

Аналіз впливу техногенних об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на екологічний стан навколишнього природного середовища

Ніна Василівна Міхалкова¹,

аспірант кафедри гідрогеології ¹Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна,

e-mail: mikhalkovanini@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9119-213X>;

Аліна Володимирівна Кононенко¹,

к. геол. н., доцент кафедри гідрогеології,

e-mail: kononenko_alina01@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0382-3910>;

Ігор Валерійович Удалов¹,

д. геол. н., професор, зав. кафедри гідрогеології,

e-mail: igorudalov8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3844-6481>

У статті досліджено вплив техногенних об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на екологічний стан компонентів навколишнього природного середовища (НПС) – атмосфери, поверхневих вод, ґрунтів та підземних вод. Описано, що головною особливістю території дослідження є відмінність геолого-тектонічної будови: лівий берег р. Сіверський Донець є терасованою рівниною, правий берег – це зона розвитку тектонічних порушень. Доведено, що механізм забруднення НПС на лівому березі – інфільтрація забруднювачів з поверхні, на правобережжі – це вплив забруднювачів із глибини надр. В статті проаналізовано дані щодо забруднення атмосфери і поверхневих вод на початок 2000-х років та за сучасний період «застою» промисловості. Показано, що впродовж останніх 15 років спостерігається тенденція до зменшення викидів забруднювачів до атмосфери підприємствами промвузла. Встановлено, що поверхневі води піддаються техногенному пресингу навіть після закриття більшості підприємств-гігантів промисловості. Рівень забруднення ґрунтів у місцях найбільшого техногенного впливу визначено за допомогою розрахунку сумарного показника забруднення. Встановлено, що діапазон значень відповідає від 0,7 до 46. Виявлено комплекс елементів-забруднювачів в ґрунті: для правого берегу р. Сіверський Донець характерними є F, Be, As, Pb та інші важкі метали; для лівого берегу – це нафтопродукти, феноли, нітрати, нітриди, хлориди і т. ін. Зауважено, що проммайданчики шахт створюють велику небезпеку для НПС, маючи при цьому невеликі значення показника сумарного забруднення (< 16). Зазначено, що високе техногенне навантаження внаслідок діяльності шахт призвело до накопичення в ґрунтах токсичних елементів I-III класу небезпеки. Проаналізовано екологічний стан алювіального та мергельно-крейдиного водоносних горизонтів. Відмічено, що алювіальний горизонт найбільше піддається техногенному впливу. Показано, що мінеральне забруднення обох горизонтів має багатокомпонентний склад. Встановлено, що високе техногенне навантаження в мергельно-крейдиному горизонті активізувало карстовий процес. При цьому відмічено підвищення температури підземних вод в обох горизонтах. Надано довгострокові прогнози змін екологічного стану території Лисичансько-Рубіжанського промвузла. Запропоновано проведення постійного моніторингу НПС задля більш детального дослідження екологічної ситуації.

Ключові слова: екологічний стан, промвузол, техногенний вплив, забруднювачі, ґрунти, підземні води, поверхневі води, навколишнє природне середовище, геологічне середовище.

Як цитувати: Міхалкова Н. В. Аналіз впливу техногенних об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на екологічний стан навколишнього природного середовища / Н. В. Міхалкова, А. В. Кононенко, І. В. Удалов // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2022. – Вип. 56. – С. 225-239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17>

In cites: 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. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (56), 225-239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17> [in Ukrainian]

Постановка проблеми. В Україні однією із найгостріших проблем є складна екологічна ситуація в техногенно перевантажених регіонах. Лисичансько-Рубіжанський промвузол протягом багатьох років навіть як для Донбасу характеризується суттєвим перевантаженням промисловими підприємствами. Спектр впливу промислових підприємств на компоненти НПС визначається вкрай широким діапазоном – від нафтохімічної і хімічної промисловості (Лисичанський НПЗ, Краситель, Азот, Лиссода та ін.) до шахтних підприємств із значним комплексом забруднювачів – від підвищення мінералізації, жорсткості, появи

нітратів, фенолів та ін. до важких металів і, можливо, радіонуклідів в місцях розташування шахт.

Відомо, що на сьогодні з величезної кількості промислових підприємств Лисичансько-Рубіжанського промвузла не працює приблизно 80 % [17]. Але це поки що не призвело до покращення екологічного стану досліджуваної території. Ступінь техногенного навантаження на промислових майданчиках, наявність великої кількості промислових відходів, відстійників, шламонакопичувачів, териконів і т. ін. призводить до того, що з інфільтрацією атмосферних опадів та іншими шляхами міграції забруднення розповсюджується як по

площині, так і з глибиною. Наявність такої великої кількості техногенних джерел забруднення вказує на те, що ореоли їх впливу, ймовірно, за все, накладаються один на інший. Тому дослідження екологічного стану складових НПС є, з одного боку, резонним, з іншого – актуальним. Оцінка та аналіз ступеню техногенного навантаження Лисичансько-Рубіжанського промвузла на складові НПС є основним завданням даної роботи.

Аналіз попередніх досліджень. Аналіз наукової літератури показує, що дослідженням техногенного впливу промислових підприємств на компоненти НПС займалася велика кількість різних вчених – Гольдберг В. М., Улицький О. А., Котлов Ф. В., Бабаєв М. В., Шнюков Є. Ф., Тарахкало О. В., Шестопапов В. М., Котелевець Є. П., Яковлев Є. О., Огняник М. С., Трофімов В. Т., Сергеев Є. М., Стрижельчик Г. Г., Мохонько В. І., Удалов І. В., Кононенко А. В., Яковлев В. В., Кодрик А. І., Давиденко В. А., Ноженко О. О., Єрмаков В. М. та багато інших.

Гольдберг В. М. у своїй роботі [1] на прикладі промислового району здійснив комплексне вивчення забруднення НПС та підземних вод. Вплив техногенних об'єктів на екологічний стан району автор розглянув з наступної позиції: забруднення підземних вод є наслідком забруднення НПС в цілому – ґрунтів, поверхневих вод та атмосфери.

У роботах Трофімова В. Т., Сергеева Є. М., Котлова Ф. В. [2, 3] значна увага приділяється впливу різних видів інженерно-господарської діяльності людини на зміну основних компонентів природного і, головним чином, геологічного середовища (ГС). Котловим Ф. В. [3] показано взаємозв'язок зміни одних компонентів природного середовища з іншими в результаті техногенного впливу.

Роботи авторів [4-7] (Єрмаков В. М., Бабаєв М. В., Улицький О. А., Тарахкало О. В., Котелевець Є. П. та ін.) спрямовані на дослідження екологічних проблем, що виникли внаслідок діяльності вуглевидобувної промисловості, а також закриття шахт. Описано процеси підтоплення, які пов'язані зі зміною ГС. Улицьким О. А. в роботі [7] розраховано оцінку небезпеки та її інтенсивності впливу на НПС для 97 шахт. Автор зазначив, що високі рейтингові показники багатьох шахт (перевищують 200) пов'язані із тим, що на їх території розташовані терикони, що горять, і знаходяться вони неподалік від житлових масивів.

Низкою вчених в довідковому посібнику [8] приведена оцінка зміни ГС під впливом природних, техногенно-природних та техногенних факторів. Стрижельчиком Г. Г. проаналізовано вплив техногенних об'єктів на еколого-геологічну ситу-

ацію та зміни НПС в промислово-міських агломераціях найбільш урбанізованих територій України, в тому числі Донбасу. Науковцями Шестопаповим В. М., Огняником М. С. та Яковлевим Є. О. розглянуто техногенний вплив промислових об'єктів на режим підземних вод: описано техногенні фактори та процеси, що виникають в результаті впливу цих факторів.

Роботи останніх років спрямовані на вивчення екологічних проблем внаслідок техногенного навантаження на основні складові НПС. Враховуючи тенденцію до закриття промислових підприємств за останні 10-15 років, велика частина робіт присвячена дослідженню впливу вже ліквідованих промислових підприємств та подальшої негативної дії існуючих накопичувачів стічних вод і промислових відходів на НПС. Розглянемо деякі роботи останніх років.

Більш сучасні роботи [9-11] Яковлева Є. О. присвячені здебільшого екологічним проблемам надрокористування. Зокрема, в роботі [9] автор зіставляє зміни екологічного стану НПС зони аварійного впливу Чорнобильської АЕС і зони впливу закриття шахт на Донбасі. Надано рекомендації щодо поліпшення ситуації у зв'язку з розвитком процесу некерованого (аварійного) затоплення шахт і ризиком втрати природно-ресурсного потенціалу для його майбутнього екологічно збалансованого розвитку.

В роботі [10] Яковлевим Є. О. зазначено важливість оцінювання асиміляційного (захисного) потенціалу ГС як чинника екологічної, економічної та соціальної безпеки держави. Автор відмітив, що для гірничодобувних районів ГС стає головним «депо» більшості техногенних викидів та механічних, фізичних і хімічних впливів на складові НПС. Наведено провідні еколого-геологічні чинники впливу масового закриття вугледобувних шахт.

Заслугує уваги робота [11] науковців, в якій розглянуто метод геоінформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для вуглепромислових районів Донбасу. На прикладі природно-техногенної геосистеми «вуглепромислова агломерація – навколишнє природне середовище» АТ «Лисичанськвугілля» проведено аналіз факторів впливу на загрози виникнення надзвичайної ситуації для шахт. Охарактеризовано основні чинники впливу вугільних шахт на НПС. Автори розглянули три сценарії розвитку ситуації на шахтах, визначаючи при цьому склад заходів щодо стабілізації та основні наслідки впровадження стабілізуючих заходів.

В роботі [12] проведений комплексний аналіз впливу гірничо-видобувних робіт на ГС Донбасу. На прикладі Горлівської гірничо-міської агломерації охарактеризовано фактори впливу екологіч-

но небезпечних об'єктів та оцінено небезпеку хімічного забруднення гірничого простору під промайданчиком Горлівського хімзаводу. Надано рекомендації щодо проведення заходів еколого-геологічного напрямку, які забезпечать зниження ризику небезпечних змін ГС і наслідків, пов'язаних із цими змінами.

Мохонько В. І. опубліковано ряд робіт [13-15], пов'язаних з дослідженням впливу накопичувачів промислових відходів ВАТ «Лисичанська сода» на стан НПС. Зокрема, в роботі [13] досліджено вплив високомінералізованих стоків виробництва кальцинованої соди, що складаються в накопичувачі «Біле море», на активізацію крейдово-мергельного карстогенезу. Проведено аналіз даних моніторингу підземних вод за період, коли підприємство ще працювало (до 2010 року), та встановлено, що основними техногенними факторами активізації крейдово-мергельного карсту є надходження промислових стоків в підземні горизонти та багаторічна інтенсивна експлуатація родовища тріщино-карстових вод. В роботі описано основні забруднювачі, концентрація яких в підземних водах в десятки і сотні разів перевищують ГДК.

В роботі [15] розглянуто стан накопичувачів ВАТ «Лисичанська сода» та їх вплив на підземні води з точки зору сучасності. Враховуючи, що близько 10 років підприємство не працювало і надходження стоків не відбувалося, накопичувач залишається небезпечним об'єктом. Відмічено, що навіть при відсутності фільтраційних втрат із накопичувачів, вони залишаються джерелом забруднення підземних вод.

Удалов І. В. опублікував ряд робіт [16-20] по дослідженню впливу техногенних об'єктів на підземні води в межах території Північно-Східного Донбасу. В роботі [16] встановлено, що поверхневі води Лисичанського і Алмазно-Мар'їнського геолого-промислових районів знаходяться під інтенсивним техногенним впливом. Враховуючи гідравлічний зв'язок підземних вод із забрудненими поверхневими, проаналізовано стан ґрунтових вод та визначено основні елементи-забруднювачі поверхневих і ґрунтових вод. В ході дослідження автором виявлено, що скидання великої кількості солей в річки геолого-промислових районів призвело до збільшення жорсткості та мінералізації води на деяких водозаборах.

В монографії [17] Удалов І. В. проаналізував особливості розподілу токсичних елементів у вугіллі та вмшуючих породах Північно-Східного Донбасу, розглянув особливості процесів міграції природних радіонуклідів у підземних водах та вмшуючих породах під час ліквідації вугільних шахт. Крім того, автором досліджено вплив закриття вугільних шахт на трансформацію ГС та

зміни стану НПС. Вплив на підземні води автор розглянув на прикладі шахти «Пролетарська» й Світличанського водозабору, умови розміщення та геологічна будова яких подібні до водозаборів і шахт в Лисичансько-Рубіжанському промвузлі. З'ясовано, що шахта «Пролетарська» впливала на якісний склад підземних вод, які експлуатує Світличанський водозабір.

Дослідженням впливу техногенних та природних чинників на зниження якості підземних вод в межах Північно-Східного Донбасу займається Кононенко А. В. Її роботи [18-21] присвячені дослідженню негативного впливу діяльності шахти «Пролетарська» на якість вод Світличанського водозабору. В дисертації [21] одним із об'єктів дослідження є Житлівський водозабір, що знаходиться в межах Лисичансько-Рубіжанського промвузла. Авторка розглядає декілька факторів погіршення якості підземних вод, основними з яких є техногенні чинники.

Екологічні проблеми Лисичансько-Рубіжанського промвузла разом з іншими промисловими районами Луганщини описано в роботі Давиденко В. А., Ноженко О. О. [22]. В роботі проаналізовано стан атмосферного повітря та гідросфери, що постійно піддаються техногенному впливу, за двадцятирічний період спостережень (до 2010 р.). Виявлено, що з роками зберігається тенденція до погіршення якості підземних вод на водозаборах.

Низкою науковців [23] зроблено комплексний аналіз екологічної ситуації на території Донецької і Луганської областей. В роботі оцінено ступінь трансформації і стан ґрунтів, екологічний стан атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод; охарактеризовано об'єкти критичної інфраструктури та потенційно небезпечні об'єкти на території цих двох областей, в тому числі і промвузла. Авторами надані рекомендації щодо покращення екологічної ситуації в регіоні.

В роботі [24] досліджено стан техногенних ландшафтів міста Рубіжне, а саме: полігону промислових відходів Рубіжанського картонно-гарного комбінату, золошлаковідвал колишньої ТЕЦ-2, відвалів відходів Силікатного заводу, який давно не працює. По кожному з цих об'єктів надано рекомендації щодо переробки або використання відходів, що дасть змогу зменшити їх вплив на НПС.

Заслужує уваги робота [25] Виставної Ю. Ю., Яковлева В. В. та інших науковців, в якій досліджено нітратне забруднення поверхневих та підземних вод басейну р. Сіверський Донець. Результати показали високі просторові і часові варіації вмісту нітратів; науковці припустили, що антропогенний вплив є основним фактором, що впливає на міграцію і накопичення їх в басейні. Встановлено, що у цілому рівень забруднення

нітратами води джерел на 2014 рік є суттєво вищим, ніж у 80-х роках минулого століття.

Значну увагу дослідженню впливу промисловості на компоненти НПС приділено в роботах зарубіжних авторів [26-29]. Зокрема, робота [26] присвячена дослідженню ґрунту та ґрунтових вод в міських районах в постіндустріальну епоху (на прикладі покинутих родовищ в одній із провінцій Китаю). В результаті представлено площі забруднення ґрунтів та ґрунтових вод (відповідно 14903,6 м² та близько 18880 м³).

В роботі [27] досліджено вплив промислових очисних споруд на поверхневі води в Нідерландах. Авторами визначено, що загалом 32% води, яка забирається для питного водопостачання, піддається негативному впливу з боку очисних споруд промислових стічних вод.

В попередніх дослідженнях доведено, що аналізувати весь спектр забруднювачів не має сенсу. В даній роботі будуть досліджуватися характерні елементи-забруднювачі, котрі виділили науковці за останні 10-15 років. По території розміщення шахт – це важкі метали; по терасам, де розташовані водозабори – це інші комплекси забруднювачів: сухий залишок, жорсткість, нітрати, нітрити, нафтопродукти, феноли та ін. Це зазначено в роботах Улицького О. А., Удалова І. В., Бабаєва М. В. та інших науковців.

Мета статті – проаналізувати техногенний вплив об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на компоненти НПС.

Результати досліджень. При дослідженні впливу техногенних об'єктів промвузла на компоненти НПС основна увага приділяється саме забрудненню ґрунтів та підземних вод. Це пояснюється наступним.

Територія досліджень у зв'язку з особливостями структурно-геологічної будови характеризується відсутністю природної захищеності ГС. Високий ступінь тріщинуватості та проникності порід, що складають геологічний розріз, зумовлений проходженням тут великого тектонічного порушення – Північнодонецького насуву. У товщі порід зони активного водообміну знаходяться алювіальний водоносний горизонт та великий підземний басейн – тріщинувата зона верхньої крейди.

Мергельно-крейдианий водоносний горизонт (МКВГ), що використовується для централізованого водопостачання, поширений в межах піщаних терас лівобережжя р. Сіверський Донець і його приток. Гідралічно водоносний горизонт зв'язаний з водами річки і вище залягаючим водоносним горизонтом в алювіальних відкладах. В покрівлі крейди залягає слабопроникна товща елювію (зона замулювання), потужністю кілька метрів, яка не захищає горизонт від інфільтрації

забруднення «зверху» і пропускає його крізь гідрогеологічні «вікна» у товщі [21].

Зважаючи на зв'язок МКВГ з алювіальним водоносним горизонтом та інфільтраційне живлення останнього, зрозуміло, що забруднення ґрунтів відображається на якісному стані підземних вод. Найбільша кількість забруднювачів, інфільтруючись в зону аерації, затримується саме в ґрунтах, поступово забруднюючи підземну гідроферу.

Лисичансько-Рубіжанський промвузол протягом багатьох десятиріч був насичений великою кількістю підприємств хімічної, гірничовидобувної, нафтохімічної, машинобудівної, скляної промисловості та ін. Багаторічна діяльність цих підприємств внесла значні корективи в природний стан НПС – виникнення техногенного рельєфу, накопичення забруднювачів в ґрунтах та міграція їх в підземних водах, періодичні скиди неочищених або слабо очищених стоків до поверхневих вод, забруднення атмосфери тощо. Станом на сьогодні працюючих підприємств залишилося мало, але це не вказує на зменшення чи значне покращення стану забрудненості ґрунтів. Це відбувається, ймовірно, через «накопичувальний ефект» ґрунтів внаслідок постійного інтенсивного накопичення забруднюючих речовин.

Враховуючи здатність ґрунтів затримувати велику частину забруднювачів, важливим є також дослідження впливу техногенних об'єктів на інші складові НПС: комплексний підхід дозволяє показати картину екологічного стану в цілому.

Розглянемо техногенний вплив промвузла на кожну складову НПС. Зокрема, стан забруднення атмосферного повітря і поверхневих вод розглянемо за 2005 та 2019 роки, що відповідають періодам інтенсивної роботи підприємств і навпаки – сучасного стану «застою» промвузла.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферу мають великі обсяги на території Лисичансько-Рубіжанського промвузла. Динаміку викидів розглянуто за декілька років, що дає змогу визначити тенденцію до збільшення або зменшення викидів у повітря.

За період 2000 – 2005 рр. відзначається деяке погіршення у стані атмосферного повітря (табл. 1). Основні джерела забруднення – численні хімічні підприємства, гірничодобувна галузь, Северодонецька ТЕЦ та автотранспорт. Якщо описати викиди в атмосферу кількісно – то основними джерелами забруднення за 2005 рік є: ВАТ «ЛІНІК» (18003,504 т/рік), ВАТ «Лисичанська сода» (7655,207 т/рік), ЗАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» (3116,935 т/рік), ТОВ «Рубіжанський Краситель» (103,342 т/рік), ВАТ «Об'єднання Склопластик» (314,457 т/рік) [30].

За останні 5-10 років через закриття багатьох

промислових підприємств ситуація змінилася (табл. 2). Станом на сьогодні основними причинами забруднення повітря залишаються використання підприємствами застарілих технологій виробництва та зношеного технологічного устатку-

вання, низький рівень забезпеченості джерел викидів пилогазоочисним обладнанням.

Аналізуючи динаміку викидів за останні роки, спостерігається тенденція до зменшення викидів забруднювачів підприємствами промвузла.

Таблиця 1

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у Лисичансько-Рубіжанському промвузлі (тис. т) [30]

Назва населених пунктів	2000 р.	2003 р.	2005 р.
м. Лисичанськ	32,1	36,8	45,1
м. Рубіжне	1,3	1,5	2,2
м. Северодонецьк	4,4	4,2	4,5

Таблиця 2

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у Лисичансько-Рубіжанському промвузлі (тис. т) [31]

Назва населених пунктів	2016 р.	2017 р.	2019 р.
м. Лисичанськ	16,6	16,4	13,13
м. Рубіжне	1,7	1,7	1,23
м. Северодонецьк	0,71	0,71	1,07

Найбільш поширеними забруднювачами, що викидаються в атмосферу підприємствами в межах промвузла, є оксид вуглецю, сірки діоксид, двоокис азоту, метан та тверді частинки. Основними джерелами викидів на 2019 рік є ПрАТ «Рубіжанський КТК» (859,669 т/рік), ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» (542,604 т/рік), ТОВ НВП «Зоря» (238,736 т/рік), ПрАТ «ЛИНІК» (66,670 т/рік) [31].

Забруднення поверхневих вод зумовлене скиданням в річки Сіверський Донець, Борова та Верхня Біленька більш ніж 15 млн. м³ стічних вод щорічно. Забруднювачі потрапляють в річки із зворотними водами промислових підприємств та підприємств житлово-комунального господарства. Скидання води проводиться як через стічні канали, так і безпосередньо в річки через стічні труби.

До м. Рубіжне р. Сіверський Донець забруднюють скиди шахтних вод ВО «Лисичанськвугілля», стоки комунальних господарств міст Привілля та Новодружеськ. Нижче за течією Сіверський Донець та інші річки на початку 2000-х років забруднювали скиди наступних підприємств: РВО «Краситель», Рубіжанський картонно-гарний комбінат, Рубіжанський хімзавод «Зоря», «Об'єднання Азот», Лисичанське ВУВКГ та «Лисичанська сода» [30].

Основними забруднювачами поверхневих вод Лисичансько-Рубіжанського промвузла на 2005 рік є «Краситель» (6950 т/рік), «Лиссода» (67300 т/рік) та «Азот» (9760 т/рік). Основними речовинами, що забруднювали поверхневі води, є органічні сполуки, про що свідчить жовтуватий та коричневий колір стоків.

За 2005 рік, як і за попередні 2004-2002 рр., вміст солей важких металів суттєво не змінився і варіював у межах ГДК. По всім створам річок феноли практично відсутні [30]. Мінералізація води в р. Сіверський Донець нерівномірна – то підвищується після впадіння певного скидного каналу чи притоки, то дещо зменшується (табл. 3).

У 2019 році стан поверхневих водних об'єктів – річок Сіверський Донець, Борова та Верхня Біленька – залишився на рівні минулих п'яти років, суттєвих змін не зафіксовано. У сольовому складі води річок переважали сульфати, хлориди, гідрокарбонати і вода є досить мінералізованою. На основних створах спостерігалось перевищення середньорічних концентрацій показників по деяким елементам (Ni, Zn, Mn, Cu, Al та ін.) (табл. 4).

Таблиця показує, що збільшення середньорічних концентрацій фіксується після впадіння техногенно-навантажених приток (скидні канали КП «Рубіжанське ВУВКГ», «Зоря» та «Азот» тощо), р. Борова та р. Верхня Біленька.

Після кожного із скидних каналів в річковій воді спостерігається збільшення сухого залишку: до проммайданчика ТОВ «Краситель» – 1085 мг/дм³, після скиду стічних вод «Зоря» – 1194 мг/дм³, після скиду стічних вод «Азот» – 1306 мг/дм³, нижче скидних каналів та приток всього промвузла, а також накопичувачів ліквідованого підприємства «Лиссода» – 1206 мг/дм³.

Найбільший об'єм скиду забруднених стічних вод до поверхневих водних об'єктів у 2019 році на території досліджень здійснювали підприємства: ЛКСП «Лисичанськводоканал» – 3,107 млн. м³ та КП «Рубіжанське ВУВКГ» – 2,213 млн. м³,

Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець за гідрохімічними показниками (2005 р.) [30]

Місце спостереження за якістю води	рН	Показники складу та властивостей, мг/дм ³								
		Fe (заг)	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	розч. кисень	мінералізація	БСК ₅
ОБРВ (1990 р.)*, г/дм ³	6,5-8,5	0,1	0,5	300	100	0,08	40	>6	1000	2
р. Сів. Донець до проммайданчика ТОВ «Краситель»	8,0	0,11	0,6	229	300	0,11	11,5	5,29	1105	2,2
р. Сів. Донець після каналу «бичок» ТОВ «Краситель»	7,74	0,08	3,13	236	319	0,57	6,56	6,77	1117	2,2
р. Сів. Донець після скидання ТОВ НВП «Зоря»	7,9	1,68	0,6	220	253	1,7	7	6,48	972	2,4
р. Сів. Донець до скидання ПрАТ «Азот»	7,75	0,09	0,7	236	258	1,7	11,0	6,32	1016	2,4
р. Сів. Донець після скидання ПрАТ «Азот»	7,71	0,7	0,7	322	341	0,85	17,2	5,16	1339	2,6
р. Сів. Донець нижче скиду стічних вод «Лиссода»	7,7	0,22	0,4	222	360	0,12 8	15,6	6,11	1200	2,8
р. Борова	8,0	0,09	0,49	270	492	0,25	4,1	5,49	1436	2,1
р. В. Біленька	7,28	0,27	1,75	330	450	0,56	4,0	5,04	1700	2,4

ПрАТ «Рубіжанський КТК» – 2,745 млн. м³; ПрАТ «Северодонецьке об'єднання «Азот» – 5,112 млн. м³ [31].

Аналізуючи дані щодо забруднень річок Лисичансько-Рубіжанського промвузла за 2005 р. і 2019 р., спостерігаються досить різні забруднюючі елементи по створам. Причиною цього є «зношеність» підприємств, застарілі технології, витоки з промканалізацій на проммайданчиках заводів і накопичувачів. З роками відбувалося збільшення обсягів таких витоків, і тому забруднюючі речовини, які раніше не перевищували ГДК, з'явилися в створах.

Забруднення ґрунтів та підземних вод.

Причинами забруднення ґрунтів на території промвузла, як уже було описано раніше, є: складування відходів виробництва, різних видів шламу та стоків; викиди до атмосфери забруднюючих речовин, що сприяють накопиченню в ґрунтах різних хімічних елементів, і насамперед, важких металів – Hg, Pb, Cr, Zn, Mn та ін.

Досліджуючи вплив техногенних об'єктів на ґрунти та підземні води, варто відмітити наступне. Аналізуючи геологічну будову, тектоніку та

гідрогеологічні умови території досліджень, відмічено певні особливості: р. Сіверський Донець розділяє територію на дві принципово різні частини – лівий і правий береги. Відповідно до цих особливостей будови, територія має також різні шляхи потрапляння забруднювачів до НПС.

Правобережжя в рельєфі відображає північну зону дрібної складчастості Донбасу, тому знаходиться під впливом геолого-тектонічних та техногенних факторів. Найвні розривні порушення та проведення гірничих робіт у великих обсягах і на різних глибинах сприяють розповсюдженню та накопиченню забруднювачів в ґрунтах, підземних водах і на земній поверхні. Іншими словами, забруднення йде із глибини до поверхні.

Лівий берег представляє собою терасовану рівнину, яка знижується до річки Сіверський Донець від вододілу. Тераси складені піщаними добре проникними ґрунтами, мають інфільтраційне живлення та добре промиваються. Техногенне навантаження сформоване потужними промисловими та малими підприємствами. Забруднення на лівобережжі має локальний характер, завдяки проникності ґрунтів забруднюючі речовини акти-

Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець за гідрохімічними показниками (2019 р.) [31]

Місце спостереження за якістю води	Показники складу та властивостей, мг/дм ³															
	БСК ₅	Мінералізація	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	нафто-продукт	розчин. кисень	Zn	Mn	Fe	NO ₂ ⁻	Cu	Ni	Al	Co
ОБРВ (1990 р.)*, мг/дм ³	2	1000	100	300	0,5	40	0,05	>6	0,01	0,01	0,1	0,08	0,001	0,02	0,2	0,1
р. Сів. Донець до проммайданчика ТОВ «Краситель»	3,33	1085	294	231	0,29	1,24	0,02	8,8	0,013	0,039	0,04	0,023	0,003	0,024	-	-
р. Сів. Донець нижче скиду стічних вод ТОВ «Краситель»	3,74	1158	307	255	0,32	1,32	0,02	8,3	0,013	0,024	0,04	0,026	0,002	0,024	-	-
р. Сів. Донець нижче скиду стічних вод «Зоря», до впадіння р. Борова	3,8	1194	317	265	0,33	1,39	0,02	8,3	0,012	0,026	0,05	0,027	0,002	0,026	-	-
р. Сів. Донець нижче скиду стічних вод «Азот»	4,01	1306	343	301	0,34	1,41	0,03	7,9	0,047	0,028	0,3	0,028	0,002	0,028	-	-
р. Сів. Донець нижче накопичувача «Лиссода»	3,65	1206	320	270	0,32	1,35	0,03	8,4	0,012	0,024	0,04	0,026	0,002	0,032	-	-
р. Борова, гірло	3,1	1400	285	255	0,33	1,37	0,1	8,1	0,018	0,033	0,2	0,021	0,0023	0,048	0,22	0,11
р. Верхня Біленька, гірло	3,4	1300	310	297	0,35	1,33	0,1	8,3	0,023	0,029	0,23	0,023	0,0024	0,052	0,28	0,11

вно мігрують, тому локальні забруднення мають ореоли розповсюдження. Тобто забруднення надходить інфільтрацією з поверхні.

Зрозуміло, що кожне джерело техногенного забруднення певним чином відображається на стані НПС, зосереджуючись, в основному, в ґрунтах та підземних водах. Перш ніж досліджувати рівень забруднення, важливо визначити фоновий вміст елементів в ґрунтах досліджуваної території.

Із врахуванням різкої різниці у віці та літології порід дочетвертинних відкладів лівобережжя р. Сіверський Донець та її правобережжя (область відкритого карбону), проведено вибірку для визначення фонового вмісту хімічних елементів. Виділено місця, найбільш віддалені від міст з потужними джерелами забруднення НПС. По окремих вибірках проведено математичну обробку геохімічної інформації. Підраховано вміст певних хімічних елементів в ґрунтах Лисичансько-Рубіжанського промвузла. Ці дані використано для розрахунку коефіцієнту концентрації, формула приведена нижче.

Рівень хімічного забруднення ґрунтів, як індикатора несприятливого впливу на здоров'я населення, визначається за наступними показниками [17]:

1) коефіцієнт концентрації хімічної речовини (K_C), який визначається відношенням її реального вмісту в ґрунті (C) і фоновому (C_Φ):

$$K_C = \frac{C}{C_\Phi}$$

2) сумарний показник забруднення (Z_C), який дорівнює сумі коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів і виражається наступною формулою:

$$Z_C = \sum_1^n K_C - (n - 1),$$

де n – число сумарних елементів.

У місцях найбільшого техногенного впливу на території Лисичансько-Рубіжанського промвузла розраховано показники за попередніми формулами, результат подано у таблиці 5.

Оцінка рівня забруднення ґрунтів здійснюється за такою шкалою: $Z_C < 16$ – задовільний, $Z_C = 16-32$ – помірно-небезпечний, $Z_C = 32-128$ – надзвичайно небезпечний, $Z_C > 128$ – дуже небезпечний.

Величини $Z_C > 16$ відмічаються в основному в межах міст на території великих промислових підприємств, таких як ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот», ПрАТ «ЛИНІК», ТОВ НВП «Зоря», проммайданчики ліквідованих заводів «Краситель» та «Лиссода», а також на полігоні твердих побутових відходів біля с. Фугарівка. Тут же відмічаються локальні, значно менші за

розміром, ділянки з рівнем забруднення ґрунтів з величиною $Z_C = 32 - 128$.

Основними елементами, що забруднюють ґрунти досліджуваного району, є Hg, Pb, F, Zn, Cu, Fe, Cl та ін. Максимальна концентрація хімічних елементів приурочена до промислових площадок підприємств. Так, на території ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот» в ґрунтах концентрація забруднювачів перевищує ГДК в 2 і більше разів. Це Cr, Zn, Pb, Cu, Fe.

На території заводу «Краситель» небезпечна ділянка – центральна частина промислової площадки заводу. З елементів забруднювачів, що перевищує ГДК – Pb, Zn, Cu тощо. В центральній частині заводу «Зоря» ґрунти забруднені Cu, Pb, Zn у кількостях, що значно перевищують гранично допустимі концентрації.

Зважаючи на розміщення на правобережжі р. Сіверський Донець в межах Лисичансько-Рубіжанського промвузла комплексу проммайданчиків шахт (імені Г. Г. Капустіна, Привільнянська, імені Д. Ф. Мельникова та ін.), варто зазначити наступне. За роки роботи по видобутку вугілля в ґрунтах шахтних відводів, проммайданчиків та оточуючих територіях накопичилися великі концентрації токсичних елементів 1 – 2 класу небезпеки: As, Be, F, Pb, Hg, Ni, Co. Кларки концентрації деяких елементів (As – 55,5; Ni – 116,0; Co – 28,0) мають аномальні значення. Інші елементи мають значення понад 10, а то й 30, тобто має місце величезне техногенне навантаження на НПС території. Сприятливими умовами для накопичення та міграції токсичних елементів є тектонічні, геологічні та гідрогеологічні особливості будови території правобережжя р. Сіверський Донець. Їх вплив і позначився на утворенні аномальних концентрацій, які наявні у вміщувальних породах [17]. Внаслідок багаторічного вуглевидобутку такі концентрації тепер мають місце і на поверхні: в ґрунтах, породних відвалах тощо.

Підприємства вугільної промисловості за роки своєї діяльності, окрім очевидної проблеми накопичення та зберігання твердих відходів, мають іншу значну проблему: підвищення мінералізації ґрунтів, яке відбувається через недостатньо якісну гідроізоляваність чаш ставків-накопичувачів шахтних вод та стоків збагачувальних фабрик. Ці витoki містять велику кількість розчинних хімічних сполук (до 4 г/дм³), у тому числі й шкідливих, з накопичувачів інфільтруються у ґрунти і далі – у водоносні горизонти, що призводить до їх забруднення.

Забруднення підземних вод Лисичансько-Рубіжанського промвузла спостерігається з 1976 року, що є результатом експлуатації проммайданчиків, ставків-накопичувачів ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот» та ВАТ «Лисичанська со-

Коефіцієнти концентрації забруднюючих речовин в грунтах
у місцях найбільшого техногенного впливу Лисичансько-Рубіжанського промвузла

Місце відбору	Феноли	SO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Cl	Mn	Fe	Cu	Zn	Cr	As	Hg	Be	F	Pb	Co	V	Z _c
«Краситель»	9		27			5			2,8	4,2						3			46
«Зоря»	2		5,4					8	2,5	3,4						3,2			19,5
«Азот»	5		10,4			1,6		2,7	3,6	4	3					3,7			27
«Лисосода»	3		25	6,6		2,3	5,4	1,4											38,7
«ЛИНИК»	3	6,8	2,8		4,1	2,3	10,8												24,8
Полігон ТПВ (сел. Фугарівка)		1,6	3			2		14,5	12	4	2								33,1
Шахта імені Г.Г. Капустіна													11,14			3,6			13,7
Шахта Привільнянська													3,9	3,9					6,8
Шахта Томашевська- південна													0,8	0,8	3,9	2,6			8
Шахта ОГПУ													1,4				1,43	1,5	2,3
Шахта Матроська													0,7						0,7
Шх. 60-річчя Радянської України														2,9	1,43	1,43	1,43	1,5	4,7

да», а також супутньої фільтрації високомінералізованих та забруднених стічних вод у водоносні горизонти.

Встановлено, що в меженний період запаси підземних вод формуються на 40 – 60% за рахунок інфільтрації річкових вод. Тому постійне скидання неочищених стічних вод в річки Сіверський Донець, Борова та Верхня Біленька сприяє забрудненню підземних вод практично по всій площі їх розповсюдження.

Екологічний стан підземних вод, що використовують для питного та технічного водопостачання в межах промвузла, охарактеризовано нижче.

В алювіальному водоносному горизонті мінеральне забруднення має багатокомпонентний склад: хлориди і сульфати, група азоту, нафтопродукти, феноли, Fe, Mn і деякі важкі метали, перевищені також мінералізація і жорсткість. Найбільш забруднені води алювіального горизонту знаходяться навколо джерел забруднення (проммайданчиків підприємств, відстійників стічних вод тощо) здебільшого у вигляді локальних ділянок.

Алювіальний водоносний горизонт знаходиться в зоні зміни температур внаслідок близького до поверхні розташування. Фонові температури підземних вод складають приблизно 8 – 9 °С. Характеристика температурного режиму була проведена по результатах площадних досліджень. Підземні води практично на всій площі Лисичансько-Рубіжанського промвузла характеризуються підвищеними температурами, причому найбільш аномальні температури визначено в місцях джерел забруднення.

Підземні води *тріщинуватої зони верхньої крейди* (МКВГ) практично по всій території зазнають теплового та хімічного забруднення [20]. Найбільш контрастні аномальні температури підземних вод спостерігаються на площах впливу промислових площадок та накопичувачів ТОВ «Краситель», ТОВ НВП «Зоря», ПрАТ «Севродонецьке об'єднання Азот», ТОВ «Лиссода» та ПрАТ «Рубіжанський КТК». Незважаючи на те, що «Краситель» та «Лиссода» було ліквідовано, рекультивативні території підприємств не було проведено, тому проммайданчики та їх накопичувачі до цього часу є джерелом забруднення підземних вод регіону. Практично на всій території температура підземних вод на 1,1-1,6° перевищує фонові значення.

На теперішній час відмічається забруднення підземних вод мінеральними солями, азотними сполуками і фенолами, нафтопродуктами в залежності від специфіки виробництва підприємств, які розташовані поблизу водозаборів питних вод.

На території промвузла через високе техногенне навантаження активізувалися екзогенні геологічні процеси, основним з яких є карстовий. Різка активізація карстових процесів на описуваній території сталася через значне зниження рівнів ґрунтових вод і збільшенням зони аерації, зміною гідродинамічного і гідрохімічного режимів підземних вод тріщинувато-карстової зони верхнього крейди.

Зростання жорсткості і мінералізації підземних вод МКВГ на водозаборах пов'язане з розчиненням порід, що залягають вище. В природних умовах відбувається взаємодія вуглекислого газу і карбонатів водоносного горизонту. Відомо, що при середньому вмісті CO₂ у повітрі близько 0,03 % при температурі 0 °С кількість розчиненого CaCO₃ складає 3,2 мг-екв/дм³, що відповідає 0,1 г/дм³. Так, вміст NaSO₄ (сульфат натрію) збільшує розчинність мергельно-мулових порід до 1,04 г/дм³, що відповідає 156 мг-екв/дм³. Присутність в розчині хлоридів та сульфатів прискорює швидкість карстових процесів порівняно з фоною більш ніж в 5 разів.

Відомі випадки проявлення техногенного карсту, викликаного фільтрацією у водоносний горизонт промислових стоків з рН = 3. Весною 1983 р. в рельєфі навколо дамби накопичувача промислових стоків ТОВ «Краситель» виявлені місця, в яких відбувалося западання форми. Западини овальні, діаметром понад 0,5 – 1,0 м, глибиною 0,3 – 0,4 м, окремі западини діаметр 20 – 25 м. Утворення западин викликано проникненням кислих промислових стоків в тріщинувату зону мергельно-крейдианої товщі. Щорічно до накопичувача надходили близько 2,5 млн. м³ стічних вод з рН = 3. До складу цих стоків входила сірчана кислота, яка розчинила мергельно-крейдиані породи. Коефіцієнт фільтрації шару екранування накопичувача складає 0,5 – 1,0 м. На ділянках, де западини примикають до дамби, виявлено її просідання. Такі явища спостерігаються безпосередню на промисловій площадці ТОВ «Краситель».

В районі промислових площадок і накопичувачів «Краситель», «Зоря», «Азот» продовжує спостерігатися вуглекислотна агресія в підземних водах верхньої крейди. У зв'язку з вище вказаним явищем в накопичувачі ТОВ «Краситель» підтримується лужне середовище стоків.

Виходячи з вищезазначеного, техногенний крейдианний карст на описуваній території представляє значну небезпеку для інженерних споруд.

Висновки. В результаті проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Оцінено ступінь техногенного впливу підприємств Лисичансько-Рубіжанського промвузла на стан компонентів НПС. Проаналізовано інфор-

мацію по різних за інтенсивністю виробництва періодах – 2005 та 2019 роках.

2. Проведений аналіз довів різний ступінь природно-техногенного впливу на території дослідження. Це обґрунтовується різницею у геолого-тектонічній будові: лівий берег р. Сіверський Донець – це терасована рівнина, правий берег є зоною розвитку тектонічних порушень. На лівобережжі основними забруднювачами є нафтопродукти, нітрати, жорсткість, феноли, хлориди, сульфати, амоній та ін.; на правому березі – це Be, As, F, Pb та інші важкі метали.

3. Доведено різний генезис забруднення на досліджуваній території. На лівому березі – це інфільтрація з поверхні, на правому забруднення має глибинне походження.

Проведена комплексна оцінка впливу Лисичансько-Рубіжанського промвузла на компоненти НПС дозволяє говорити про різний ступінь техногенного впливу і різні фактори впливу, що в свою чергу дозволяє зробити довгострокові прогнози.

Вважаємо, що ситуація буде поліпшуватися у повільному темпі, якщо кількість працюючих промислових підприємств та їх вплив залишаться на сучасному рівні. В іншому випадку, якщо промвузол буде підвищувати свій промисловий потенціал, екологічна ситуація буде погіршуватися: весь подальший «вплив» промисловості буде накладатися на вже забруднені території.

Зрозуміло, що важливим етапом поліпшення ситуації є проведення рекультивації територій покинутих проммайданчиків, відстійників, звалищ відходів тощо. Але це потребує значних коштів, тому що таких територій досить багато.

Тому вважаємо, що проведення постійного моніторингу екологічного стану НПС для Лисичансько-Рубіжанського промвузла є обов'язковим. При цьому особливу увагу варто приділяти об'єктам підвищеної небезпеки (відстійники, хвостосховища, терикони тощо). Тільки завдяки моніторингу буде можливо визначити більш конкретні прогнози на майбутнє.

Список використаної літератури

1. Гольдберг, В. М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды [Текст] / В. М. Гольдберг // Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
2. Сергеев, Е. М. Влияние человека на литосферу в процессе инженерно-хозяйственной деятельности [Текст] / Е. М. Сергеев, В. Т. Трофимов // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты. – М. : Недра, 1985. – С. 14–27.
3. Котлов, Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека [Текст] / Ф. В. Котлов // М. : Недра, 1978. – 263 с.
4. Ермаков, В. Н. Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт [Текст] / В. Н. Ермаков, В. А. Семенов, О. А. Улицкий, Е. П. Котелевец, А. В. Тарахкало // Уголь Украины. – 2001. – № 6. – С. 12–15.
5. Бабаев, М. В. Изменение техногенной нагрузки на отдельные компоненты окружающей среды после закрытия шахт Луганской области [Текст] / М. В. Бабаев, Е. С. Бондарева, Я. С. Маркина, Н. К. Маркина, В. Н. Мойсеенко // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки : зб. наук. праць. – Х. : УкрНДІП, 2004. – С. 244–259.
6. Бабаев, М. В. Изменение «мокрой» консервации шахт на гидrolитосферу в горнодобывающих регионах Луганской области [Текст] / М. В. Бабаев, О. С. Сидельник // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки : зб. наук. праць. – Х. : Райдер, 2007. – С. 332–337.
7. Улицкий, О. А. Оцінка негативного впливу побічних продуктів вугледобувної промисловості на стан довкілля [Текст] / О. А. Улицкий // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – К. : ІГНС, 2012. – Вип. 21. – С. 103–111.
8. Шнюков, Е. Ф. Экологическая геология Украины: справ. пособие [Текст] / Е. Ф. Шнюков, В. М. Шестопалов, Е. А. Яковлев и др. – К. : Наукова думка, 1993. – 407 с.
9. Яковлев, С. О. Критичні зміни екологічного стану надр Донбасу [Текст] / С. О. Яковлев // Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 3. – С. 34–39. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mru_2017_3_9.
10. Яковлев, С. О. Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничо-добувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надрокористування [Текст] / С. О. Яковлев // Мінеральні ресурси України. – № 4. – 2015. – С. 37–43.
11. Кодрик, А. І. Методичні підходи до геоінформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для вуглепромислових районів Донбасу (на прикладі ПАО «Лисичанськвугілля» та ДП «Первомайськвугілля») [Текст] / А. І. Кодрик, С. О. Яковлев, С. М. Чумаченко, А. С. Парталян // Математичне моделювання в економіці. – 2018. – № 4(13). – С. 5–20.
12. Предварительная оценка экологической опасности резервных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Донбасса (Донецкая и Луганская области) в условиях АТО [Текст] – Киев, 2017. – 123 с.
13. Мохонько, В. И. Техногенная трансформация геологической среды в зоне влияния накопителей промышленных отходов (на примере ОАО «Лиссода») [Текст] / В. И. Мохонько // Антропогенная трансформация природной среды: матер. междунар. конф. – П. : Перм. гос. ун-т, 2010. – Т. 1, част. 2. – С. 59–65.

14. Мохонько, В. И. Гидродинамические аспекты активизации карстового процесса в мело-мергельных отложениях Северскодонецкой равнины [Текст] / В. И. Мохонько // Вісник Кременчуцького національного університету – 2015. – С. 176–180.
15. Мохонько, В. И. Вплив шламонакопичувачів содового виробництва на стан навколишнього середовища [Текст] / В. И. Мохонько, Є. І. Зубцов, М. А. Ожередова, О. В. Суворін // Сучасні технології в науці та освіті: матеріали Третьої Міжнародної науково-практичної конференції. – Северодонецьк, 2020. – Т. 2. – С. 121–124. [https://doi.org/10.33216/ConferenceMaterialsSNU\(978-617-11-0162-3\)-2-2020-212](https://doi.org/10.33216/ConferenceMaterialsSNU(978-617-11-0162-3)-2-2020-212).
16. Удалов, И. В. Гидрохимическая характеристика поверхностных и грунтовых вод Лисичанского и Алмазно-Марьевского геолого-промышленных районов северо-восточного Донбасса [Текст] / И. В. Удалов // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія». – 2014. – Т. 22. – № 3/2. – С. 181–188.
17. Удалов, И. В. Трансформация геологической среды под влиянием техногенных процессов в условиях Северо-Восточного Донбасса : монографія [Текст] / И. В. Удалов. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2016. – 176 с.
18. Удалов, И. В. Особенности процессов миграции естественных радионуклидов в подземных водах при ликвидации угольных шахт Северо-Восточного Донбасса [Текст] / И. В. Удалов, А. В. Кононенко // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія», 2016. – Т. 24. – № 2. – С. 121–129. <https://doi.org/10.15421/111640>.
19. Удалов, И. В. Особенности радиационного риска на территории Северо-Восточного Донбасса [Текст] / И. В. Удалов, А. В. Кононенко, А. И. Лурье // Вопросы атомной науки и техники, 2018. – № 5 (117). – С. 149–153.
20. Удалов, И. В. Вплив техногенних факторів на еколого-гідрогеологічні характеристики крейдових водозаборів північно-східного Донбасу [Текст] / И. В. Удалов, А. В. Кононенко // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Геологія. Географія. Екологія. – 2016. – Вип. 45. – С. 177–183. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-45-24>.
21. Кононенко, А. В. Чинники еколого-гідрогеологічної еволюції хімічного складу підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту Дніпровсько-Донецької западини : дис. кандидата геол. наук: 21.06.01. [Текст] / А. В. Кононенко. – Київ, 2019. – 188 с.
22. Давиденко, В. А. Екологічні проблеми Луганської області [Текст] / В. А. Давиденко, О. О. Ноженко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 1. – С. 29–36.
23. Бондар, О. І. Звіт про результати вивчення екологічної ситуації на території Донецької та Луганської області [Текст] / О. І. Бондар, О. А. Улицький, В. М. Єрмаков // Міністерство з питань тимчасово окупованих територій та внутрішньо переміщених осіб України. – Київ, 2018. – 70 с.
24. Морокіна, Д. Дослідження стану техногенних ландшафтів міста Рубіжне [Текст] / Д. Морокіна, О. С. Назаренко // Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів. – Рубіжне: вид. О. Зень, 2018. – С. 121–123.
25. Виставна, Ю. Ю. Дослідження нітратного забруднення гідрофери у трансграничному районі басейну Сіверського Донця [Текст] / Ю. Ю. Виставна, В. В. Яковлев, Д. В. Дядін, Ю. І. Вергелес, А. В. Чистикова, І. О. Жидких // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6(10). – С. 20–27. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.31558>.
26. Yang, S. Investigation of soil and groundwater environment in urban area during post-industrial era: A case study of brownfield in Zhenjiang, Jiangsu Province, China / Shuai Yang, Wei-ya Shuai Yang, Wei-ya Ge, Hong-han Chen, Wen-li Xu // China Geology, 2, (2019). – Pp. 501–511. <https://doi.org/10.31035/cg2018128>.
27. Van Wezel, A. Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface waters and drinking water sources / A.P. van Wezel, F. van den Hurk, R.M.A. Sjerps, E.M. Meijers, E.W.M. Roex, T.L. ter Laak // Sci. Total Environ., 640–641 (2018). – Pp. 1489–1499, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.325>.
28. Ojekunle, O. Effects of industrialization on groundwater quality in Shagamu and Ota industrial areas of Ogun state, Nigeria / O. Z. Ojekunle, B. A. Mujeeb, A. A. Adeyemi, A. A. Kayode, O. A. Abdulraheem, M. T. Adewale, A. G. Saheed // Heliyon, 6 (2020). – P. e04353 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04353>.
29. Khan, M. Groundwater contamination and health risk posed by industrial effluent in NCR region / Mansoor ul Haq Khan, M. Shakeel, N. Ahsan et al. // Materials Today: Proceedings, available online 2 March 2021, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.192>.
30. Звіт про стан навколишнього природного середовища Луганської області у 2005 році [Текст] / Державне управління екології та природних ресурсів в Луганській області. – Луганськ, 2006. – 328 с. – Режим доступу: <https://www.eco-lugansk.gov.ua/2013-12-12-00-50-06-3/dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha>.
31. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2019 році [Текст] / Луганська обласна державна адміністрація. – Северодонецьк, 2020. – 256 с. – Режим доступу: <https://www.eco-lugansk.gov.ua/2013-12-12-00-50-06-3/dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha>.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Analysis of the influence of technogenic facilities of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub on the ecological state of the natural environment

*Nina Mikhalkova*¹,

PhD student, Department of Hydrogeology,

¹V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine;

*Alina Kononenko*¹,

PhD (Geology), Associate Professor, Department of Hydrogeology;

*Igor Udalov*¹,

DSc (Geology), Professor, Head of the Department of Hydrogeology

ABSTRACT

Formulation of the problem. The paper is devoted to the study of the ecological state of the natural environment components in connection with the impact of technogenic facilities of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub.

The purpose of the paper is to analyze the technogenic impact of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub on the natural environment components.

Materials and methods. The natural environment components data including atmospheric air, soil, surface water, groundwater from the Regional Report on the natural environment state in Luhansk region were used and analyzed.

The total pollution index was calculated to determine the level of soil contamination in the areas of biggest technogenic impact. The places furthest from the cities with powerful sources of the natural environment pollution are allocated. Mathematical processing of geochemical information was performed on separate samples. The containing of specific chemical elements in the soils of Lysychansk-Rubizhne industrial hub is calculated. The obtained data were used to calculate the concentration coefficient.

The level of chemical contamination of soils as an indicator of adverse effect on public health is determined by following indicators:

1) the chemical substance concentration coefficient (K_c), which is determined by the ratio of its actual containing in the soil (C) to the background containing (C_b);

2) the total pollution index (Z_c), which is equal to the sum of the concentration coefficients of chemical elements.

Results. As a result of the study, it was found that the territory of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub is still under a huge technogenic impact, despite the closure of many enterprises. Abandoned settling tanks, sludge collectors, spoil tips, landfills of various industrial wastes and other are one of the main sources of the natural environment pollution today.

The ecological state of the natural environment components (atmosphere, surface water, soil and groundwater) is described in the paper. Quite positive changes are observed only in the situation with atmospheric air. The tendency to reduce emissions of pollutants into the atmosphere is associated with the liquidation of industrial enterprises over the past 20 years. The state of other natural environment components remains unsatisfactory: surface water, soil and groundwater are contaminated with heavy metals, petroleum products, nitrates, nitrites, etc. (the nature of the pollutants depends on the nearby technogenic facilities). It is noted that these technogenic facilities lose their waterproofing over the years, so they are currently sources of pollutant migration to the natural environment.

Scientific novelty and practical significance. An integral assessment of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub impact on the natural environment components, which allowed us to talk about the different degree of technogenic impact and different influence factors, is the scientific novelty of the study. The different genesis of pollution in the given area is proved. It is established that there is an infiltration from the surface on the left bank and pollution of deep origin on the right bank.

The long-term forecasts of changes in the ecological state of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub territory are given as practical use of the obtained results. It is proposed to carry out continuous monitoring of the natural environment for a more detailed study of the environmental situation.

Keywords: *ecological state, industrial hub, technogenic impact, pollutants, soil, groundwater, surface water, natural environment, geological environment.*

References

1. Goldberg, V. M. (1987). *Vzaimosvyaz' zagryazneniya podzemnykh vod i prirodnoy sredy [The interrelation between groundwater pollution and the natural environment]*. L., Gidrometeoizdat, 248. [in Russian].
2. Sergeev, E. M., Trofimov, V. T. (1985). *Vliyanie cheloveka na litosferu v processe inzhenerno-khozyajstvennoy deyatel'nosti [Human influence on the lithosphere in the process of engineering and economic activities]. Theoretical fundamentals of engineering geology. Socio-economic aspects. M., Nedra, 14–27. [in Russian]*.
3. Kotlov, F. V. (1978). *Izmenenie geologicheskoy sredy pod vliyaniem deyatel'nosti cheloveka [Changes in the geological environment under the influence of human activities]*. M., Nedra, 263. [in Russian].
4. Ermakov, V. N, Semenov, V. A., Ulitskiy, O. A., Kotelevets, E. P., Tarakhkalo, A. V. (2001). *Razvitie processov podtopleniya zemnoj poverkhnosti pod vliyaniem zakryvayushchikhsya shakht [Development of the earth's surface flooding processes under the influence of closing mines]*. *Coal of Ukraine*. 6, 12–15. [in Russian].

5. Babayev, M. V., Bondareva, E. S., Markina, Y. S., Markina, N. K., Moiseenko, V. N. (2004). *Izmenenie tekhnogennoj nagruzki na otдел'nye komponenty okruzhayushchej sredy posle zakrytiya shakht Luganskoj oblasti [Changes in the technogenic loading on certain environmental components after the closure of mines in the Luhansk region]. Problems of protecting the natural environment and ecological safety: proceedings. Kh., UkrNDIEP, 244–259. [in Russian].*
6. Babaev, M. V., Sidelnik, O. S. (2007). *Vliyanie «mokroj» konservacii shakht na gidrolitosferu v gornodobyvayushchikh regionakh Luganskoj oblasti [Influence of «wet» conservation of mines on the hydrolithosphere in the mining regions of the Luhansk oblast]. Problems of protecting the natural environment and ecological safety: proceedings. Kh., Rider, 332–337. [in Russian].*
7. Ulitsky, O. A. (2012). *Otsinka nehatyvnoho vplyvu pobichnykh produktiv vuhlevydobuvnoi promyslovosti na stan dovkillia [Assessment of the negative impact of coal industry by-products on the environment]. Collection of scientific works of the Institute of Environmental Geochemistry. K., IGNS, 21, 103–111. [in Ukrainian].*
8. Shnyukov, E. F., Shestopalov, V. M., Yakovlev E. A. et al. (1993). *Ekologicheskaya geologiya Ukrainy: sprav. posobie [Ecological geology of Ukraine: handbook]. K., Naukova Dumka, 407. [in Russian].*
9. Yakovlev, Ye. O. (2017). *Krytychni zminy ekolohichnoho stanu nadr Donbasu [Critical changes in the ecological state of the Donbass subsoil]. Mineral Resources of Ukraine, 3, 34–39. [in Ukrainian].*
10. Yakovlev, Ye. O. (2015). *Asymiliatsiyni potentsial heolohichnoho seredovyshcha hirnycho-dobuvnykh rehioniv Ukrainy yak providnyi pokaznyk ekolohichnykh problem nadrokorystuvannya [Assimilation potential of the geological environment of mining regions of Ukraine as a leading indicator of environmental problems of subsoil use]. Mineral Resources of Ukraine, 4, 37–43. [in Ukrainian].*
11. Kodrik, A. I., Yakovlev, Ye. O., Chumachenko, S. M., Partalyan, A. C. (2018). *Metodychni pidkhody do heoinformatsiynoho analizu ekoloho-tekhnohennykh zahroz dlia vuhlepromyslovykh raioniv Donbasu (na prykladi PAO «Lysychanskvuhillia» ta DP «Pervomaiskvuhillia») [Methodical approaches to geoinformation analysis of ecological and technogenic threats for coal-mining areas of Donbass (on the example of PJSC «Lysychansk Coal» and SE «Pervomaisk Coal»)]. Mathematical modeling in the economy. 4(13), 5–20. [in Ukrainian].*
12. *Predvaritel'naya ocenka ehkologicheskoy opasnosti rezervnykh istochnikov khozyajstvenno-pit'evogo vodosnabzheniya naseleniya Donbassa (Doneckaya i Luganskaya oblasti) v usloviyakh ATO. (2017) [Preliminary assessment of the environmental hazard of reserve sources of drinking water supply to the population of Donbass (Donetsk and Lugansk regions) in the conditions of ATO]. Kiev, 123. [in Russian].*
13. Mokhonko, V. I. (2010). *Tekhnogennaya transformaciya geologicheskoy sredy v zone vliyaniya nakopitelej promyshlennykh otkhodov (na primere OAO «Lissoda») [Technogenic transformation of the geological environment in the zone of industrial waste collector influence (on the example of JSC «Lissoda»)]. Anthropogenic transformation of the natural environment: proceedings. P., Perm State Univ, T. 1, part. 2, 59–65. [in Russian].*
14. Mokhonko, V. I. (2015). *Gidrodinamicheskie aspekty aktivizacii karstovogo processa v melo-mergel'nykh otlozheniyakh Severskodoneckoj ravniny. [Hydrodynamic aspects of the activation of the karst process in the chalk-marl sediments of the Severskodonetsk plain]. Bulletin of the Kremenichuk National University, 176–180. [in Russian].*
15. Mokhonko, V. I., Zubtsov, Ye. I., Ozheredova, M. A., Suvorin, O. B. (2020). *Vplyv shlamonakopychuvachiv sodovoho vyrobnytstva na stan navkolyshnoho seredovyshcha [The impact of soda production sludge collectors on the environment]. Modern technologies in science and education: materials of the Third International scientific-practical conference, 2, 121–124. DOI: [https://doi.org/10.33216/ConferenceMaterialsSNU\(978-617-11-0162-3\)-2-2020-212](https://doi.org/10.33216/ConferenceMaterialsSNU(978-617-11-0162-3)-2-2020-212). [in Ukrainian].*
16. Udalov, I. V. (2014). *Gidrohimicheskaya kharakteristika poverkhnostnykh i gruntovykh vod Lisichanskogo i Almazno-Mar'evskogo geologo-promyshlennykh rajonov severo-vostochnogo Donbassa [Hydrochemical characteristics of surface and ground waters of the Lisichansk and Almazno-Maryevskiy geological and industrial regions of the north-eastern Donbass]. Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series «Geology. Geography», 22, 3/2, 181–188. [in Russian].*
17. Udalov, I. V. (2016). *Transformaciya geologicheskoy sredy pod vliyaniem tekhnogennykh processov v usloviyakh Severo-Vostochnogo Donbassa [Transformation of the geological environment under the influence of technogenic processes in the conditions of the North-Eastern Donbass]: monograph. Kh., V. N. Karazin Kharkiv National University, 176. [in Russian].*
18. Udalov, I. V., Kononenko, A. V. (2016). *Osobennosti processov migracii estestvennykh radionuklidov v podzemnykh vodakh pri likvidacii ugol'nykh shakht Severo-Vostochnogo Donbassa [Features of the migration processes of natural radionuclides in groundwater during the liquidation of coal mines in the North-Eastern Donbass]. Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series «Geology. Geography», 24, 2, 121–129. DOI: <https://doi.org/10.15421/111640> [in Russian].*
19. Udalov, I. V., Kononenko, A. V., Lurie, A. I. (2018). *Osobennosti radiacionnogo riska na territorii Severo-Vostochnogo Donbassa [Features of radiation risk in the North-Eastern Donbass]. Atomic Science and Technology Issues, 5 (117), 149–153. [in Russian].*
20. Udalov, I. V., Kononenko, A. V. (2016). *Vplyv tekhnohennykh faktoriv na ekoloho-hidroheolohichni kharakterystyky kreidovykh vodozaboriv pivnichno-skhidnoho Donbasu [Influence of technogenic factors on ecological and hydrogeological characteristics of Cretaceous water intakes of north-eastern Donbass]. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology. Geography. Ecology”, 45, 177–183. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-45-24>. [in Ukrainian].*

21. Kononenko, A. V. (2019). *Chynnyky ekoloho-hidroheolohichnoi evoliutsii khimichnogo skladu pidzemnykh vod merhelno-kreidianocho vodonosnoho horyzontu Dniprovsko-Donetskoi zapadyny* [Factors of ecological and hydrogeological evolution of the groundwater chemical containing of the marl-Cretaceous aquifer of the Dnieper-Donetsk depression]: PhD thesis 21.06.01, Kiev, 188. [in Ukrainian].
22. Davidenko, V. A., Nozhenko, O. O. (2011). *Ekolohichni problemy Luhanskoï oblasti* [Environmental problems of Luhansk region]. *Environmental security and balanced resource use*, 1, 29–36. [in Ukrainian].
23. Bondar, O. I., Ulitsky, O. A., Yermakov, V. M. (2018). *Zvit pro rezultaty vyvchennia ekolohichnoi sytuatsii na terytorii Donetskoi ta Luhanskoï oblasti* [Report on the results of studying the ecological situation in the Donetsk and Luhansk regions]. Ministry of the Temporarily Occupied Territories and Internally Displaced Persons of Ukraine Kiev, 70. [in Ukrainian].
24. Morokina, D., Nazarenko, O. S. (2018). *Doslidzhennia stanu tekhnohennykh landshaftiv mista Rubizhne* [Research of the state of technogenic landscapes of the city of Rubizhne]. *Actual problems of a scientific and industrial complex of regions, Rubizhne: ed. O. Zen* 121–123. [in Ukrainian].
25. Vistavna, Yu. Yu., Yakovlev, V. V., Dyadin, D. V., Vergeles, Yu. I., Chistikova, A. V., Zhidkikh I. O. (2014). *Doslidzhennia nitratnoho zabrudnennia hidrosfery u transhranychnomu raioni baseinu Siverskoho Dontsia* [Investigation of nitrate pollution of the hydrosphere in the transboundary area of the Seversky Donets basin]. *Eastern European Journal of Advanced Technology*, 6(10), 20–27. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2014_6\(10\)_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2014_6(10)_5). DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.31558> [in Ukrainian].
26. Shuai Yang, Wei-ya Shuai Yang, Wei-ya Ge, Hong-han Chen, Wen-li Xu (2019). *Investigation of soil and groundwater environment in urban area during post-industrial era: A case study of brownfield in Zhenjiang, Jiangsu Province, China*. *China Geology*, 2, 501–511. DOI: <https://doi.org/10.31035/cg2018128>.
27. Van Wezel, A. F. van den Hurk, Sjerps R.M.A., Meijers E.M., Roex E.W.M., T.L. ter Laak (2018). *Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface waters and drinking water sources*. *Sci. Total Environ.*, 640–641, 1489–1499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.325>.
28. Ojekunle, O. Z., Mujeeb B. A., Adeyemi A. A., Kayode A. A., Abdulraheem O. A., Adewale M. T., Saheed A. G. (2020). *Effects of industrialization on groundwater quality in Shagamu and Ota industrial areas of Ogun state, Nigeria*. *Helicon*, 6, e04353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.helicon.2020.e04353>.
29. Khan, M., Shakeel M., Ahsan N. et al. (2021). *Groundwater contamination and health risk posed by industrial effluent in NCR region*. *Materials Today: Proceedings*, available online 2 March 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.192>.
30. *Zvit pro stan navkolishnoho pryrodnoho seredovyshcha Luhanskoï oblasti u 2005 rotsi*. (2006) [Report on the natural environment state of Luhansk region in 2005]. State Department of Ecology and Natural Resources in Luhansk Oblast, Lugansk, 328. Available at: <https://www.eco-lugansk.gov.ua/2013-12-12-00-50-06-3/dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha>. [in Ukrainian].
31. *Rehionalna dopovid pro stan navkolishnoho pryrodnoho seredovyshcha v Luhanskii oblasti u 2019 rotsi*. (2020) [Regional report on the natural environment state in Luhansk region in 2019]. Luhansk Regional State Administration, Sievierodonetsk, 256. Available at: <https://www.eco-lugansk.gov.ua/2013-12-12-00-50-06-3/dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha>. [in Ukrainian].

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Received 8 September 2021

Accepted 20 October 2021