

УДК 55; 504

Alla Shybanova¹, PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity of Viacheslav Chornovil Institute of Sustainable Development of Lviv Polytechnic National University
ORCID ID: 0000-0003-0364-7056 *e-mail*: ashybanova16@gmail.com

Olena Mitryasova², Professor, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of Ecology Department, Named after Petro Mohyla Black Sea National University
ORCID ID: 0000-0002-9107-4448 *e-mail*: eco-terra@ukr.net

Elvira Dzhumelia¹, PhD, Assistant at the Software Department of Institute of Computer Science and Information Technologies of Lviv Polytechnic National University
ORCID ID: 0000-0003-3146-8725 *e-mail*: elviradzhumelia@gmail.com

Maria Ruda¹, PhD, Associate Professor at the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity of Viacheslav Chornovil Institute of Sustainable Development of Lviv Polytechnic National University
ORCID ID: 0000-0003-0590-4589 *e-mail*: marichkarmv@gmail.com

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²Named after Petro Mohyla Black Sea National University, Odesa, Ukraine

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF WASTE OF MINING AND CHEMICAL ENTERPRISES ON SURFACE WATER QUALITY

Abstract. *The mining and chemical industry causes pollution of the soil and water environment both during its operation and after its termination. The waste of large industrial complexes poses a particular danger to the aquatic environment. Tailings storage facilities located in the Dniester River basin are characterized by a low level of environmental safety of these facilities, which indicates unsatisfactory management and their neglected state. Violation of the rules for the operation of tailings can lead to industrial accidents on a transboundary scale with uncontrolled emissions of pollutants and devastating consequences for the environment.*

The purpose of the study is to assess the impact of waste from State Enterprise "Rozdil mining and chemical enterprise "Sirka"" on the quality of the largest water bodies in the area of influence of this enterprise – lakes Serednie, Hlyboke and Kysle, located near industrial waste storage areas, and the mine channel through which water flows into the transboundary river Dniester.

The work experimentally determined and analyzed the indicators of water samples taken in 2021–2022 from the largest reservoirs in the zone of influence of SE "Rozdil MCE "Sirka"" – lakes Serednie, Hlyboke and Kysle, located near industrial waste storage sites and the water from which flows into the transboundary Dniester River along the mining channel (channel of Lake Hlyboke-Dniester River). In the analyzed water samples of the Hlyboke, Seredne, Kysle lakes and the mine channel, an excess of the MPC for sulfates is observed by 1.5–6 times, and the mineralization index by 2.3–3 times. There is a tendency to decrease the content of ammonium nitrogen in the studied reservoirs. In 2017 and in 2021–2022, there was a deviation from the water pH standards in Lake Kysle, as well as exceeding the MPC for phosphates, sulfates, ammonium nitrogen, and mineralization. In the mine channel, the maximum limit was found to be exceeded according to the following indicators: pH, sulfates, ammonium nitrogen.

It is expedient to consider the issue of environmental safety of tailings at both the international and national levels. It is extremely important to improve the policy of prevention and liquidation of the consequences of accidents, interaction between civil protection management bodies and enterprises.

Key words: mining and chemical enterprise; tailings; waste, environmental hazard; water pollution.

А.М. Шибанова¹, О.П. Мітрясова², Е.А. Джумеля¹, М.В. Руда¹

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Одеса, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Анотація. Гірничо-хімічна промисловість як під час діяльності, так і після припинення викликає забруднення ґрунтового та водного середовища. Особливу небезпеку для водного середовища становлять відходи великих індустріальних комплексів. Хвостосховища, розташовані в басейні річки Дністер, характеризуються низьким рівнем екологічної безпеки цих об'єктів, що свідчить про незадовільне управління та їх занедбаний стан. Порушення правил експлуатації хвостосховищ може призвести до промислових аварій транскордонного масштабу з неконтрольованими викидами забруднюючих речовин та руйнівними наслідками для довкілля.

Метою дослідження є оцінювання впливу відходів ДП «Роздільське гірничо-хімічне підприємство (ГХП) «Сірка» на якість найбільших водойм у зоні впливу даного підприємства – озер Середнє, Глибоке та Кисле, розташованих поблизу ділянок складування промислових відходів, та рудничного каналу, по якому вода стікає у транскордонну річку Дністер.

У роботі експериментально визначено та проаналізовано показники проб води, відібраних у 2021–2022 роках з найбільших водойм у зоні впливу ДП «Роздільське ГХП «Сірка» – озер Середнє, Глибоке та Кисле, розташованих поблизу ділянок складування промислових відходів і вода з яких стікає у транскордонну річку Дністер по рудничному каналу (каналу оз. Глибоке-р. Дністер).

У проаналізованих пробах води озер Глибоке, Середнє, Кисле та рудничного каналу спостерігається перевищення ГДК за сульфатами в 1,5–6 разів, показником мінералізації в 2,3–3 рази. Спостерігається тенденція до зменшення вмісту азоту амонійного в досліджуваних водоймах. У 2017 році та в 2021–2022 роках спостерігається відхилення від норм рН води в озері Кисле, а також перевищення ГДК за фосфатами, сульфатами, азотом амонійним та мінералізацією. У рудничному каналі встановлено перевищення ГДК за такими показниками: рН, сульфати, азот амонійний.

Питання екологічної безпеки хвостосховищ доцільно розглядати як на міжнародному, так і на національному рівнях. Надзвичайно важливим є вдосконалення політики попередження та ліквідації наслідків аварій, взаємодія між органами управління цивільного захисту та підприємствами.

Ключові слова: гірничо-хімічна промисловість; хвостосховища; відходи; екологічна безпека; забруднення води.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.17-28>

Вступ

Гірничо-хімічна промисловість як під час діяльності, так і після припинення викликає забруднення ґрунтового та водного середовища [1–4]. Особливу небезпеку для водного середовища становлять відходи великих індустріальних комплексів. Одними із об'єктів підвищеної небезпеки для водних ресурсів України, які можуть призвести до екологічної катастрофи, є хвостосховища.

Хвостосховища – це природно або штучно створені (за допомогою огорожувальної дамби) на понижених ділянках земної поверхні ємності для організованого складування і зберігання хвостів, освітлення і відводу води. Залежно від необхідних об'ємів складованих відходів і наявності земельних ресурсів розміри хвостосховищ можуть бути різними. Хвостосховища є потенційним джерелом виникнення надзвичайної ситуації, оскільки під час повеней на них може прорвати дамбу. Хвостосховища, розташовані в басейні річки Дністер, характеризуються низьким рівнем екологічної безпеки цих об'єктів, а це свідчить про незадовільне управління та їх занедбаний стан.

На території басейну річки Дністер ідентифіковано 32 хвостосховища із 162 млн тонн відходів, що перебувають на балансі 12 підприємств. До підприємств з найбільшим обсягом відходів, які вимагають невідкладних заходів щодо запобігання аваріям, відносять: Державне підприємство «Роздільське гірничо-хімічне підприємство «Сірка», ТОВ «Орана-Еко», ПАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал». При виході з ладу будь-якої системи хвостосховища рідка складова відходів здатна порушити захисні функції огорожувальних конструкцій, викликати руйнування і вийти назовні [5, 6]. Відповідно до Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) України ДП «Роздільське ГХП «Сірка» належить до об'єктів моніторингу ПОЗ.

При випаданні зливових дощів у районі хвостосховищ відбувається посилення процесів розмиву дамб та наповнення хвостосховищ із загрозою прориву та переливу відходів через гребінь дамб, а також змиву інших відходів з промислового майданчика – гудронів, залишків сірки та фільтрату зі звалища ТПВ [7, 8]. Вплив відходів на довкілля спричинений токсичною дією речовин, що у них містяться, переважно сірки і сірчаної кислоти, а також фенолів, важких вуглеводнів у складі гудронів.

Порушення правил експлуатації хвостосховищ може призвести до промислових аварій транскордонного масштабу з неконтрольованими викидами забруднюючих речовин та руйнівними наслідками для довкілля [9–11]. В Україні відбувалися аварії на хвостосховищах гірничо-хімічного підприємства «Полімінерал» в 1983 році, калійного заводу в місті Калуш у 2008 році, в результаті яких відходи виробництв потрапляли в річку Дністер.

Основою міжнародної нормативно-правової бази для вжиття заходів щодо зниження ризику транскордонного забруднення вод у результаті промислових аварій є договори ЄЕК ООН, а саме: Конвенція про транскордонний вплив промислових аварій (прийнята у 1992 р., вступила в дію в 2000 р.) і Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер (прийнята у 1992 р., вступила в дію в 1996 р.). Основні завдання цих Конвенцій – це сприяння транскордонній співпраці в області сталого використання водних ресурсів, запобіганню промисловим аваріям, а також підготовці та реагуванню на такі аварії.

Екологічна ситуація в басейні р. Дністер за останні 15–20 років під впливом антропогенних факторів набула кризового характеру [12–17]. Внизу по течії знаходяться водозабори багатьох міст України і Молдови, а оскільки Дністер є річкою міжнародного значення, то її забруднення може призвести до міждержавних конфліктів та значних фінансових санкцій.

Мета дослідження – оцінювання впливу відходів ДП «Роздільське ГХП «Сірка»» на якість найбільших водойм у зоні впливу даного підприємства – озер Середнє, Глибоке та Кисле, розташованих поблизу ділянок складування промислових відходів, та рудничного каналу, по якому вода стікає у транскордонну річку Дністер.

Методи досліджень

В результаті виконання проекту «Комплексний оперативний моніторинг техногенно небезпечних накопичених промислових відходів гірничо-хімічних підприємств як запорука національної безпеки» проведено рекогносцивальні обстеження стану хвостосховищ, відвалів, відстійників та інших місць зберігання промислових відходів ДП «Роздільське ГХП «Сірка»» для попередньої оцінки їх сучасного стану. Зокрема, оцінено стан сірчаного складу із залишками сірки та ультракислих вод, хвостосховищ № 1 та № 2, де заскладовані хвости флотації сірки, відвал фосфогіпсу та відстійник кислих вод із ділянками промитого атмосферними опадами та насиченого кислотами фосфогіпсу, три гудронних відвали, де зберігаються залишки угорських гудронів, а також Новороздільський полігон твердих побутових відходів.

Також у роботі експериментально визначено та проаналізовано показники проб води, відібраних у 2021–2022 роках з найбільших водойм у зоні впливу ДП «Роздільське ГХП «Сірка»» – озер Середнє, Глибоке та Кисле, розташованих поблизу ділянок складування промислових відходів (сірки та ультракислих вод на сірчаному складі, хвостів флотації сірки, фосфогіпсів, гудронних залишків, твердих побутових відходів) і вода з яких стікає у транскордонну річку Дністер по так званому рудничному каналу (каналу оз. Глибоке-р. Дністер).

Кар'єрні озера затоплювалися з 2003 по 2010 рр. На місці Роздільського Північного кар'єру створено каскад із озер Чистого, Середнього та Глибокого. Площа озера Чистого – 10 га, глибина – 15 м, площа озера Середнього – 45 га, глибина – 12 м. Озеро Глибоке має глибину до 30 м, площа озера – 82 га. Для витоку води з озер у річку Дністер є канал довжиною 3 км. Загальна площа водозбору кар'єрних озер підприємства становить 6 км².

На рис. 1 зображено карту місць відбору проб води.

Результати вимірювань показників проб води з озер Глибоке, Середнє та Кисле та каналу оз. Глибоке-р. Дністер, проведених у 2021–2022 роках, порівняні з результатами, отриманими у 2017 році [13].

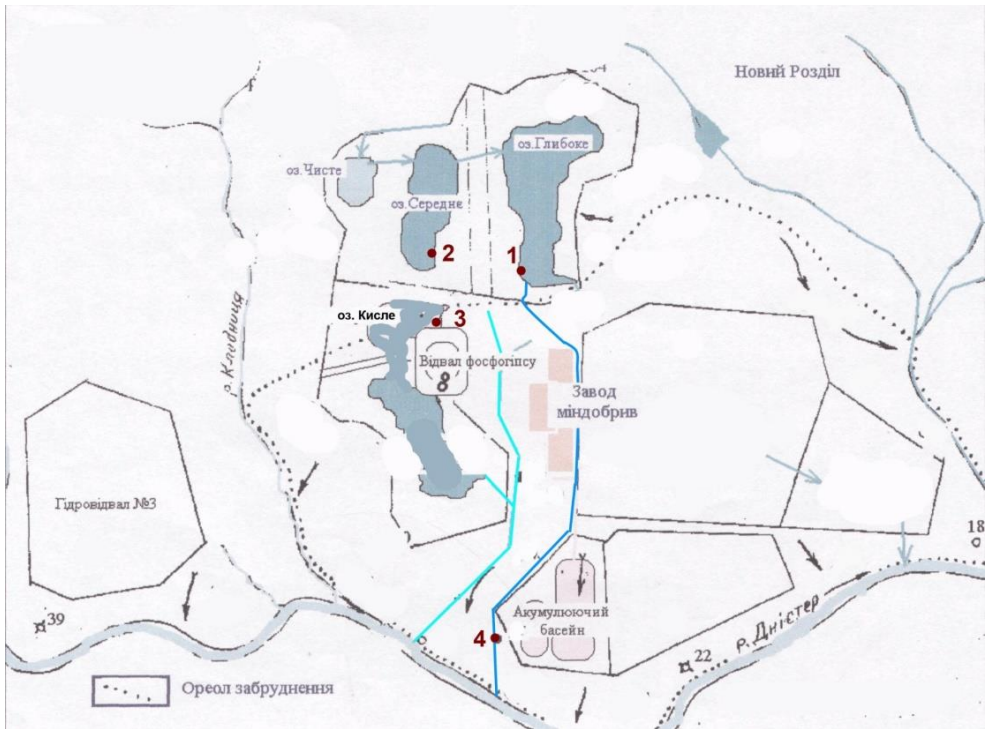


Рис. 1. Локалізація точок відбору проб води у зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка»

Результати дослідження

Проведено експериментальні дослідження якості води озер Глибоке, Середне та Кисле та каналу оз. Глибоке-р. Дністер та отримано результати вимірювань за такими показниками: водневий показник (рН), сульфати, мінералізація, азот амонійний, нітрат-іони, фосфати.

рН води має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах, а також впливає на процеси перетворення різноманітних форм біогенних елементів. Вміст іонів водню (точніше, гідроксонію) у природних водах визначається в основному кількісним співвідношенням концентрацій вугільної кислоти та її іонів. рН води – один із найважливіших показників якості вод. Норми рН становлять від 6,5 до 7,5.

У залежності від рН природні води поділяють на сім груп: сильно кислі води – рН < 3; кислі води – рН = 3,5; слабокислі води – рН = 5–6,5; нейтральні води – рН = 6,5–7,5; слаболужні води – рН = 7,5–8,5; лужні води рН = 8,5–9,5 [18, 19].

У 2017 році та в 2021–2022 роках спостерігається відхилення від норм рН води в озері Кисле (рН < 6,5, слабокислі води). Також у 2017 році за показником рН вода рудничного каналу характеризується як слабокисла (рН = 6,05), у 2021 році – нейтральна (рН = 6,9), а в 2022 році – слаболужна вода. Вода озера Глибоке за показником рН нейтральна. Вода озера Середне в 2017 році характеризується як слаболужна, а в 2021–2022 роках – нейтральна.

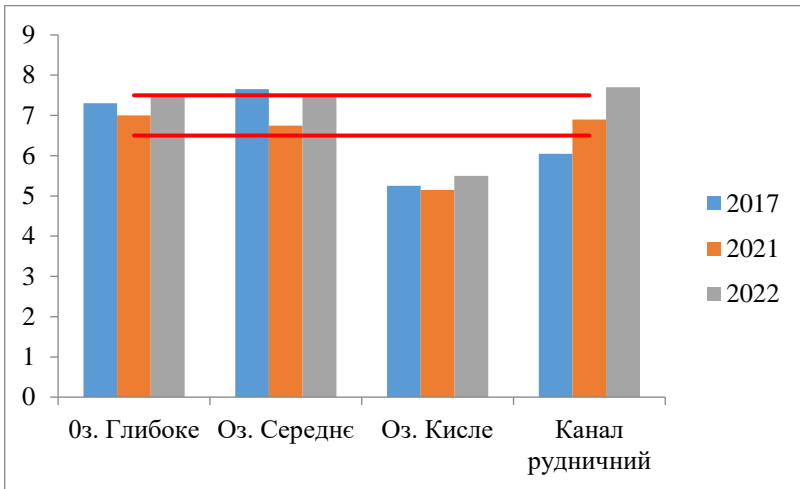


Рис. 2. Значення рН у точках відбору проб води

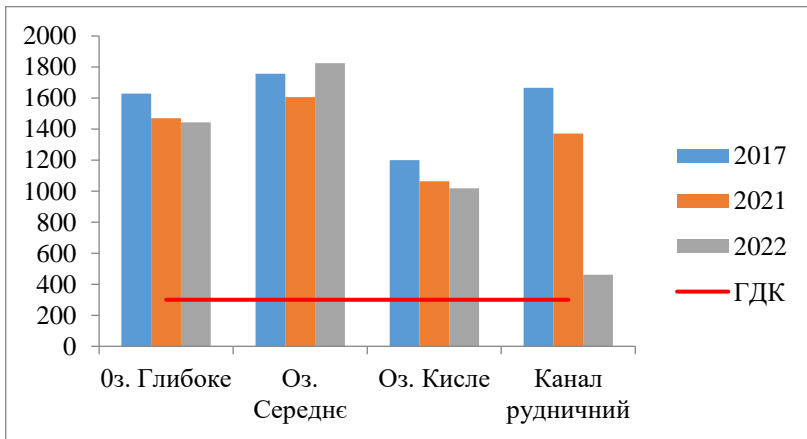


Рис. 3. Вміст сульфатів у пробах води озер Глибоке, Середнє, Кисле та рудничного каналу

Головним джерелом сульфатів у поверхневих водах є процеси хімічного вивітрювання і розчинення мінералів, які містять сірку, в основному гіпс, а також окислення сульфідів і сірки. Сульфати в основному переважають у водах з підвищеною мінералізацією.

У проаналізованих пробах води озер Глибоке, Середнє, Кисле та рудничного каналу спостерігається перевищення ГДК за сульфатами в 1,5–6 разів (рис. 3). В озерах Глибоке, Кисле та рудничному каналі відстежується тенденція до зменшення вмісту сульфатів у воді. Наприклад, в озері Глибоке зміна перевищення ГДК сульфатів становить від 5,4 раза у 2017 році до 4,8 раза у 2022 році; у каналі рудничному перевищення ГДК сульфатів у воді змінюється від 5,5 раза у 2017 році до 1,5 раза в 2022 році.

У порівнянні з іншими водоймами для води озера Середнє характерним є максимальне перевищення ГДК показника мінералізації (2,8–3 рази). Для води озера Глибоке характерним є поступове незначне зменшення показника мінералізації, його перевищення ГДК становить 2,3–2,5 раза. Вода рудничного

каналу характеризується тенденцією до зменшення показника мінералізації. У 2017 році його перевищення становило 2,5 раза, а в 2022 році показник мінералізації знаходиться на рівні ГДК. Зменшення показника мінералізації свідчить про зниження негативного впливу відходів гірничо-хімічного підприємства на водне середовище.

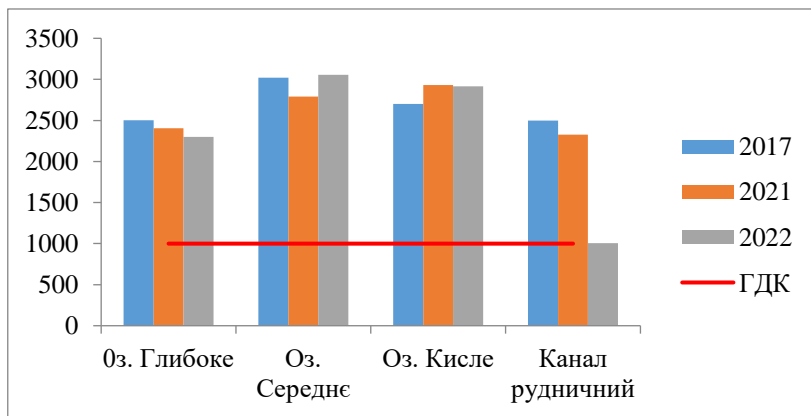


Рис. 4. Мінералізація води у пробах, відібраних з озер Глибоке, Середне, Кисле та рудничного каналу

У всіх водних об'єктах фіксується перевищення ГДК азоту амонійного (рис. 5). Це пов'язано з тим, що на території підприємства біля оз. Глибокого зберігаються гудрони (17 тис. т), завезені в 2003 р. з Угорщини. Біля оз. Кислого розташований відвал фосфогіпсу. Між оз. Середнім та оз. Глибоким розташовано Новороздільський полігон твердих побутових відходів, що також має негативний вплив на водне середовище. Вплив відходів на довкілля спричинений токсичною дією речовин, що у них містяться, переважно сірки і сірчаної кислоти, а також фенолів, важких вуглеводнів у складі гудронів. Однак спостерігається тенденція до зменшення вмісту азоту амонійного в досліджуваних водоймах.

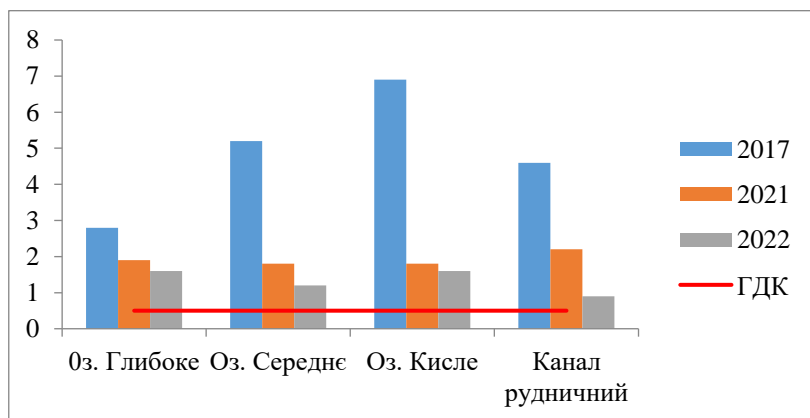


Рис. 5. Вміст азоту амонійного у пробах води озер Глибоке, Середне, Кисле та рудничного каналу

У 2017 році перевищення ГДК азоту амонійного у воді озера Кисле становило 13,8 раза, озера Середнє – 10,4 раза, озера Глибоке – 5,6 раза, рудничного каналу – 9,2 раза. Вже в 2022 році у пробах води озера Кисле перевищення ГДК азоту амонійного становило 3,2 раза, озера Середнє – 2,4 раза, озера Глибоке – 3,2 раза, рудничного каналу – 1,8 раза.

У водоймах підприємства нема перевищення ГДК за нітрат-іонами (рис. 6). Підвищення вмісту нітратів, яке спостерігається впродовж досліджуваних років, вказує на погіршення санітарного стану водойм.

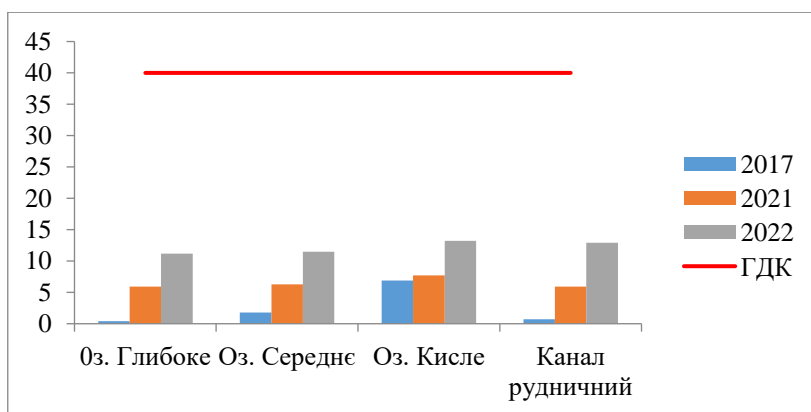


Рис. 6. Вміст нітратів-іонів у пробах води озер Глибоке, Середнє, Кисле та рудничного каналу

У 2017 році в озері Кисле вміст фосфатів у воді значно перевищує ГДК (208 разів), у 2021–2022 роках перевищення ГДК фосфатів у воді становить 138 разів. Присутність фосфатів у воді істотно впливає на розвиток водної рослинності.

Висновки

У проаналізованих пробах води озер Глибоке, Середнє, Кисле та рудничного каналу спостерігається перевищення ГДК за сульфатами в 1,5–6 разів, показником мінералізації в 2,3–3 рази. Спостерігається тенденція до зменшення вмісту азоту амонійного в досліджуваних водоймах: у 2017 році перевищення ГДК азоту амонійного у воді становило 5,6–13,8 раза, а вже в 2022 році перевищення ГДК азоту амонійного у воді становило 1,8–3,2 раза.

У 2017 році та в 2021–2022 роках спостерігається відхилення від норм рН води в озері Кисле, а також перевищення ГДК за фосфатами, сульфатами, азотом амонійним та мінералізацією.

У рудничному каналі встановлено перевищення ГДК за такими показниками: рН, сульфати, азот амонійний.

Оскільки найближча відстань від хвостосховищ до річки Дністер лише 380 м і внизу по течії знаходяться водозабори багатьох міст України і Молдови, то забруднення річки може призвести до міждержавних конфліктів та значних фінансових санкцій.

Через відсутність фінансування стан хвостосховищ та стійкість дамб, які стримують небезпечні відходи, невпинно погіршується та вимагає негайного реагування. Водовідвідні канали потребують розчищення задля можливості відведення інтенсивних опадів від хвостосховищ та запобігання переповненню і підмиванню дамб. Аварії на хвостосховищах можуть завдати багатомільйонних збитків. Витрати на подолання наслідків аварій практично завжди перевищують витрати на забезпечення належного рівня безпеки об'єктів та розроблення заходів з попередження і реагування на надзвичайні ситуації.

Питання екологічної безпеки хвостосховищ доцільно розглядати як на міжнародному, так і на національному рівнях. Надзвичайно важливим є вдосконалення політики попередження та ліквідації наслідків аварій, взаємодія між органами управління цивільного захисту та підприємствами.

Тому науковцям та екологам необхідно серйозно поставитись до вирішення проблеми експлуатації хвостосховищ, розробивши чітку програму із забезпечення безпеки на таких потенційно небезпечних об'єктах, а також скласти плани щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації. Важливим заходом є проведення спільного та погодженого зовнішнього планування дій в надзвичайних ситуаціях між Україною і Республікою Молдова, а саме встановлення системи оповіщення про випадки аварійного забруднення водних ресурсів в басейні річки Дністер. Україна має впроваджувати вимоги Директиви 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 р. «Про управління відходами видобувної промисловості та внесення змін і доповнень до Директиви 2004/35/ЄС» для попередження та мінімізації негативного впливу на довкілля, що може виникати в результаті управління відходами видобувної промисловості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. O. Mitryasova, V. Pohrebennyk, Y. Bezsonov, A. Mats, "Environmental risk and state of surface water resources," in *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph*, Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT, pp. 279–288, 2021.
2. V. Dyakiv, V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, A. Shybanova, M. Yaremovych, "Actual state and prospects of using the territory of the Rozdil mining and chemical enterprise "Sirka" for the construction of renewable energy facilities," in *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph*, Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT, pp. 76–92, 2021.
3. V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, A. Shybanova, M. Ruda, "Assessment of the environmental condition of the Dnister river basin under climate change," in *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph*, Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT, pp. 321–336, 2021.
4. E. Dzhumelia, V. Pohrebennyk, "Study of sustainable development of the territories of mining influence and chemical enterprises based on environmental pollutant control," in *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph*, Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT, pp. 93–102, 2021.
5. А.М. Шибанова, В.Д. Погребенник, О.П. Мітрясова, М.В. Руда, Е.А. Джумеля, М.М. Паславський, "Екологічне оцінювання якості води річки Дністер", *Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць*, Т. 31, № 5, С. 74–78, 2021.
6. E. Dzhumelia, O. Spodyaryk. The Possibility of Post-industrial Landscapes Reclamation Based on the Study of Soil Quality Indicators and Variance Analysis // *IEEE 17th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT) (Lviv, Ukraine, November 10–12, 2022)*. – 2022.

7. Мітрясова О.П., Погребенник В.Д., Шибанова А.М., Джумеля Е.А. Оцінювання екологічного стану водного об'єкта за гідрохімічними показниками // Екологічна безпека та природокористування : збірник наукових праць. – 2022. – Вип. 1 (41). – С. 18–30.
8. Mitryasova O., Pohrebennyk V., Shybanova A., Nosyk A. Prognosis models of surface water status // Water supply and wastewater disposal : designing, construction, operation and monitoring IV. – Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2022. – p. 194–207.
9. Мітрясова О.П., Погребенник В.Д., Шибанова А.М., Джумеля Е.А. Визначення стану водного об'єкту як умова попередження екологічного ризику / Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: колективна монографія. – Дніпро: Середняк Т.К., 2022. – с. 383–393.
10. Pohrebennyk V., Mitryasova O., Kłos-Witkowska A., Dzhumelia E., The role of monitoring the territory of industrial mining and chemical complexes at the stage of liquidation, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Vienna, Austria, vol. 17/issue 33, 2017, pp. 383–390.
11. Pohrebennyk V., Dzhumelia E., Korostynska O., Mason A., Cygnar M. Technogenic Pollution of Soil due to Mining and Chemical Enterprises,” in Proc. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena, Bulgaria, vol. 2, 30 June – 6 July 2016, pp. 363–370.
12. Rudko G., Shkitsa L. “Ecological consequences of the activity of Western Ukraine mining complexes”, Rocznik AGH, Wiernictwo Nafta Gaz, Poland, T. 19/2, pp. 415–418 (2002).
13. Pohrebennyk V., Mitryasova O., Dzhumelia E., Kochanek A. Evaluation of surface water quality in mining and chemical industry / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, E. Dzhumelia, A. Kochanek // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena, Bulgaria. – 2017. – Vol. 17/issue 51, 2017. pp. 425–433.
14. Гайдін А.М. Нові озера Львівщини / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во ТзОВ "Афіша", 2009. – 103 с.
15. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Вплив промислових відходів на якість води / В.Д. Погребенник, Е.А. Джумеля // Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання: збірник наукових статей сімнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 24–25 травня 2018 р.). – 2018. – С. 156–159.
16. Мітрясова О.П., Шибанова А.М., Джумеля Е.А. Оцінювання стану водного об'єкту як умова попередження екологічного ризику // «Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава: НУПП. – 2022. – С. 424–427.
17. Шибанова А.М., Мітрясова О.П., Руда М.В., Джумеля Е.А. Транскордонні екологічні загрози техногенного характеру на території Прикарпаття // «Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава: НУПП.– 2022. – С. 658–660.
18. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Екологічна безпека гірничо-хімічних підприємств: монографія. – Житомир: Бук-Друк, 2022. – 190 с.
19. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / В.К. Хільчевський, О.М. Гончар, М.Р. Забокрицька та ін.; за ред. В.К. Хільчевського та В.А. Сташука. – К.: Ніка-Центр, 2013. – 256 с.

Стаття надійшла до редакції 19.12.2022 і прийнята до друку після рецензування 06.03.2023

REFERENCES

1. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V., Bezsonov, Y., & Mats, A. (2021). Environmental risk and state of surface water resources. In *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph* (pp. 279–288). Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT.
2. Dyakiv, V., Pohrebennyk, V., Mitryasova, O., Shybanova, A., & Yaremovych, M. (2021). Actual state and prospects of using the territory of the Rozdil mining and chemical enterprise "Sirka" for the construction of renewable energy facilities. In *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph* (pp. 76–92). Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT.
3. Pohrebennyk, V., Mitryasova, O., Shybanova, A., & Ruda, M. (2021). Assessment of the environmental condition of the Dnister river basin under climate change. In *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph* (pp. 321–336). Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT.
4. Dzhumelia, E., & Pohrebennyk, V. (2021). Study of sustainable development of the territories of mining influence and chemical enterprises based on environmental pollutant control. In *Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph* (pp. 93–102). Mykolaiv: PMBSNU – Rzeszow: RzUT.
5. Shybanova, A. M., Pohrebennyk, V. D., Mitryasova, O. P., Ruda, M. V., Dzhumelia, E. A., & Paslavs'kyi, M. M. (2021). Ekolohichne otsynuyannya yakosti vody richky Dnister. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny: zbirnyk naukovo-tekhnichnykh prats'*, 31(5), 74–78 [in Ukrainian].
6. Dzhumelia, E., & Spodaryk, O. (2022). The Possibility of Post-industrial Landscapes Reclamation Based on the Study of Soil Quality Indicators and Variance Analysis. In *IEEE 17th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*. Lviv, Ukraine.
7. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V., Shybanova, A., & Dzhumelia, E. (2022). Assessment of the environmental status of the water object by hydrochemical indicators. *Environmental Safety and Natural Resources*, 41(1), 18–30. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.18-30> [in Ukrainian].
8. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V., Shybanova, A., & Nosyk, A. (2022). Prognosis models of surface water status. In *Water supply and wastewater disposal: designing, construction, operation and monitoring IV* (pp. 194–207). Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
9. Mitryasova, O. P., Pohrebennyk, V. D., Shybanova, A. M., & Dzhumelia, E. A. (2022). Vyznachennya stanu vodnoho ob'yektu yak umova poperedzhennya ekolohichnoho ryzyku. In *Podolannya ekolohichnykh ryzykiv ta zahroz dlya dovkillya v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy: kolektyvna monohrafiya* (pp. 383–393). Dnipro: Serednyak T.K. [in Ukrainian].
10. Pohrebennyk, V., Mitryasova, O., Kłos-Witkowska, A., & Dzhumelia, E. (2017). The role of monitoring the territory of industrial mining and chemical complexes at the stage of liquidation. In *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, (Vol. 17, issue 33, pp. 383–390). Vienna, Austria.
11. Pohrebennyk, V., Dzhumelia, E., Korostynska, O., Mason, A., & Cygnar, M. (2016). Technogenic Pollution of Soil due to Mining and Chemical Enterprises. In *Proc. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM* (Vol. 2, pp. 363–370). Albena, Bulgaria.
12. Rudko, G., Shkitsa, L. (2002). Ecological consequences of the activity of Western Ukraine mining complexes. *Rocznik AGH, Wiertnictwo Nafta Gaz, Poland*, 19/2, 415–418.
13. Pohrebennyk, V., Mitryasova, O., Dzhumelia, E., & Kochanek, A. (2017). Evaluation of surface water quality in mining and chemical industry. In *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM* (Vol. 17/issue 51, pp. 425–433). Albena, Bulgaria.

14. Haydin, A. M., & Zozulya, I. I. (2009). *Novi ozera L'vivshchyny* (2nd ed.). L'viv: Vyd-vo TzOV "Afisha" [in Ukrainian].
15. Pohrebennyk, V. D., & Dzhumelia, E.A. (2018). Vplyv promyslovykh vidkhodiv na yakist' vody. In *Resursy pryrodnykh vod Karpats'koho rehionu. Problemy okhorony ta ratsional'noho vykorystannya: zbirnyk naukovykh statey simnadtsyatoyi mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (pp. 156–159). L'viv [in Ukrainian].
16. Mitryasova, O. P., Shybanova, A.M., & Dzhumelia, E. A. (2022). Otsynuyannya stanu vodnoho ob'yektu yak umova poperedzhennya ekolohichnoho ryzyku. In *Podolannya ekolohichnykh ryzykiv i zahroz dlya dovkillya v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy – 2022: zbirnyk materialiv I Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (pp. 424–427). Poltava: NUPP [in Ukrainian].
17. Shybanova, A. M., Mitryasova, O. P., Ruda, M. V., & Dzhumelia, E. A. (2022). Transkordonni ekolohichni zahrozy tekhnohennoho kharakteru na terytoriyi Prykarpattya. In «*Podolannya ekolohichnykh ryzykiv i zahroz dlya dovkillya v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy – 2022*»: zbirnyk materialiv I Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (pp. 658–660). Poltava: NUPP [in Ukrainian].
18. Pohrebennyk, V.D., & Dzhumelia, E.A. (2022). Ekolohichna bezpeka hirnycho-khimichnykh pidpryyemstv: monohrafiya. Zhytomyr: Buk-Druk [in Ukrainian].
19. Khil'chevs'kyu, V. K., Honchar, O. M., Zabokryts'ka, M. R. et al. (2013). Hidrokhimichnyy rezhym ta yakist' poverkhnevyykh vod baseynu Dnistra na terytoriyi Ukrainy. (V. K. Khil'chevs'kyu & V. A. Stashuk, Eds.). Kyiv: Nika-Tsentr [in Ukrainian].

The article was received 19.12.2022 and was accepted after revision 06.03.2023

Шибанова Алла Миколаївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013 Україна, м. Львів, вул. Ст. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0003-0364-7056 **e-mail:** ashybanova16@gmail.com

Мітрянська Олена Петрівна

доктор хімічних наук, професор, професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили

Адреса робоча: 54003, Україна, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10

ORCID ID: 0000-0002-9107-4448 **e-mail:** eco-terra@ukr.net

Джумеля Ельвіра Анатоліївна

доктор філософії, асистентка кафедри програмного забезпечення Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013 Україна, м. Львів, вул. Ст. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0003-3146-8725 **e-mail:** elviradzhumelia@gmail.com

Руда Марія Віталіївна

кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013 Україна, м. Львів, вул. Ст. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0003-0590-4589 **e-mail:** marichkarmv@gmail.com