

УДК 504.5:628.3:667.2(477.61-21Рyb)
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.109.12>

Ніна МІХАЛКОВА, асп.
ORCID ID: 0000-0001-9119-213X
e-mail: mikhalkovanini@gmail.com
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Ігор УДАЛОВ, д-р геол. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0003-3844-6481
e-mail: igorudalov8@gmail.com
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ НАКОПИЧУВАЧА ТОВ "РУБІЖАНСЬКИЙ КРАСИТЕЛЬ"

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Вступ. Присвячено чинникам екологічної небезпеки, спроможним негативно вплинути на стан накопичувача високомінералізованих стоків ТОВ "Рубіжанський Краситель". Актуальність роботи зумовлена наявними екологічними проблемами, що супроводжують довготривалу експлуатацію техногенного об'єкта.

Методи. У дослідженні використано аналіз наявної інформації про геолого-гідрогеологічні умови району та технічний стан об'єкта накопичення. Оцінка екологічних ризиків здійснювалася на основі літературних джерел, картографічних матеріалів і логічного аналізу впливу природних і техногенних чинників. З огляду на відсутність доступу до об'єкта, використано підхід умовного моделювання можливих сценаріїв впливу з урахуванням чинників небезпеки.

Результати. Основні чинники небезпеки, відповідно до їх походження, поділено на природні і техногенні. Встановлено, що вплив природних чинників небезпеки зумовлений особливостями території розміщення техногенного об'єкта та глобальними змінами клімату. Описано основні процеси, які становлять потенційну загрозу поширення речовин з накопичувача як з боку ендегенної природної складової (геологічної будови території, гідрогеологічних умов), так і екзогенної (кліматичних та гідрологічних умов). Зауважено, що розташування накопичувача в зоні впливу Північнодонецького насування сприяє поширенню речовин з накопичувача в геологічному середовищі (ГС). Зазначено, що стан споруд частково відображає прояви впливу певних чинників, проте подальша їх дія може спровокувати аварійну ситуацію на накопичувачі.

Висновки. Проаналізовані техногенні чинники небезпеки свідчать про низку несприятливих процесів, потенційна загроза яких пов'язана безпосередньо з порушенням умов експлуатації об'єкта. При цьому відзначено наявність ознак, які вказують на пошкодження споруд та комунікацій. Визначено, що саме військові чинники небезпеки, які належать до техногенних, мають нині найвищий ступінь імовірності руйнівного впливу на накопичувач. Зауважено, що перебування території під контролем сторонніх осіб, а саме – окупаційних сил, сформувало досить небезпечну ситуацію, враховуючи речовинний склад відходів. Більше того, ці обставини анулюють будь-які шляхи розв'язання існуючих екологічних проблем прилеглої території, унеможлижуючи доступ до об'єкта.

Ключові слова: чинник небезпеки, накопичувач відходів, забруднювальні речовини, міграція, навколишнє природне середовище, геологічне середовище, підземні води, ризики виникнення аварійної ситуації.

Вступ

Актуальність і постановка проблеми. Наявність екологічних проблем в останні десятиліття є поширеним явищем для техногенно-навантажених регіонів України. Хоч сучасний курс країни загалом спрямований на збалансоване природокористування (збереження та відновлення природних екосистем, енергоефективність тощо), сформована протягом тривалого часу кризова екологічна ситуація залишається гострою проблемою. Особливо показово це спостерігається в місцях, які мають природну "схильність" до розвитку промисловості – наявність у надрах покладів корисних копалин. Досить часто саме в таких умовах у XX ст. виростали цілі промислові агломерації, що нині лишили по собі велику кількість небезпечних та аварійних техногенних об'єктів.

Відомо, що для промислових агломерацій однією з основних проблем є наявність техногенних об'єктів (відстійників, накопичувачів, звалищ відходів тощо). Їх проблема полягає в тому, що ці об'єкти є джерелом постійної екологічної небезпеки незалежно від того, перебувають вони в експлуатації чи є покинутими. Більше того, техногенні об'єкти піддаються впливу різних чинників, що провокує й активізує збільшення масштабу негативного впливу на навколишнє природне середовище (НПС).

Описана вище ситуація характерна для Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації, яка є частиною найбільшого вуглевидобувного регіону України – Донбасу. У певному сенсі наявність товщ вугілля визначила майбутній інтенсивний техногенний вплив на цій території. Тому після становлення основоположної для даного

регіону вугільної промисловості тут сформувалась потужна поліцентрична промислова агломерація. Як наслідок – тривале техногенне навантаження зумовило комплекс екологічних проблем як загалом для НПС, так і для ГС. Однак акцентування на проблемах та ризиках, пов'язаних зі станом ГС, є пріоритетним через його здатність затримувати забруднювальні речовини в підземній товщі (у ґрунтах, підземних водах тощо), а також через складність геолого-тектонічної будови, що призводить до складних різнопланових наслідків.

ГС в межах Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації досить неоднорідне і складне – тектонічна будова Донбасу виділила природні і промислові райони (Бондарчук, 1949). Умовна лінія розподілу проходить по р. Сіверський Донець: на правобережжі горбиста рівнина з виходами карбону на денну поверхню сформували підґрунтя для вуглевидобувної діяльності; лівобережжя – це терасована рівнина, складена потужною товщею верхньокрейдяних та четвертинних відкладів у верхній частині розрізу. Тому лівобережжя являє собою велику концентрацію техногенних об'єктів, а також водозаборів підземних вод.

На прикладі ТОВ "Рубіжанський Краситель" (далі – "Краситель"), що розташоване на лівобережжі, спостерігається результат такої концентрації. Так, внаслідок багаторічної діяльності підприємства відбулись негативні зміни в ГС (забруднення, суфозія та ін.) (Ніколаєва, 2020; Міхалкова, Кононенко, & Удалов, 2022; Яковлев, Сплодитель, & Чумаченко, 2021; Соколов, Удалов, & Кононенко, 2021). Наслідки техногенного впливу

особливо показово відображені в підземній гідросфері. Через забруднення підземних вод на даній території ліквідовано водозабори Заводський, Катерининський, Приканалний та переключено лише на технічне використання забрудненої води Лівнівський, причому щодо останнього вже складено проєкт ліквідаційного тампонажу.

Накопичувач "Красителя" і на сьогодні є джерелом забруднення ГС, незважаючи на факт ліквідації підприємства (Ніколаєва, 2020; Стан ... щорічник, 2021). Тому важливо обґрунтувати та класифікувати основні чинники небезпеки для накопичувача, що дасть змогу виділити основні ризики та найактуальніші проблеми техногенного об'єкта.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Існування промислових відходів (у вигляді накопичувачів чи звалищ) як джерело забруднення природного середовища є досить поширеним предметом дослідження в багатьох регіонах світу. Такі дослідження здебільшого проводяться з метою визначення основних напрямків і масштабів міграції забруднювальних речовин. Загалом нагромадження промислових відходів характерне для багатьох країн через використання лінійної економічної моделі в минулому. Нині світова спільнота впроваджує концепцію збереження ресурсів та екологічного природокористування, тому для багатьох розвинутих країн проблема існування техногенних об'єктів, що забруднюють природне середовище, є відлунням минулого. Хоч, наприклад, для країн ЄС, які давно впроваджують ефективні методи управління небезпечними відходами,

проблема існування і навіть зростання кількості відходів все ще є актуальною (EU actions ... waste, 2023).

Загалом наявні погляди щодо існування промислових відходів як джерела забруднення зводяться до кількох варіацій розв'язання проблеми: очищення, нейтралізація, утилізація відходів та загальна екологічна реабілітація території; переробка і повторне використання задля перетворення відходів у ресурс; перекаліфікація і повторна функціональність об'єкта тощо (Del Giudice et al., 2020; Santucci et al., 2018; Srivastava et al., 2023).

Проблема накопичувача "Красителя" фрагментарно висвітлювалась у деяких роботах (Назаренко, & Зайцева, 2014; Мішукова, 2018). Досить детально проаналізовано проблему цього техногенного об'єкта в межах проекту Координатора проєктів ОБСЄ в Україні "Зміцнення спроможності для моніторингу та управління водними ресурсами на сході України" (Ніколаєва, 2020). Автори надали рекомендації щодо накопичувача: нейтралізація відходів, належне закриття секцій, що не експлуатуються, та подальша рекультивация порушених земель.

Відомо, що накопичував Рубіжанський розташований на околиці м. Рубіжне Луганської області (рис. 1). Об'єкт в 2009 р. передано від підприємства хімічної галузі – "Краситель" на баланс підприємства житлово-комунального господарства (ЖКГ) – КП "Рубіжанське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства" Рубіжанської міської ради (далі – КП "РВУВК") (Ніколаєва, 2020). Тому деякі секції використовуються для відходів і досі.

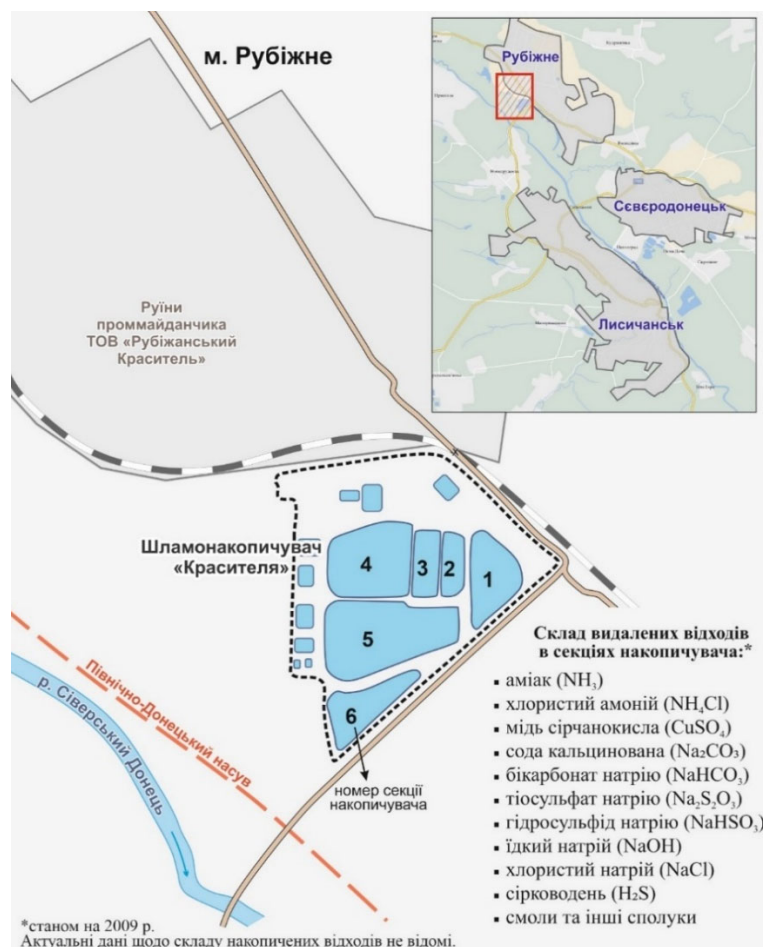


Рис. 1. Оглядюва карта-схема накопичувача "Красителя"
(зверху зображено розміщення об'єкта в Лисичансько-Рубіжанській промисловій агломерації)

Як об'єкт небезпеки досліджуваний накопичувач складається з шести секцій: №№ 2, 5, 6 – не діють, №№ 1, 3, 4 – діють, водночас різні секції перебувають в експлуатації 45–81 рік. Обсяг видалених відходів на 01.01.2009 – 1 757,903 тис. м³. На сьогодні невідомі фактичний загальний обсяг, фізичні й хімічні властивості накопичених відходів. Наявні дані 10-річної давнини не відображають поточний стан через їх багаторічне змішування між собою та поповнення іншими видами відходів КП "РВУВКГ" (мул та пісок) (Ніколаєва, 2020). Ситуацію суттєво ускладнює ведення бойових дій в даній місцевості та тимчасова окупація території розташування накопичувача. Тому дослідження безпосередньо на території об'єкта не можуть бути здійснені найближчим часом.

Виділення розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Враховуючи, що Лисичансько-Рубіжанська промислова агломерація, до якої належить досліджувана територія, є прикладом регіону з техногенно переважаним впливом на НПС взагалі і ГС зокрема, автори вважали за необхідне в цій статті зробити спробу визначити і систематизувати чинники екологічної небезпеки для НПС, пов'язані з таким складним техногенним об'єктом, як накопичувач заводу "Краситель". Його можна розглядати як типовий приклад для всього Донбасу, враховуючи кількість промислових підприємств на цій території, які працювали десятки років і комплексно впливали на екологічний стан НПС як під час своєї промислової діяльності, так і після закриття (цей термін на сьогодні сягає майже 20 років).

Метою статті є визначення основних чинників небезпеки, що здатні спровокувати виникнення аварійної ситуації на накопичувачі. Основним завданням водночас було виконати аналіз обраних чинників, враховуючи особливості території розміщення техногенного об'єкта та відходів, з їх потенційною небезпекою для НПС.

Результати

"Краситель" був одним із найбільших підприємств Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації і здійснював виробничу діяльність майже століття (засноване в 1915 р.). Місце розташування підприємства зумовлене наявністю джерел сировини, палива та води, що є основним принципом розміщення промислових об'єктів (Іщук, & Гладкий, 2011). Наявність основних необхідних ресурсів, утворених внаслідок складних геолого-тектонічних процесів, дала змогу сформувати на цій місцевості велику агломерацію.

Зупинімося детальніше на геолого-тектонічних особливостях прилеглої території, адже регіон має досить складну будову.

В геоструктурному плані територія агломерації розташована на стику кількох геологічних регіонів. З північного заходу на відстані кількох десятків кілометрів розташоване південно-східне закінчення центрального грабену Дніпровсько-Донецької западини, на північний схід – південний схил Воронезької антеклізи, тобто Старобільсько-Міллерівська монокліналь. З південного заходу прилягає складчастий Донбас, обмежений Північнодонецьким насувом, що простежується вздовж правого берега річки Сіверський Донець.

Північнодонецький насув є регіональним розривом, тому по обидві сторони від нього склались різні тектонічні умови. З південного заходу (між Північнодонецьким і Мар'їнським насувами) розташовується своєрідна підзона крайових брахіскладок – брахіантікліналей, що чергуються з брахісинкліналями. Ця підзона належить до області суцільної складчастості. На північний схід від Північнодонецького насуву по південному краю

платформного схилу розташовуються уривчасті складки у вигляді ланцюжка куполів, розділених нескладчастими інтервалами. Купольні складки обмежують підзону крайових брахіскладок з півночі та Старобільсько-Міллерівську монокліналь з півдня, будучи проміжною зоною між складчастим Донбасом та схилом платформи.

Тобто Північнодонецький насув являє собою регіональне порушення, яке за генетичною сутністю є насуванням складчастого Донбасу на платформний схил Воронезького кристалічного масиву. Тому в рельєфі території спостерігаються різкі відмінності в тісній залежності від літологічного складу порід: межа умовно проходить по р. Сіверський Донець.

Правобережжя р. Сіверський Донець являє собою височину з окремими вершинами до 205–215 м (абс. відм.), у склепіннях яких відслонюються кам'яновугільні відклади. У напрямку до р. Сіверський Донець ця височина обривається й утворює правий крутий і високий схил долини р. Сіверський Донець, порізаний великою кількістю глибоких ярів і балок. Залягання порід карбону у склепінневих частинах з виходами вугілля на поверхню зумовило появу на правобережжі вуглевидобувної діяльності.

Лівобережна частина території різко відрізняється від правобережжя і являє собою рівнинну низовину, що простягається вздовж русла р. Сіверський Донець смугою до 15–20 км. Заплавна тераса тягнеться вздовж річки суцільною смугою завширшки від 1,5 до 3,5 км. Рельєф заплави складний. У прируслової частині накопичуються наноси, які утворюють прирусловий вал. У середній частині заплави відзначається велика кількість стариць та озер, пов'язаних протоками з р. Сіверський Донець. Абсолютні відмітки її поверхні становлять 40–50 м.

Вище на схилі долини розташовується надзаплавна тераса, ширина якої сягає до 3 км. Ці дві тераси є нижніми в долині річки і становлять групу акумулятивних алювіальних терас.

Північніше на лівобережжі розташовуються більш давні високі тераси, що поступово переходять водороздільні плато.

Третя за рахунком тераса має поверхню з відмітками близько 100–120 м. Всі три тераси складені піщано-суглинистими та піщаними відкладами, які підстилаються мергельно-крейдяними породами крейдової системи. Водоносний горизонт мергельно-крейдяної товщі в межах регіону містить напірні води, що відповідають вимогам для господарсько-питного водокористування. У зв'язку із цим саме води мергельно-крейдяного водоносного горизонту (МКВГ) стали основним джерелом водопостачання для місцевих потреб.

Отже, структурно-тектонічні та геологічні умови території дослідження створили передумови для чіткого розподілу майбутнього техногенного втручання і користування надрами. Так, виходи вугілля зумовили початок промислового вуглевидобутку на правобережжі р. Сіверський Донець. На базі вугільної виникли підприємства хімічної, машинобудівної та інших галузей промисловості як на правобережжі, так і на лівому березі. Тому для потреб великої кількості підприємств та сформованих населених пунктів було споруджено водозабори для експлуатації запасів прісних підземних вод з МКВГ. Відповідно до цього можна стверджувати, що обсяг використання ГС як мінерально-сировинної бази та основи для спорудження будівель і споруд досить високий для даного регіону.

Використовуючи ГС для своїх потреб, людство вносить у нього великі зміни, переважно негативні, порушує й руйнує його (Свинко, & Сивий, 2003). Така тенденція

властива і Лисичансько-Рубіжанській агломерації, враховуючи різноманітність промислових підприємств. Так, стрімкий розвиток промислової агломерації з часом спричинив комплекс негативних наслідків як для ГС загалом, так і для складових НПС (поверхневі води, атмосферне повітря). За останні 5–7 років обсяги виробництва є вкрай малими (як і кількість підприємств, що працюють), але формування несприятливого впливу триває.

В даній роботі пропонується проаналізувати саме накопичувач ліквідованого заводу "Краситель" як приклад підприємства, що тривалий час не працює, але через відсутність належної рекультивації території досі є джерелом забруднення ГС. Для Лисичансько-Рубіжанської агломерації кількість ліквідованих та, меншою мірою, законсервованих промислових підприємств з кожним десятиліттям стрімко зростає. Тому "Краситель" розглядається в контексті типового для цього регіону прикладу, коли підприємство ліквідовано нерационально (виробничі споруди знесені, а відходи залишаються неутілізованими та у відкритому доступі для сторонніх осіб).

Територія розташування промислового підприємства "Краситель" в геоморфологічному плані приурочена до лівобережної частини заплави та перших надзаплавних терас р. Сіверський Донець. Проммайданчик Красителя розміщений на відстані ~1,5 км від регіонального порушення – Північнодонецького насуву, сам накопичувач

ближче (~0,5–0,7 км). Однією з головних характеристик Північнодонецького насуву є наявність зони дроблення порід, яка розташована на відстані 1,5–3 км навкруги нього. Ця зона має змінні фільтраційні властивості і може транспортувати забруднення на великі відстані (Міхалкова, & Удалов, 2024).

Розташування накопичувача в зоні впливу Північнодонецького насуву пояснює деякі процеси в ГС, що зумовлюють поширення забруднювальних речовин вище по потоку до водозаборів. Так, ще в минулому столітті при дослідженні відстежувався потік, який паралельний до Північнодонецького насуву і йде до ділянки оз. Довге і далі в напрямку до Володинського водозабору (рис. 2). Існування цього потоку може бути пов'язане, по-перше, з підвищеною тріщинуватістю порід у зоні Північнодонецького насуву і, по-друге, з "підпираючим" впливом менш проникних порід карбону за насумом; крім того, відмітки рівня підземних вод у районі накопичувача приблизно на 5 м вищі, ніж на Володинському водозаборі. Тому ще в 1980-х р. фіксувалось забруднення питних вод у деяких свердловинах водозабору, було вжито заходів щодо усунення цієї проблеми. Варто зазначити, що на той час відбувалась інтенсивна виробнича діяльність підприємства, тому забруднення йшло в тому числі і від проммайданчика (втрати з комунікацій).

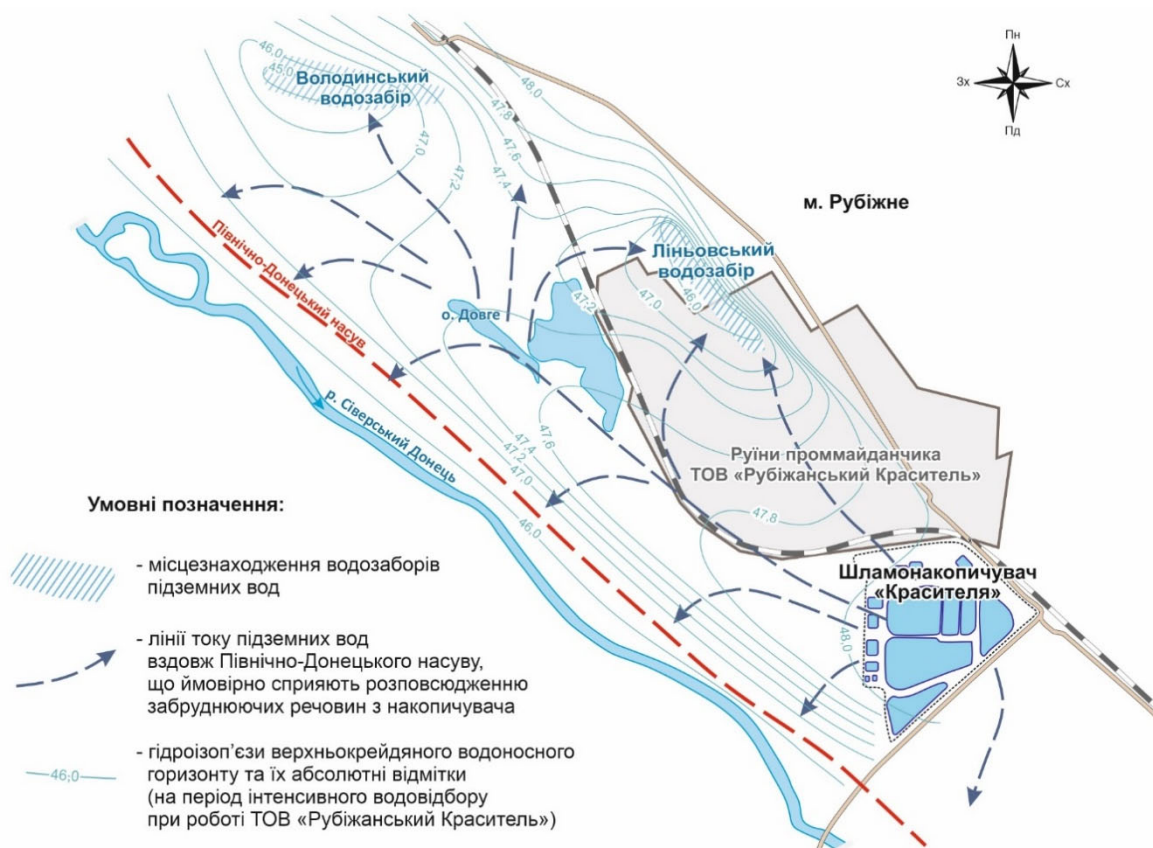


Рис. 2. Карта-схема напрямків руху підземних вод верхньокрейдяного водоносного горизонту в районі накопичувача ТОВ "Рубіжанський Краситель"

У сьогоднішніх реаліях основну небезпеку становить накопичувач відходів "Красителя". Багаторічний термін експлуатації цього об'єкта безперечно вплинув на стан споруд, тому дії певних чинників можуть спровокувати аварійну ситуацію. Міграція забруднювальних речовин

при цьому може бути спрямована не тільки напрямком до річки, а й вище по потоку – до водозабору.

Тому важливо проаналізувати основні чинники небезпеки для накопичувача, й визначити ті, що несуть найбільші ризики для стійкості об'єкта.

Основні чинники небезпеки розподілено на природні та техногенні, відповідно до характеру їх виникнення (рис. 3). Очевидно, що вплив кожної складової цих

чинників зводиться до ймовірності поширення забруднювальних речовин за межі секцій накопичувача. Тому розглянемо їх детально.



Рис. 3. Основні чинники екологічної небезпеки для накопичувача ТОВ "Рубіжанський Краситель"

Природні чинники небезпеки можуть здійснювати несприятливий вплив непередбачуваного масштабу, незважаючи на високий рівень освоєння природи людством. Зрозуміло, що перед розміщенням об'єкта підвищеної небезпеки проводиться ретельне дослідження прилеглої території. Мета таких досліджень – виявлення особливостей території (геологічних, тектонічних тощо), визначення наявних ризиків зі сторони НПС та обрання максимально безпечного місця для розміщення об'єкта. Проте природні чинники небезпеки створюють ризики виникнення аварійних ситуацій і на сьогодні, коли накопичувач Красителя проіснував кілька десятиліть.

Природні чинники небезпеки поділено за підгрупами: кліматичні умови, гідрологічні умови, геологічна будова та гідрогеологічні умови. Їх визначено залежно від місця розташування об'єкта.

Кліматичні чинники небезпеки пов'язані переважно з посиленням непередбачуваності погодних умов. Прилегла до накопичувача територія належить до степової зони з помірно теплим кліматом. Однак стрімка зміна клімату, що спостерігається протягом останніх десятиліть, відображається в дещо нетипових для даної місцевості погодних умовах.

Нині спостерігається тенденція до збільшення інтенсивності сильних злив, граду, гроз, шквалів; різка зміна погоди та різкі перепади температур; збільшення кількості і тривалості спекотних періодів та посилення пожежної небезпеки (Іванюта та ін., 2020). Тому посилення впливу кліматичних чинників небезпеки збільшує ризики виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з накопичувачем.

Наприклад, більша інтенсивність опадів може призвести до переповнення ємності секцій накопичувача, розмиву їх дамб. Високі літні температури роками сприяють випаровуванню забруднювальних речовин із дзеркала накопичувачів в атмосферне повітря (Ніколаєва, 2020). Штормові вітри і шквали призводять до

виносу пиловатих та піщаних фракцій із вмісту накопичувача (Міхалкова, & Кононенко, 2024).

Різкі перепади температур, особливо взимку, активізують процеси фізичного вивітрювання. Як механізм руйнування поверхні мінералів, вивітрювання послаблює породи і створює загрозу стійкості споруд. Особливу небезпеку має різкий перехід температури через 0 °С, що у свою чергу активізує руйнування борти накопичувача.

Зрозуміло, що з кожним наступним десятиліттям непередбачуваність погодних умов зростатиме. У зв'язку зі зміною клімату, яка помітно виражена вже в сучасних умовах, спостерігатиметься посилення впливу кліматичних чинників небезпеки на накопичувач.

Гідрологічні чинники небезпеки пов'язані з надлишком вологи внаслідок різноманітних гідрологічних явищ (повені, селі тощо).

Накопичувач розташований досить близько до р. Сіверський Донець (0,7–1,4 км), на пологому лівобережжі (Ніколаєва, 2020). Таке розташування створює передумови ризику підтоплення найближчих до річки секцій накопичувача. Причиною цього можуть бути такі явища та процеси, як повені, паводки, сніготанення тощо. В такому випадку небезпека полягає в змішуванні поверхневих "чистих" вод з небезпечними речовинами, що містяться в секції, і подальшому забрудненні території такою водою.

Варто зауважити ризик формування такого гідрологічного явища, як селевий потік. Враховуючи місцями неналежний стан дамб накопичувача, у разі інтенсивних дощів існує загроза виникнення селевого потоку в районі певної секції (Ніколаєва, 2020). Водночас можливе забруднення території як локально – в 100–150 м біля накопичувача, так і більш масштабно – потрапляння забруднених речовин до р. Сіверський Донець (за умови повені).

Геологічні чинники небезпеки пов'язані загалом із порушенням стійкості гірських порід. У районі накопичувача це загроза виникнення небезпечних геологічних

явищ у приповерхневій частині літосфери (наприклад, зсуви, карстові процеси, просадки ґрунту та ін.). Причому прояви деяких процесів спостерігаються вже зараз у невеликих масштабах. Так, за даними звіту (Ніколаєва, 2020), на дамбах секцій Рубіжанського накопичувача спостерігаються ознаки зсувних процесів. Хоч самі дамби достатньо широкі (орієнтовно 4 м), але з часом все більше зазнають несприятливих геологічних (екзогенних) процесів через недостатній технічний догляд за станом накопичувача.

Варто зазначити несприятливий вплив з боку сейсмічності. Територія розташування накопичувача належить до сейсмічно небезпечного регіону із значенням фонові сейсмічної інтенсивності 5 балів згідно з ДБН В.1.1-12:2014 (Будівництво..., 2014). Накопичувач є постійною гідротехнічною спорудою (згідно з ДБН В.2.4-3:2010), тож вочевидь під час проектування було враховано зміни природних умов, які можуть привести до розвитку та активізації негативних фізико-геологічних, геодинамічних процесів у основі споруди (Гідротехнічні..., 2011). Проте людський фактор корегує сейсмічну стабільність місцевості. Це пов'язано з наявністю вугільних шахт, розташованих в 5–10 км (що відповідає розмірам середнього шахтного поля), які закриті шляхом припинення водовідливу. Як відомо, "мокра" консервація шахт супроводжується комплексом різноманітних наслідків (інженерно-геологічних, гідрогеологічних та ін.) (Удалов, 2016; Бузило, & Павличенко, 2014; Рудько, & Плахотній, 2015; Удалов, & Кононенко, 2016). Тому зростають ризики активізації сейсмічності та появи локальних землетрусів – підземних гідромеханічних поштовхів (Рудько, & Яковлев, 2020). Такі поштовхи становлять загрозу стійкості гідротехнічних споруд накопичувача. В цьому випадку геологічний чинник безпеки має техногенне підґрунтя.

Гідрогеологічні чинники безпеки пов'язані переважно з ризиками потрапляння небезпечних речовин із накопичувача до водоносних горизонтів. Водопостачання м. Рубіжного та прилеглих населених пунктів здійснюється за рахунок експлуатації водозаборів підземних вод. Причому верхньокрейдяний водоносний горизонт досить незахищений, хоча є основним експлуатаційним горизонтом.

У зв'язку з гідрогеологічними умовами, що склались у районі розміщення накопичувача, існує постійна загроза забруднення підземних вод з поверхні. Між алювіальним і верхньокрейдяним водоносними горизонтами залягає шар глинистих мергелів (елювій), який є слабопроникним і розділяє ці два горизонти. Елювій місцями відсутній, тож існує взаємозв'язок алювіального і верхньокрейдяного водоносних горизонтів. У зв'язку з багаторічною експлуатацією накопичувача (45–81 рік) існує висока ймовірність втрати його гідроізоляційних властивостей. Таким чином, наслідком є просочування небезпечних речовин із накопичувача через ґрунти його основи до незахищених водоносних горизонтів (Ніколаєва, 2020).

Іншим гідрогеологічним чинником безпеки є формування депресійних лійок внаслідок довготривалих і інтенсивних експлуатаційних та виробничих відкачок підземних вод (Ніколаєва, 2020). При утворенні лійки в районі розташування накопичувача існує ймовірність підтягування небезпечних речовин при їх інфільтрації з поверхні.

У випадку, коли забір підземних вод не компенсується інфільтрацією атмосферних опадів і утворюється депресійна лійка, спостерігається зниження рівня підземних вод. При цьому зростають ризики просідання ґрунтів, руйнування споруд, комунікацій та інших несприятливих наслідків.

Але загалом формування депресійних лійок як чинник безпеки саме для накопичувача нині не є очікуваним. По-перше, рівень виробничих потреб у водозабезпеченні багатократно знизився через ліквідацію підприємства "Краситель". Тому забір підземних вод не здійснюється у великих масштабах у районі розміщення проммайданчиків "Красителя" та накопичувача. По-друге, водозабори м. Рубіжне за місцем розташування можна визначити як прируслові. Очевидно, що прируслові водозабори підземних вод найбільш забезпечені живленням і, по суті, забирають воду з річки, понижуючи тим самим її водоносність.

Техногенні чинники безпеки зумовлені результатами інженерної діяльності людства в минулому часі, а також сучасним техногенним впливом. Вони характеризуються здебільшого швидшими наочними проявами наслідків порівняно з природними чинниками.

Техногенні чинники безпеки поділяються на внутрішні, зовнішні та військові.

Внутрішні чинники безпеки пов'язані безпосередньо з експлуатацією накопичувача, а саме із вмісними речовинами секцій накопичувача. До таких чинників відносять наявність у відходах небезпечних речовин та порушення умов експлуатації накопичувача.

Наявність у відходах небезпечних речовин зумовлена специфічністю і різноманітністю виробництва колишнього хімічного підприємства "Краситель". Нині секції різною мірою наповнені відходами, які містять небезпечні (токсичні) речовини. Деякі з секцій частково або повністю осушені під впливом кліматичних чинників.

У складі видалених відходів 14 років тому містились такі небезпечні речовини, як: аміак, хлористий амоній, мідь сірчаноокисла, сода кальцинована, бікарбонат натрію, тіосульфат натрію, гідросульфід натрію, їдкий натрій, хлористий натрій, сірководень, смоли та інші органічні та неорганічні сполуки (Ніколаєва, 2020). Звичайно, певна кількість речовини вже випарилась, забруднюючи при цьому атмосферне повітря. Проте такий речовинний склад становить загрозу забруднення прилеглої місцевості за умови порушення герметичності секцій.

Порушення умов експлуатації накопичувача припускає деякі потенційні загрози з боку відходів, що є в секціях. Зрозуміло, що специфічний склад відходів передбачав розміщення їх по окремих секціях. Але ймовірність змішування речовин, які повинні зберігатися окремо, зростає із ступенем погіршення ізоляційних властивостей споруд. Процес змішування таких відходів може спровокувати хімічні реакції між речовинами, внаслідок чого щонайменший негативний вплив – це забруднення атмосферного повітря при випаровуванні з поверхні. В цьому разі існує ймовірність переповнення ємності накопичувача (окремої секції), що спричинить більш масштабні наслідки, особливо за наявності водночас інтенсивних паводків чи сніготанення.

Зовнішні чинники безпеки також пов'язані з експлуатацією накопичувача, але стосуються стану його споруд. Прикладом таких чинників можуть бути: знос трубопроводів, нестійкість огорожувальних конструкцій, порушення ізоляції бортів та днища тощо.

Як вже було зазначено вище, багаторічний термін експлуатації об'єкта та відсутність належного технічного обслуговування протягом останніх десятиліть призвели до появи комплексу негативних процесів на території накопичувача. Як наслідок – нині має місце знос конструкцій і трубопроводів. Тому на території накопичувача спостерігаються накопичення рідин (відходів) у невідведених для цього місцях.

За зовнішніми ознаками загальний стан накопичувача можна визначити як занедбаний. Нестійкість огорожувальних конструкцій подекуди виражена у вигляді вилучення матеріалу дамб, зсувних процесів на дамбах тощо (Ніколаєва, 2020). Ймовірна втрата ізоляційних властивостей споруд сприяє поширенню забруднювальних речовин за межі секцій накопичувача через просочування до ґрунтових вод. Очевидною є загальна виснаженість стану накопичувача через великий термін експлуатації з недостатнім рівнем технічного обслуговування, а також через дії сторонніх осіб на цій території (Міхалкова, & Удалов, 2024).

Таким чином, внаслідок описаних вище процесів можна вважати, що наявність інфільтрації забруднювальних речовин через днище в підземні води зводить нанівець сенс гідроізоляційного екрана накопичувача.

Військові чинники небезпеки зумовлені веденням військових дій у регіоні протягом останніх 10 років. Сутність таких чинників зводиться до трьох основних процесів: обстрілів з різного озброєння, мінування території та облаштування оборонних споруд.

Незалежно від типу обстрілів (артилерійський, ракетний, стрілецький тощо), влучання на територію накопичувача безумовно мають руйнівний характер для споруд. Як результат – імовірно порушення цілісності резервуарів накопичувача та їх огорожувальних конструкцій. Тобто обстріли можуть призводити як мінімум до розкидання небезпечних для НПС речовин на десятки метрів від місця зберігання. В гіршому випадку такий вплив має перспективу витоків речовин з ємкостей накопичувача, що спричинить їх швидку міграцію, в тому числі і до підземних вод (Міхалкова, & Кононенко, 2022). Обстріли здатні спровокувати пожежі на секціях, які нині повністю або частково осушені, у такий спосіб забруднюючи атмосферне повітря небезпечними речовинами.

Мінування території накопичувача формує потенційну загрозу детонації цих мін у подальшому і, відповідно, порушення цілісності або руйнування бортів секцій. Такі ж наслідки можуть бути в разі облаштування оборонних споруд на території накопичувача (наприклад, широкі ділянки між секціями).

Нині зберігається висока вірогідність впливу військових чинників небезпеки на території накопичувача у зв'язку із веденням активних військових дій. З травня 2022 р. м. Рубіжне та його околиці тимчасово окуповані. Район розташування накопичувача неодноразово перебував під обстрілами, що підтверджують супутникові знімки. Так, на карті Google зображено хаотично розташовані вирви різного діаметру безпосередньо на території накопичувача. Вони відображають сліди влучань боєприпасів, що є підставою стверджувати про очевидну наявність наслідків для споруд та НПС (як мінімум, розкидання речовин з ємності накопичувача, вібраційне навантаження на споруди тощо) (Міхалкова, & Удалов, 2024).

Таким чином, розглянуті вище природні і техногенні чинники екологічної небезпеки створюють потенційні ризики виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з накопичувачем. Загалом вони зводяться до таких сценаріїв розвитку ситуацій відповідно до напрямку поширення забруднення:

- пошкодження суцільності дамби → вилив вмісту накопичувача в НПС з подальшою міграцією небезпечних сполук до ґрунтів, поверхневих та підземних вод;
- порушення ізоляції днища → просочування небезпечних речовин, що містяться у складі відходів, до підземних вод;
- вибухи, пожежі на накопичувачі → потрапляння до атмосферного повітря великої кількості небезпечних речовин.

Звичайно, є вірогідність поєднання сценаріїв аварійних ситуацій через складні обставини на території накопичувача. Такі поєднання можуть бути внаслідок впливу як кількох чинників небезпеки, так і одного (наприклад, військових дій).

В сучасних умовах саме техногенні чинники небезпеки зумовлюють найбільшу вірогідність виникнення аварійних ситуацій на накопичувачі. Насамперед це пов'язано з доступом сторонніх осіб на його територію. Через відсутність належного контролю протягом певного періоду часу на території накопичувача здійснювались неправомірні дії сторонніх осіб щодо об'єкта. Внаслідок цього зафіксовано несанкціоноване вилучення матеріалу дамб та проведення невідомих технологічних робіт на ділянках накопичувача (Ніколаєва, 2020). Отже, дії сторонніх осіб можуть спровокувати порушення цілісності споруд та, як наслідок, потрапляння відходів у НПС.

У разі відсутності прямої загрози виникнення аварійної ситуації внаслідок вже наявних пошкоджень дамби, такі ділянки стають "вразливими" місцями для накопичувача. Тобто в разі інтенсивного впливу чинника небезпеки (наприклад, природного – підтоплення, довготривалих опадів тощо) існує висока ймовірність прориву дамби саме в районі пошкодженої ділянки. Своєчасне виявлення таких ділянок та здійснення заходів щодо усунення пошкоджень дасть змогу суттєво зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій на накопичувачі.

До цього ж аспекту варто віднести перебування території накопичувача в тимчасовій окупації, про що вже було зазначено раніше. Перебування сторонніх осіб та повна відсутність контролю за техногенним об'єктом унеможливорює мінімізацію вже існуючих ризиків. У зв'язку із цим окупація нині є найбільш небезпечним і непередбачуваним чинником небезпеки для накопичувача.

Дискусія і висновки

Проаналізована екологічна ситуація, пов'язана з багаторічною експлуатацією накопичувача стічних вод "Красителя", вказує на ряд негативних наслідків, масштаби яких змінювались та зростали під час активного функціонування підприємства. На сучасному етапі (завод ліквідовано) існування техногенного об'єкта залишається актуальною проблемою – в зоні впливу накопичувача відбувається комплексне навантаження на компоненти НПС.

Аналізуючи вплив накопичувача, у статті встановлено та охарактеризовано чинники екологічної небезпеки для цього об'єкта, які за характером виникнення поділяються на природні і техногенні. Крім того, ведення активних бойових дій та окупація території протягом останніх трьох років призвели до появи військових чинників небезпеки, що загалом належать до техногенних. Виділені чинники є не просто потенційно небезпечними – їх вплив частково відображається на самому об'єкті та прилеглих територіях, тому це принципово новий погляд на цей накопичувач. Вплив природних і техногенних чинників часто взаємопов'язаний – цьому сприяє складність техногенного об'єкта і своєрідність території (геологічні і гідрогеологічні умови, тектонічна будова).

Накопичувач ще з початку роботи підприємства вміщував агресивні відходи (аміак, їдкий натрій, хлористий амоній та ін.), а їх з'єднання безпосередньо здійснюють вплив на підземні води, в тому числі питні (закриті та/або переведені на технічне водокористування водозабори). На сьогодні склад відходів суттєво відрізняється від початкового, проте потенціал небезпеки залишається величезним. Тому моніторинг таких об'єктів – безпосередньо накопичувача "Красителя" і йому подібних – це дуже важлива складова екологічної безпеки прилеглих територій.

Внесок авторів: Ніна Міхалкова – концептуалізація, написання (оригінальна чернетка); Ігор Удалов – концептуалізація, написання (перегляд і редагування).

Список використаних джерел

- Бондарчук, В.Г. (1949). *Геоморфологія УРСР (геологічний розвиток рельєфу УРСР)*. Радянська школа.
- Бузило, В.І., & Павличенко, А.В. (2014). Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт. *Розробка родовищ: Збірник наукових праць*, 8, 535–540. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/104588/66-Buzilo.pdf?sequence=1>
- Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України". (2021). *Стан підземних вод України, щорічник*.
- Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій". (2014). *Будівництво в сейсмічних районах України* (ДБН В.1.1-12:2014). https://fe-construction.gov.ua/laws_detail/3038077155897509804?doc_type=2
- Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій". (2011). *Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення* (ДБН В.2.4-3:2010). <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00070>
- Іванюта, С.П., Коломієць, О.О., Малиновська, О.А., & Якушенко, Л.М. (2020). *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь*. (Іванюта, С.П., ред.). НІСД.
- Ішчук, С.І., & Гладкий, О.В. (2011). *Географія промислових комплексів*. Знання.
- Міхалкова, Н.В., & Кононенко, А.В. (2024). Кліматичні зміни як чинник небезпеки для накопичувача ТОВ "Рубіжанський Краситель". У Ю. І. Яремко, Н. М. Лавренко, О. М. Коваленко, І. Ю. Баруліна (Ред.). *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення* (с. 69–72). Херсонський державний аграрно-економічний університет.
- Міхалкова, Н. В., & Кононенко, А. В. (2022). Потенційні екологічні ризики на території Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації у зв'язку з військовими діями. У Г. Артеменко, Т. Кошлякова, Н. Крюченко, Г. Кульчеська, Г. Павлов, М. Орлюк, В. Сьомка, В. Хоменко (Ред.). *Геологічна будова та корисні копалини України* (с. 97–100). Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.
- Міхалкова, Н. В., Кононенко, А. В., & Удалов, І. В. (2022). Аналіз впливу техногенних об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на екологічний стан навколишнього природного середовища. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 56, 225–239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17>
- Міхалкова, Н. В., & Удалов, І. В. (2024). Вплив накопичувача ТОВ "Рубіжанський Краситель" на стан геологічного середовища. У М. М. Волошин, Д. О. Ладичук (Ред.). *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії* (с. 65–68). Херсонський державний аграрно-економічний університет.
- Мішуківа, Г.О. (2018). Дослідження по проведенню біологічного етапу рекультивації накопичувачів БАТ "Рубіжанський Краситель". *Екологічні проблеми регіону* (с. 44–45). Національний технічний університет "Дніпровська політехніка".
- Назаренко, О.С., & Зайцева, С.О. (2014). Дослідження по використанню шлаків ТЕС для очищення стічних вод виробництв органічних напівпродуктів і барвників. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Дала*, 10(217), 92–96. <https://core.ac.uk/download/pdf/84593978.pdf>
- Ніколаєва, І., Ленко, Г., Аверін, Д., & Лободзінський, О. (2020). *Дослідження поточною стану хвостосховищ у Донецькій та Луганській областях*. Координатор проєктів ОБСЕ в Україні. <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/486259>
- Рудько, Г. І., & Плахотний, С. А. (2015). Екологічна безпека вугільних родовищ Донецького вугільного басейну. *Екологічні науки*, 2(9), 121–128.
- Рудько, Г. І., & Яковлев, Є. О. (2020). Постмайнінг гірничодобувних районів України як новий напрям екологічно безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*, 3, 37–44. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44>
- Свинко, Й. М., & Сивий, М. Я. (2003). *Геологія*. Либідь.
- Соколов, В. А., Удалов, І. В., & Кононенко, А. В. (2021). Виконання спеціальних інженерно-геологічних досліджень на територіях промислових агломерацій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 54, 106–116. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-08>
- Удалов, І. В. (2016). *Трансформація геологічного середовища під впливом техногенних процесів в умовах Північно-Східного Донбасу*. ХНУ ім. В. Н. Каразіна.
- Удалов, І. В., & Кононенко, А. В. (2016). Вплив техногенних факторів на еколого-гідротехнічні характеристики крейдових водозаборів північно-східного Донбасу. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 45, 177–183. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-45-24>
- Яковлев, Є.О., Сплідитель, А.О., & Чумаченко, С.М. (2021). Оцінка еколого-геохімічного стану поверхневих вод Донбасу. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 28, 129–137. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9716/2/uhmj_28_2021_129.pdf
- Del Giudice, V., De Paola, P., Bevilacqua, P., Pino, A., & Del Giudice, F. P. (2020). Abandoned Industrial Areas with Critical Environmental Pollution: Evaluation Model and Stigma Effect. *Sustainability*, 12(13), 5267. <https://doi.org/10.3390/su12135267>
- EU actions to address the increasing amount of hazardous waste. (2023). https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/rw23_02/rw_hazardous_waste_en.pdf
- Santucci, L., Carol, E., & Tanjal, C. (2018). Industrial waste as a source of surface and groundwater pollution for more than half a century in a sector of the Río de la Plata coastal plain (Argentina). *Chemosphere*, 206, 727–735. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.084>
- Srivastava, R., Rajak, D., Ilyas, S., Kim, H., & Pathak, P. (2023). Challenges, Regulations, and Case Studies on Sustainable Management of Industrial Waste. *Minerals*, 13(1), 51. <https://doi.org/10.3390/min13010051>

References

- Bondarchuk, V.G. (1949). *Geomorphology of the Ukrainian SSR (geological development of the relief of the Ukrainian SSR)*. Radianska shkola [in Ukrainian].
- Buzilo, V. I., & Pavlychenko, A. V. (2014). Ecological and technogenic consequences of the liquidation of coal mines. *Development of deposits: Collection of scientific works*, 8, 535–540 [in Ukrainian]. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/104588/66-Buzilo.pdf?sequence=1>
- Del Giudice, V., De Paola, P., Bevilacqua, P., Pino, A., & Del Giudice, F. P. (2020). Abandoned Industrial Areas with Critical Environmental Pollution: Evaluation Model and Stigma Effect. *Sustainability*, 12(13), 5267. <https://doi.org/10.3390/su12135267>
- EU actions to address the increasing amount of hazardous waste. (2023). https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/rw23_02/rw_hazardous_waste_en.pdf
- Ishchuk, S. I., & Hladkyi, O. V. (2011). *Geography of Industrial Complexes: Textbook*. Znannia [in Ukrainian].
- Ivaniuta, S. P., Kolomiets, O. O., Malynovska, O. A., & Yakushenko, L. M. (2020). *Climate change: consequences and adaptation measures: analytical report*. (Ivaniuta S. P., Red.). NISD [in Ukrainian].
- Mikhalkova, N. V., & Kononenko, A. V. (2024). Climatic changes as factor of danger are for the store of "Rubizhanskyi Krasytel". In Yu. I. Yaremko, N. M. Lavrenko, O. M. Kovalenko, I. Yu. Barulina (Red.). *The impact of climate change on the spatial development of the Earth's territories: consequences and solutions* (69–72). Kherson State Agrarian and Economic University [in Ukrainian].
- Mikhalkova, N. V., & Kononenko, A. V. (2022). Potential environmental risks in the territory of the Lysychansko-Rubizhany industrial agglomeration in connection with military operations. In H. Artemenko, T. Koshyakova, N. Kriuchenko, H. Kulchetska, H. Pavlov, M. Orliuk, V. Somka, V. Khomenko (Red.). *Geological structure and minerals of Ukraine* (97–100). M.P. Semenenko institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the NAS of Ukraine [in Ukrainian].
- Mikhalkova, N. V., Kononenko, A. V., & Udalov, I. V. (2022). Analysis of the influence of technogenic facilities of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub on the ecological state of the natural environment. *Bulletin of the V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 56, 225–239 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17>
- Mikhalkova, N. V., & Udalov, I. V. (2024). The impact of the "Rubizhanskyi Krasytel" storage tank on the state of the geological environment. In M. M. Voloshyn, D. O. Ladychuk (Eds.). *Modern technologies and achievements of engineering sciences in the field of hydraulic construction and water engineering* (65–68). Kherson state agrarian and economic university [in Ukrainian].
- Mishukova, H.O. (2018). Research on the implementation of the biological stage of storage storage reclamation of "Rubizhanskyi Krasytel". *Environmental problems of the region* (44–45). National Technical University "Dnipro Polytechnic" [in Ukrainian].
- Nazarenko, O.S., & Zaitseva, S.O. (2014). Research on the use of thermal power plant slags for wastewater treatment of organic intermediates and dyes. *Bulletin of the Volodymyr Dali east ukrainian national university*, 10(217), 92–96 [in Ukrainian]. <https://core.ac.uk/download/pdf/84593978.pdf>
- Nikolaieva, I., Lenko, H., Avenir, D., & Lobodzinskiy, O. (2020). *Research of the current state of tailings storage facilities in Donetsk and Luhansk regions*. Coordinator of OSCE projects in Ukraine [in Ukrainian]. <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/486259>
- Rudko, H. I., & Plakhotniy, S. A. (2015). Environmental safety of coal deposits of the Donetsk coal basin. *Environmental sciences*, 2(9), 121–128 [in Ukrainian].
- Rudko, H. I., & Yakovlev, Ye. O. (2020). Postmining of mining areas of Ukraine as a new direction of environmentally safe use of mineral resources. *Mineral resources of Ukraine*, 3, 37–44 [in Ukrainian].
- Santucci, L., Carol, E., & Tanjal, C. (2018). Industrial waste as a source of surface and groundwater pollution for more than half a century in a sector of the Río de la Plata coastal plain (Argentina). *Chemosphere*, 206, 727–735. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.084>
- Sokolov, V. A., Udalov, I. V., & Kononenko, A. V. (2021). Implementation of the special engineer-geological researches in the territories of industrial and urban agglomerations. *Bulletin of the V. N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*, 54, 106–116 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-08>

Srivastava, R., Rajak, D., Ilyas, S., Kim, H., & Pathak, P. (2023). Challenges, Regulations, and Case Studies on Sustainable Management of Industrial Waste. *Minerals*, 13(1), 51. <https://doi.org/10.3390/min13010051>

State Enterprise "State Research Institute of Building Structures". (2014). *Construction in seismic areas of Ukraine* (DBN V.1.1-12:2014) [in Ukrainian]. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3038077155897509804?doc_type=2

State Enterprise "State Research Institute of Building Structures". (2011). *Hydraulic, energy and reclamation systems and structures, underground mining. Hydraulic structures. Basic provisions* (DBN V.2.4-3:2010) [in Ukrainian]. <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00070>

State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, State Scientific and Production Enterprise "State Information Geological Fund of Ukraine". (2021). *State of Groundwaters of Ukraine, Yearbook* [in Ukrainian].

Svynko, Y. M., & Syvyi, M. Ya. (2003). *Geology: Textbook*. Lybid [in Ukrainian].

Udalov, I. V., & Kononenko, A. V. (2016). The influence of technogenic factors on the ecological and hydrogeological characteristics of chalk water intakes of the north-eastern Donbass. *Bulletin of the V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 45, 177–183 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-45-24>

Udalov, I. V. (2016). *Transformation of the geological environment under the influence of anthropogenic processes in the conditions of the North-Eastern Donbass*. V. N. Karazin Kharkiv National University [in Ukrainian].

Yakovliev, Ye.O., Splodytel, A.O., & Chumachenko, S.M. (2021). Assessment of the ecological and geochemical state of surface waters of Donbas. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 28, 129–137 [in Ukrainian]. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9716/2/uhmj_28_2021_129.pdf

Отримано редакцією журналу / Received: 03.04.25

Прорецензовано / Revised: 16.04.25

Схвалено до друку / Accepted: 23.04.25

Nina MIKHALKOVA, PhD Student
ORCID ID: 0000-0001-9119-213X
e-mail: mikhalkovanini@gmail.com
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Igor UDALOV, DSc (Geol.), Prof.
ORCID ID: 0000-0003-3844-6481
e-mail: igorudalov8@gmail.com
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ANALYSIS OF FACTORS OF ENVIRONMENTAL HAZARD FOR THE WASTE STORAGE UNIT LLC "RUBIZHANSKY KRASYTEL"

Background. The article is devoted to environmental hazard factors, that can negatively affect the condition of the highly mineralized wastewater storage of LLC "Rubizhansky Krasytel". The relevance of the work is due to the existing environmental problems, that accompany the long-term operation of the man-made facility.

Methods. The study employed an analysis of available information on the geological and hydrogeological conditions of the area and the technical state of the waste accumulation facility. Environmental risk assessment was carried out based on literary sources, cartographic materials, and logical analysis of the influence of natural and technogenic factors. Given the lack of access to the site, a conditional modeling approach was applied to simulate potential impact scenarios considering identified risk factors.

Results. The main hazard factors, according to their origin, are divided into natural and man-made. It is established that the influence of natural hazard factors is due to the peculiarities of the territory where the man-made facility is located and global climate changes. The main processes that pose a potential threat to the spread of substances from the storage tank are described, both from the endogenous natural component (geological structure of the territory, hydrogeological conditions) and exogenous (climatic and hydrological conditions). It is noted that the location of the storage facility in the zone of influence of the North-Donetsk thrust contributes to the spread of substances from the storage facility in the geological environment. It is noted, that the condition of the structures partially reflects the manifestations of the influence of certain factors, but their further action can provoke an emergency situation on the storage tank.

Conclusions. The analyzed technogenic hazard factors indicate a number of adverse processes, the potential threat of which is directly related to the violation of the conditions of operation of the facility. At the same time, the presence of signs indicating damage to structures and communications is noted. The article determines that military hazard factors, which are technogenic, currently have the highest degree of probability of destructive impact on the storage facility. It is noted that the territory being under the control of third parties, namely the occupation forces, has created a rather dangerous situation, taking into account the material composition of the waste. Moreover, these circumstances nullify any ways to solve the existing environmental problems of the adjacent territory, making access to the facility impossible.

Keywords: hazard factor, waste storage facility, pollutants, migration, environment, geological environment, groundwater, risks of an emergency situation.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.