралася в пластикову пляшку (попередньо добре промитий посуд без засобів для миття) об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup>. Вода була доставлена до лабораторії протягом 24 годин, при цьому забезпечивши її охолодження акумуляторами холоду та термосумкою. Дослідження виконувалися на сучасному аналітичному приладі атомно-емісійний спектрометр з індуктивно-зв'язаною плазмою для визначення важких металів у лабораторії моніторингу вод Західного регіону Дністровського басейнового управління водних ресурсів Державного агентства водних ресурсів України (акредитована згідно з європейськими стандартами ISO/IEC 17025:2019) Визначення хімічних та фізико-хімічних показників якості води регламентується Постановою Кабінету Міністрів України № 758 від 19.09.2018 р. [19].

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз моніторингу важких металів у шахтних водах гірничопромислових районів Львівсько-Волинського вугільного басейну на прикладі шахти Межирічанська ДП «Львіввугілля» м. Червоноград передбачає вивчення впливу шахтних вод, що містять шкідливі речовини, на навколишнє середовище та здоров'я людей. Вода, що утворюється під час видобутку вугілля,

часто забруднюється важкими металами, такими як кадмій, свинець, мідь, цинк, арсен, ртуть, що становить загрозу для екосистеми та здоров'я населення. Ці забруднення можуть мати серйозні екологічні та соціальні наслідки, оскільки важкі метали накопичуються в водних організмах, що призводить до отруєння флори і фауни та потрапляє в харчову ланку [5, 21].

Для оцінки рівня забруднення вод у цьому регіоні застосовуються різноманітні методи моніторингу, серед яких хімічний аналіз води для визначення концентрацій важких металів, гідрологічні дослідження, що дозволяють з'ясувати рух води та її забруднення в шахтних виробках, а також біологічні дослідження, які допомагають оцінити вплив на водні екосистеми [17].

Шахтні води, які стікають через поклади вугілля, контактують з сульфатними та іншими мінералами, що є основним джерелом забруднення. В процесі видобутку вугілля і вентиляції шахт у доквілля виділяються токсичні сполуки, що потрапляють у водні ресурси, спричиняючи забруднення. Забруднення важкими металами має значний вплив на доквілля (рис. 1). Вони порушують біологічний баланс водних екосистем, знижуючи якість води, що використовується для господарських потреб, та створюють ризики для здоров'я людей, які можуть споживати забруднену воду або продукти з екосистем, що зазнали впливу токсичних речовин. Важкі метали накопичуються в організмах водних тварин і можуть передаватися через харчові ланцюги, що підвищує ризик отруєння [11].

За результатами досліджень в більшості точках відбору спостерігалися значні просторові коливання концентрацій хімічних елементів магній і марганець особливо перевищували допустимі значення, тоді як вміст К, Fe, Cd, Zn, Ni, Cr та ін. мінімально перевищували допустимі значення або залишалися в межах допустимих норм (рис. 2).

На заході та вершині терикону за результатами дослідження можна побачити, що рівень Mg перевищує допустимі значення. На заході перевищує у 6,6 разів, а на вершині терикону – у 5,83 разів. Такий рівень не допустимий для біоти та становить значну загрозу доквіллю і екосистемам досліджуваному регіону, насамперед через забруднення місцевих джерел води та його подальший біологічний вплив.

Окрім того, при дослідженні всіх ділянок також є надлишок Mn. На вершині марганець понад у 26 разів перевищує норму, на сході у 4,1 рази, на півночі – у 0,8 разів, а на заході – 29,65 разів. Це дуже велике перевищення допустимих норм у воді марганцем. Надмірне накопичення Mn позначається в першу чергу на роботі нервової системи людини. Марганець також є політропною отрутою, тобто одночасно може вражати кілька органів і систем організму одночасно, як на людину так і на тварини (рис. 3, рис. 4).

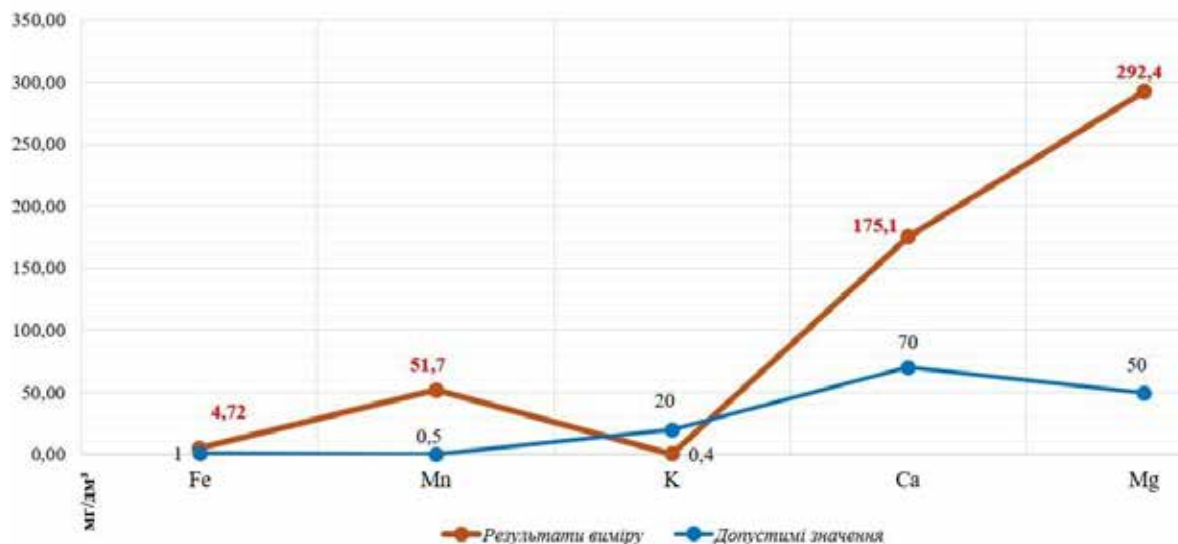


Рис. 1. Вміст важких металів у воді на вершині терикону шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району

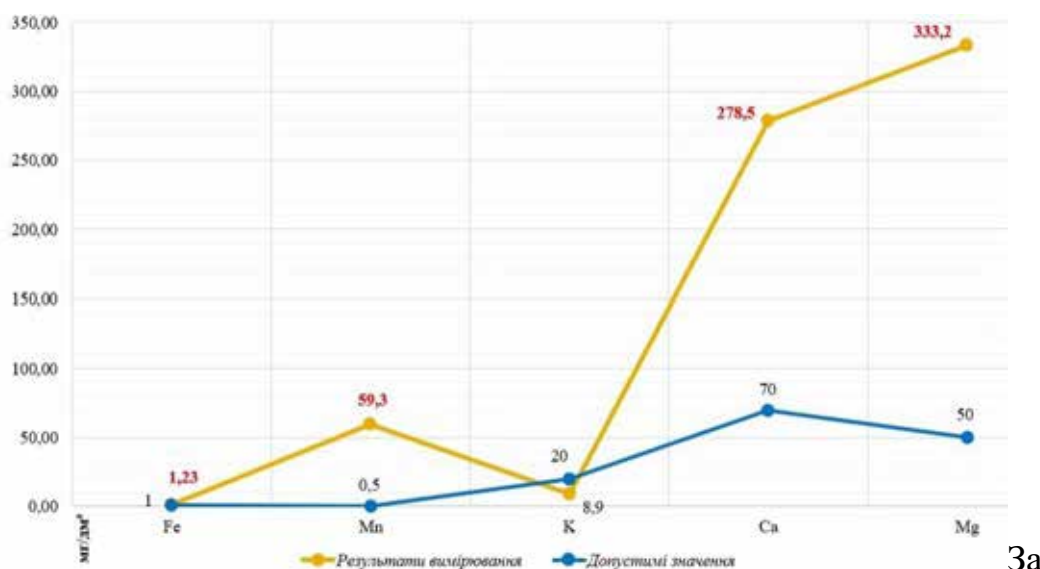


Рис. 2. Вміст важких металів у воді на заході терикону шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району

За

Надлишок Са зафіксовано на вершині та сході досліджуваного терикону. На сході рівень кальцію перевищив норму у 1,3 рази та суттєво не впливає на стан довкілля, але на вершині терикону зафіксовано перевищення у 2,5 разів та може бути легко рознесено вітром, що призведе до більшого забруднення досліджуваного регіону. Зауважимо, що концентрація важких металів часто зменшується з віддаленням від місця терикону вугільної шахти, що вказує на те, що вплив на екосистеми зменшується в міру віддалення від джерела забруднення. Однак стійкість цих забруднювачів може тривати десятиліттями. Зрештою, поширена присутність важких мета-

лів у навколишньому середовищі не тільки загрожує водним об'єктам, але й негативно може вплинути на здоров'я місцевого населення, яке залежить від цих джерел води [6, 25].

Важливо відзначити, що концентрації Zn, Cu, Cd, Ni, Cr ті інших важких металів на всіх досліджуваних точках, залишаються в безпечних межах, але все ще можуть значно впливати на забруднення у підтериконі стічні води териконів, особливо під впливом таких чинників, як кислотні дощі та загалом підкислення середовища. Кумулятивний вплив цих металів, які є стійкими та не можуть бути деградовані або знищені, підкреслює необхідність суворого

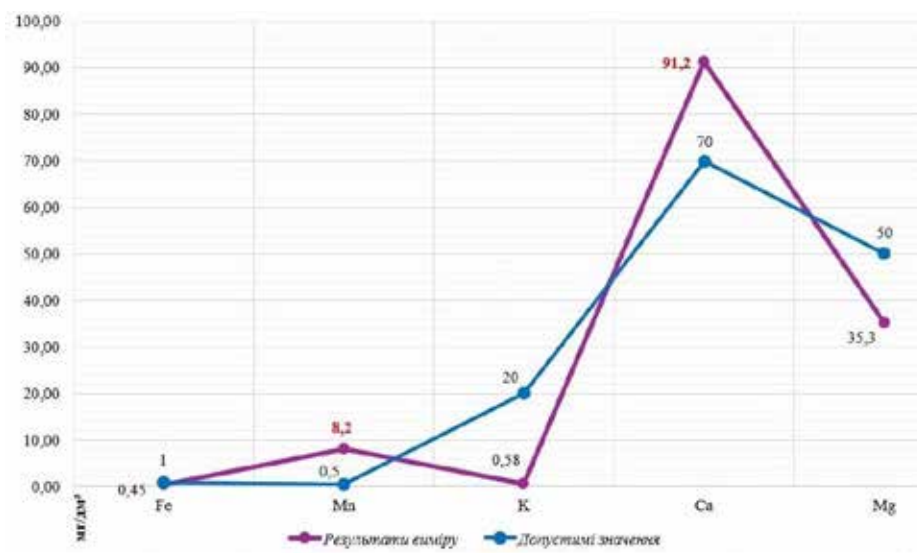


Рис. 3. Вміст важких металів у воді на сході терикону шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району

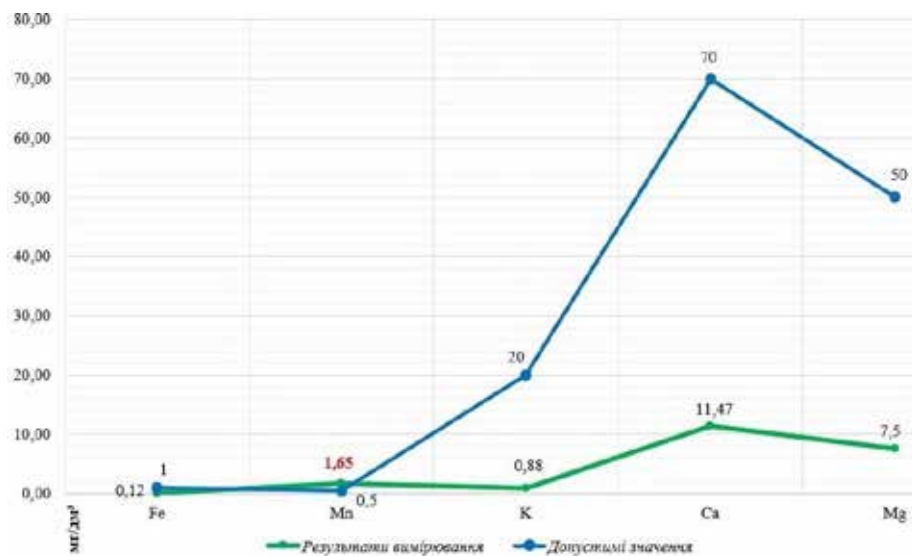


Рис. 4. Вміст важких металів у воді на півночі терикону шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району

моніторингу та стратегії управління в гірничодобувних районах для пом'якшення їх шкідливого впливу на якість води та здоров'я населення [25].

Загалом, комплексний підхід до моніторингу важких металів у шахтних водах, включаючи запровадження ефективних технологій очищення, покращення управління водними ресурсами та підвищення рівня екологічної свідомості, є ключовим для забезпечення сталого розвитку Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну та збереження здоров'я майбутніх поколінь.

Подальша реалізація екологічно стійких практик у гірничодобувному районі повинна включати також розробку та впровадження стратегій для міні-

мізації впливу на довкілля, що випливає з діяльності вугільних шахт. Одним із важливих елементів є використання сучасних методів рекультивациі шахтних відвалів та відновлення екосистем, що зазнали деградації через видобуток корисних копалин. Рекультивациа земель має на меті відновлення родючості ґрунтів, створення умов для відновлення природної флори та фауни, а також покращення гідрологічного балансу в регіоні.

Додатково до технологій очищення вод, важливим аспектом є використання біотехнологічних методів для очищення шахтних вод від важких металів. Використання природних процесів фітомеліорації та біоремедіації дозволяє зменшити рівень токсич-

них забруднювачів у водах за допомогою рослин або мікроорганізмів, що поглинають або нейтралізують токсини. Ці методи можуть бути ефективними у зниженні концентрації металів у водних системах без значних затрат енергії та ресурсів [5, 7].

Розширення міжнародної співпраці з метою обміну досвідом щодо очищення шахтних вод та рекультивації земель є важливим чинником для успішного вирішення екологічних проблем у гірничопромислових районах. Вивчення досвіду Європейських країн, що стикалися з подібними проблемами, дозволить знайти нові шляхи досягнення більш сталих результатів у сфері екології.

**Головні висновки.** Дослідження моніторингу важких металів у шахтних водах гірничопромислових районів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну на прикладі шахти Межирічанська ДП «Львіввугілля» м. Червонограда виявив серйозні екологічні проблеми, пов'язані з високими концентраціями більшості важких металів Fe, Mg, Mn, K та ін. у шахтних водах. Це забруднення становить значну загрозу для водних екосистем та здоров'я людини, оскільки ці метали накопичуються в біологічних організмах і можуть передаватися по харчовому ланцюгу, що підвищує ризики отруєння для насе-

лення, яке використовує ці води або споживає продукти з забруднених екосистем.

Для пом'якшення несприятливих наслідків важкими металами встановлені нормативні стандарти та вказівки для моніторингу та контролю концентрації важких металів. Наприклад, встановлено, що концентрація заліза в шахтних водах не повинна перевищувати 0,1 мг/дм<sup>3</sup> та гарантує, що рівні залишаються безпечними для довкілля та здоров'я населення. Встановлені стандарти передбачають, що ці рівні не повинні перевищувати рівні, встановлені для джерел води, призначеної для побутового та питного водопостачання, підкреслюючи важливість захисту здоров'я населення та довкілля від забруднення, пов'язаного з гірничодобувною діяльністю.

**Перспективи використання результатів дослідження** вбачаємо в дослідженні та перспективи розвитку екологічного управління в гірничодобувному районі Львівсько-Волинського вугільного басейну, особливо рекультивація териконів вугільних шахт і відновлення екосистем, які зазнали деградації через гірничодобувну діяльність. Це включає заходи з відновлення родючості ґрунтів, відновлення природних середовищ для флори та фауни, що зазнали негативного впливу внаслідок діяльності вугільної промисловості, а також відновлення водних екосистем.

### Література

1. Антоняк Г. Л., Багдай Т. В., Першин О. І., Бубис О. Є., Панас Н. Є., Олексюк Н. П. Метали у водних екосистемах та їх вплив на гідробіонтів. *Біологія тварин*. 2015, 17(2). С. 9–24.
2. Багдай Т. В., Панас, Н. Є. Антоняк, Г. Л. Бубис О. Є. Біомоніторинг екологічного стану природних водойм. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2016, 18(1). С. 190–194.
3. Босак П. В. Фізико-хімічні властивості стічних вод з технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2020, № 18. С. 117–124. <https://doi.org/10.32447/20784643.18.2018.13>
4. Босак П. В., Попович В. В. Еко-геоінформаційна технологія захисту довкілля від підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020, 4(31). С. 96–102 <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.14>
5. Босак П. В., Попович В. В. Екологічна небезпека підтериконових стічних вод Нововолинського гірничопромислового району EcoLab. Том 1 : монографія. Львів : ЛДУБЖД, 2022. 231 с.
6. Босак П. В., Стокалюк О. В., Корольова О. Г., Попович В. В. Управління екологічною безпекою у проектах розвитку гірничопромислових комплексів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2020, № 22. С. 5–11. <https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.01>
7. Волошишин А. І., Попович В. В. Босак П. В. Екологічний стан природно-технічних геосистем ліквідованих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну EcoLab. Том 3 : монографія. Львів : ЛДУБЖД, 2024. 214 с.
8. Колесник Н. Л. Важкі метали в екосистемі ставів та їх вплив на рибопродуктивність і харчову цінність риби в умовах інтенсивного вирощування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с-г. наук. : 06.02.03. К., 2012. 26 с.
9. Луцьова О. В. Бойко К. Е. Методика оцінки ризику забруднення підземних вод р. Сіверський Донець. *Геотехнічна механіка*. 2020, Вип. 150. С. 15–23. <https://doi.org/10.15407/geotm2020.150.015>
10. Луцьова О. В. Наукові основи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020, 1(28). С. 50–59. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.8>
11. Павличенко А. В. Ідентифікація екологічних ризиків, що виникають на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств. *Геотехнічна механіка*, 2015, № 124. С. 280–288.
12. Піндер В. Ф., Попович В. В., Босак П. В. Рекультиваційні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля EcoLab. Том 2 : монографія. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 245 с.
13. Попович В. В, Шуплат Т. І., Босак П. В. Природна фітомеліорація техногенних водойм у зоні впливу породних відвалів вугільних шахт. *Українська школа гірничої інженерії* : зб. матеріалів XV Міжнар. наук.-практ. конф. (06-10 вересня, Бердянськ, Україна). Бердянськ, 2021. С. 41–42 <https://doi.org/10.33271/usme15.041>
14. Попович В. В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.3. С. 37–42.

15. Попович В. В. Девастовані ландшафти, їх небезпека для навколишнього середовища та проблеми фітомеліорації. *Збірник наукових праць Пожежна безпека*. 2006. № 9. С. 132–134.
16. Попович В. В. Терикони Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.15. С. 136–140.
17. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну : монографія. Львів : ЛДУБЖД, 2014. 174 с.
18. Попович В. В., Волощишин А. І. Екологічні особливості формування фітомеліоративного вкриття на териконах вугільних шахт. *Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України* : зб. матеріалів I Всеукр. наук. конф. Миколаїв : Видавель Торубара В. В., 2018. С. 86–87
19. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Каб. Міністрів України від 19.09.2018 № 758 : станом на 26 верес. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p#Text> (дата звернення: 20.11.2024).
20. Bosak P. Spontaneous combustion of coal mine dumps in the Novovolynsk mining industrial area. *The second round table: Ecological impact of fire. Deforestation and forest degradation. Reclamation of devastated landscapes*. March 29, 2019 Lviv, LSULS. P. 3–4.
21. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn Coal basin. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2020, 2(440). P. 48–54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>
22. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Marutyak S. Features of seasonal dynamics of hazardous constituents in wastewater from colliery spoil heaps of Novovolynsk mining area. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2020, 5(443). P. 39–46. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.102>
23. Petlovanyi M., Kuzmenko O., Lozynskyi V., Popovych V., Sai K., Saik P. Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*. 2019, 13(1). 24–38. <https://doi.org/10.33271/mining13.01.024>
24. Popovych N., Malyovanyu M., Telak O., Voloshchyshyn A., Popovych V. Environmental hazard of uncontrolled accumulation of industrial and municipal solid waste of different origin in Ukraine. *Environmental problems*. 2018, 3(1). 53–58.
25. Popovych V. V., Voloshchyshyn A. I. Environmental impact of devastated landscapes of Volhynian upland and Male Polisia (Ukraine). *Environmental Research, Engineering and Management*. 2019, 75(3). P. 33–45. <https://doi.org/10.5755/j01.irem.75.3.23323>.
26. Popovych V. V., Voloshchyshyn A. I., Tyndyk O. S., Menshykova O. V., Shuplat T. I., Bosak P. V. Monitoring of heavy metals migration into edaphic horizons of coal mine dumps. *Ecologia Balkanica*. 2022, 14(2). 63–74.
27. Popovych V., Bosak P., Petlovanyi M., Telak O., Karabyn V., Pinder V. Environmental safety of phytogenic fields formation on coal mines tailings. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2021, 2(446). P. 129–136. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.44>
28. Popovych V., Petlovanyi M., Henyk Y., Popovych N., Bosak P. Efficiency of vegetative reclamation of coal spoil heaps. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022, 23(1). P. 172–177. <https://doi.org/10.12912/27197050/143137>
29. Popovych V., Voloshchyshyn A., Bosak P., Popovych N. Waste heaps in the urban environment as negative factors of urbanization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, 915(1) 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/915/1/012001>
30. Popovych V., Voloshchyshyn A., Rudenko D., Popovych N. Geochemical properties of water under the waste heaps in Chervonohrad mining region. *E3S Web of Conf. Ukrainian School of Mining Engineering*. 2019. 123, 01035. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301035>
31. Skrobala V., Popovych V., Tyndyk O., Voloshchyshyn A. Chemical pollution peculiarities of the Nadiya mine rock dumps in the Chervonohrad Mining District, Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*. 2022, 16(4). 71–79. <https://doi.org/10.33271/mining16.04.071>