

УДК 502.171:622.333+550.42(477.83)

УКПП

№ держреєстрації 0122U201451

Інв. №

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
(ЛДУ БЖД)

79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35;

тел. (032) 233-24-79; факс 233-00-88;

e-mail: kyryliv@ldubgd.edu.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. ректора Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності
доктор технічних наук, професор

_____ Роман РАТУШНИЙ
« ___ » _____ 2023 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**“ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПОШИРЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У
ВІДХОДАХ ВУГЛЕВИДОБУТКУ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО
ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО
КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ”
(остаточний)**

Керівник НДР начальник
навчально-наукового інституту
психології та соціального захисту,
д-р техн. наук, професор

Василь КАРАБИН

2023

Рукопис закінчено 02 листопада 2023 р.

Результати роботи розглянуто Вченою радою Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, протокол від 22 листопада 2023 р. № 3

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР:

Начальник навчально-
наукового інституту
психології та
соціального захисту,
д-р техн. наук, проф.

Василь КАРАБИН

(реферат, розд. 2-4, висновки,
загальна редакція звіту)

Виконавець:

Викладач кафедри
екологічної безпеки

Ірина КОЧМАР

(реферат, розд. 1-4, висновки,
польові та лабораторні
дослідження)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 78 с., 16 табл., 16 рис., 89 джерел.

“ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПОШИРЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВІДХОДАХ ВУГЛЕВИДОБУТКУ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ’ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ”

Об’єкт досліджень – породні відвали вуглевидобутку та вуглезбагачення в межах Червоноградського гірничопромислового району.

Мета роботи – оцінка чинників екологічної небезпеки спричинених поширенням важких металів у відходах вуглевидобутку в межах Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну.

Методи дослідження – теоретичні дослідження, польові роботи та експериментальні дослідження. Теоретичні дослідження включають огляд літературних джерел, аналіз проблеми та теоретичне обґрунтування шляхів її вирішення. На етапі польових робіт були здійснені еколого-геологічні маршрути з відбором проб відвальних порід. Експериментальні дослідження включали проведення експериментів як в лабораторії навчального закладу, лабораторії Львівської міської санітарно-епідеміологічної станції, так і в польових умовах, з використанням технічних засобів та застосуванням відомих методик. Проведено комплексні лабораторні дослідження та здійснено оцінку чинників екологічної небезпеки спричинених поширенням важких металів.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних познач	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	9
1.1. Основні аспекти впливу вуглевидобутку на навколишнє середовище...	9
1.2. Особливості екологічної безпеки гірничих робіт	11
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	13
2.1. Загальна характеристика Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну	13
2.2. Характеристика Червоноградського гірничопромислового району	15
2.2.1. Шахта «Візейська»	17
2.2.2. Центральна збагачувальна фабрика «Червоноградська»	18
2.3. Методи досліджень	21
2.3.1. Методи відбору проб	21
2.3.2. Дослідження вмісту металів методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії	21
РОЗДІЛ 3. МІНЛИВІСТЬ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ТА ПОРОДАХ	23
3.1. Мінливість вмісту хрому	23
3.2. Мінливість вмісту мангану	23
3.3. Мінливість вмісту заліза	26
3.4. Мінливість вмісту кобальту	27
3.5. Мінливість вмісту нікелю	27
3.6. Мінливість вмісту купрум	28
3.7. Мінливість вмісту цинку	30
3.8. Мінливість вмісту кадмію	30
3.9. Мінливість вмісту свинцю	31

РОЗДІЛ 4. ПОШИРЕННЯ ВАЛОВИХ ТА БІОДОСТУПНИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВІДХОДАХ ВУГЛЕВИДОБУТКУ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГПР	34
4.1. Поширення важких металів у відходах вуглевидобутку шахти Візейська	34
4.1.1. Мінливість вмісту міді у породах терикона	34
4.1.2. Мінливість вмісту мангану у породах терикона	39
4.1.3. Мінливість вмісту свинцю у породах терикона	44
4.2. Поширення важких металів у відходах вуглевидобутку ЦЗФ «Червоноградська»	50
4.2.1. Дослідження вмісту важких металів літофільної групи (Cr, Mn)	50
4.2.2. Дослідження вмісту важких металів сидерофільної групи (Co, Ni та Fe)	54
4.2.3. Форм знаходження халькофільних важких металів (Pb, Cd, Zn та Cu)	60
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК

ААБР – ацетатно-амонійний буферний розчин

ВМ – важкі метали

ВФ – валова форма

ГДК – гранично допустима концентрація

ЛВБ – Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн

НВГПР – Нововолинський гірничопромисловий район

ЦФЗ – центральна збагачувальна фабрика

ЧГПР – Червоноградський гірничопромисловий район

ВСТУП

Активна людська діяльність пов'язана з задоволенням енергетичних потреб та споживанням енергії, котра застосовується у промислових та технологічних галузях країни, а також глибоко впливає на соціально-економічну і політичну ситуацію. Добування корисних копалин для забезпечення енергетичних потреб передбачає значний вплив на навколишнє середовище та зміну природних систем у природно-техногенні екологічні системи (техноекосистеми). Виробнича діяльність в межах гірничовидобувних підприємств несе в собі ті чи інші небезпеки та загрози, які можуть мати негативні наслідки для усієї системи, її структурних складових та природне навколишнє середовище в цілому.

Висока концентрація промислового і сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури, у поєднанні з значною щільністю населення, створили надзвичайно високе техногенне і антропогенне навантаження в межах Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР) Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ), зумовлену розробкою вугільних родовищ та складуванням пустої відвальної породи. Під час розробки вугільних родовищ вагому роль відіграє забезпечення експлуатаційної та екологічної безпеки в зоні гірничодобувних робіт.

У сучасних умовах розвитку техногенезу раціональне використання природних ресурсів і охорона природного середовища є важливою соціально-економічною й науковою проблемою, а еколого-ресурсна безпека країни, що включає в себе сукупність усіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу та заходів для його збереження відіграє важливу роль.

Аналіз вітчизняних першоджерел засвідчив, що основна увага при вивченні чинників екологічної безпеки відходів вуглевидобутку та вуглезбагачення, пов'язаних з поширенням важких металів (ВМ) приділялася дослідженням концентрації валових форм ВМ у суміші порід, а не окремих їх видів. Саме це зумовлює актуальність проведення досліджень пов'язаних з вивченням біодоступності ВМ у різних породах, які складуються у терикони.

Наявність збільшених концентрацій важких металів у ґрунтах, породах та відходах вуглевидобутку можуть спричиняти порушення екологічної рівноваги на окремих ділянках геологічного середовища. Велике значення в даному випадку відіграють рухомі форми важких металів, які можуть вимиватися з відходів вуглевидобутку та потрапляти у ґрунт, наземні та підземні водні ресурси, а також поглинатися рослинами.

Гірничо-видобувна промисловість характеризується нагромадженням значних обсягів пустої відвальної породи, яка складається в терикони. На території ЛВБ, який охоплює площу близько 10 000 км², за період його промислової розробки накопичилась значна кількість відвальної породи, що чинить антропогенний тиск на навколишнє середовище.

Робота виконана на підставі напрямку 8 з індексом проблеми 8.2 Концепції наукової діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності на 2020-2025 роки.

ВИСНОВКИ

1. Гірничодобувна промисловість супроводжується значним впливом на стан навколишнього середовища. Вивітрювання, водна ерозія та вилугування – це основні процеси, які зумовлюють потрапляння забруднюючих речовин з териконів в межах гірничо-видобувних комплексів у ґрунтове середовище, що створює ризик забруднення підземних та поверхневих вод.

2. Встановлено чинники екологічної небезпеки довкілля спричинених розподілом різних форм хрому, мангану, заліза, кобальту, нікелю, міді, цинку, кадмію та свинцю у породах відвалів, на основі аналізу міграційних властивостей цих елементів для окремих видів порід з відходів вуглевидобутку та вуглезбагачення.

3. Наявність підвищених концентрацій важких металів у ґрунтах, породах та відходах вуглевидобутку можуть спричинити порушення екологічної рівноваги на окремих ділянках геологічного середовища. Зокрема, у породах ЦЗФ «Червоноградська» валовий вміст свинцю перевищує кларк до 29,2 раза у алевроліті, вміст цинку перевищує кларк у 5,26 раза у пісковіку та алевроліті, вміст купруму перевищує кларк в 2 раза у алевроліті. Концентрація рухомих форм Cr у 1,33 – 2,5 рази та Mn у 1,4 – 4,87 рази у зразках порід перевищує допустимі норми у ацетатно-амонійній витяжці.

4. Результати досліджень дають підставу оцінити породи терикону ЦЗФ «Червоноградська» у частині поширення різних форм Ni, Cr, Mn Pb, Cd, Zn та Cu як небезпечні для довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна небезпека горіння вугільних териконів та перспективні методи використання відходів вуглевидобутку. *Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами: колективна монографія* / за заг. ред. В. Попович, О. Теляк, О. Меньшикова. Szkoła Główna Służby Pożarniczej (Головна Школа Пожежної Служби 01-629 Варшава). Варшава, 2021. С. 183–197.

2. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічні проблеми розробки родовищ кам'яного вугілля та складування пустої відвальної породи. *Геотехнічні проблеми розробки родовищ: матеріали ХІХ міжнародної конференції молодих вчених* (28 жовтня 2021 року, м. Дніпро). Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2021. С. 189–191.

3. Виговська Д. Д., Виговський Д. Д., Пікульова Т. П., Ібраєва Ю. Р. Аналіз забруднення навколишнього середовища від дії гірничодобувних підприємств на Донецько-Макіївський регіон. *Вісті Донець. гірн. ін-ту*. 2011. № 1. С. 50–58.

4. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна безпека територій у зоні впливу палаючих відвалів вугільних шахт. *Екологічна безпека держави: тези доповідей Другого всеукраїнського круглого столу*, м. Київ, 15 грудня 2021 року. К.: ІТТА, 2021. С. 81–84.

5. Khorolskyi A., Hrinov V., Mamaikin O., Fomychova, L. Research into optimization model for balancing the technological flows at mining enterprises. *E3S Web Of Conferences*. 2020. 201. 01030

6. Карабин В. В. Чинники просідання та підтоплення територій вуглевидобутку Червоноградського гірничо-промислового району. *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 3. С. 32–36.

7. Starodub G., Karabyn V., Ursulyak P., Pyroszok S. Assessment of anthropogenic changes natural hydrochemical pool Western Bug River. *Studia regionalne i lokalne Polski Południowo-Wschodniej*. Tom XI. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej. Dzierdziowka – Krakow. 2013. S. 79–90.

8. Коваленко А. А., Павличенко А. В. Аналіз еколого-соціальних наслідків розміщення відходів вуглевидобутку. *Розробка родовищ*: Зб. наук. пр. 2013. Т. 7. С. 405–408.
9. Смирный М. Ф., Зубова Л. Г., Зубов О. Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса : монография. Луганск: Изд. ВНУ им. Даля, 2006. 232 с.
10. Starodub Y., Karabyn V., Havrys A., Shainoga I., Samberg A. Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. Proc. SPIE 10783. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX*. 2018. 107830P. <https://doi.org/10.1117/12.2501928>
11. Терриконы: монография / Л. Г. Зубова та ін. Изд-во «Ноулидж», 2015. 712 с.
12. Огаренко Ю. Проблеми вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля. Доповідь. Національний екологічний центр України: веб-сайт. URL: <https://www.necu.org.ua/wp-content/uploads/problemy-ugleproma.pdf>
13. Попович В. В., Піндер В. Ф. Горіння терриконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки. *Збірник наукових праць. Пожежна безпека*. 2016. №29. С. 116–124.
14. Карабын В. В. Анализ распространения газообразных продуктов горения пород отвалов обогатительной фабрики Львовско-Волынского угольного бассейна. *Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан*. 2019. № 1 (33). С. 48–56.
15. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна безпека атмосферного повітря Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. «Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: збірник матеріалів І Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава: НУПП, 2022. С. 317.

16. Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, Ellina V. Sokol. Coal and peat fires: a global perspective. Volume 1: Coal - Geology and Combustion. Elsevier Science, 2010. 380 p.
17. Гірничий закон України. Верховна рада України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14#Text> (дата звернення: 01.10.2023)
18. Лівенцева Г. А. Особливості геологічної будови та перспективи подальшого освоєння Львівсько-Волинського басейну. *Геологічний журнал*. 2015. № 1 (350). С 35–44.
19. Шевчук Н. А., Шайдецька Л. В., Тарасюк О. С. Аспекти впливу гірничодобувних робіт на природне середовище. *Матеріали конференції “Перспективи розвитку строительных технологий”*. 2013 С. 93–96 URL: <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/1242/ShevchShaydTaras2013.pdf?sequence=1>.
20. Павлюк М. І., Побережський А.В., Бучинська І. В. Перспективи розвитку вуглевидобувного комплексу Львівсько-Волинського басейну (Любельське родовище). *«Геологія горючих копалин: досягнення і перспективи»*: матеріали Міжнародної наукової конференції (Київ, 2–4 вересня 2015 р.). Київ, 2015. С. 61–65.
21. Бучинська І. В., Матрофайло М. М. Перспективи нарощування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. *Гірнича геологія та геоecологія*. 2020. №1. С. 5–23.
22. Костик І., Матрофайло М., Король М, Шульга В. Перспективи промислової вугленості глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. Стаття 3. Петрографічний склад, якісна характеристика, запаси вугілля і ресурси метану серпуховського вугільного пласта вб. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2015. № 1-2. С. 40–63. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/giggk_2015_1-2_7
23. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій: Монографія. Львів: Видавничий. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 334 с.

24. Кочмар І. М., Карабин В. В. Особливості розподілу валових та рухомих форм цинку у відвальних породах ЦЗФ «Червоноградська». *Екологічні проблеми сучасності [Електронний ресурс]*: зб. матер. І Міжнар. наук.-практ. конф. (Луцьк, 10 травня 2023 р.) / Держ. вищ. навч. заклад «Донецький національний технічний університет». Луцьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2023. С. 25–28.
25. Баранов В. І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ "Львівсистеменерго" як об'єкта для озеленення. *Вісник Львів. ун-ту. Серія: біологічна*. 2008. Вип. 46. С. 172–178.
26. Бабаджанова О. Ф., Сукач Ю.Г., Сукач Р.Ю. Вплив діяльності шахт на гідрологічний режим територій Львівської області. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства*: матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУ БЖД, 2012. С. 84–86.
27. Міщенко О., Папаєвич Н. Антропогенна деструкція ландшафтів Сокальського району Львівської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. Тернопіль: Тайп, 2016. Вип. 1 (40). С. 200–207.
28. Брик Д., Гвоздевич О., Кульчицька-Жигайло Л., Подольський М. Техногенні вуглевмісні об'єкти Червоноградського гірничопромислового району та деякі технічні рішення їх використання. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 4 (181). С. 45–65.
29. Книш І. Б. Геохімія мікроелементів у породах терикона шахти Візейська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львівського університету. Сер.: геологічна*. 2008. Вип. 22. С. 58–71.
30. Карабин В. В., Кочмар І. М. Форми знаходження міді у зоні техногенезу об'єктів вуглевидобутку (на прикладі шахти Візейська Червоноградського гірничо-промислового району). *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2017. Вип. 27. С. 30–49. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpigns_2017_27_5.
31. Центральна збагачувана фабрика «Червоноградська». Mistaua.com: веб-сайт. URL:

<https://mistaua.com/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0/?setcity=1096#l=4,2&c=50.30449959109319,24.207172393798828,50.32395695634439,24.2450237274169>

92

32. Баранов В. І., Книш І. Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ "Львівсистеменерго" та їх вплив на проростання насіння. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку* : матер. V міжнар. наук. конф. Донецьк, 2007. С. 36–37.

33. Бобрик Н. Ю. Поширення та акумуляція важких металів у ґрунтах призалізничних територій. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2015. № 23(2), С. 183–189. doi:10.15421/011526

34. Del Castilho P., Rix I. Ammonium Acetate Extraction for Soil Heavy Metal Speciation; Model Aided Soil Test Interpretation. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1993. 51:1-4. P. 59–64. DOI: 10.1080/03067319308027611

35. Билина Л. В., Першко І. О. Вміст рухомих форм міді у ґрунтах Бердичівського району. *Біологічні дослідження. Збірник наукових праць*. Житомир: ПП «Рута». 2016. С. 335–336.

36. Войціховська А. С., Карабин В. В., Погребенник В. Д. Експериментальні дослідження рухомих та кислоторозчинних форм важких металів у ґрунтах у зоні впливу Львівського полігону твердих побутових відходів. *Вісник ЧДТУ*. 2013. № 1. С. 96–99.

37. Войціховська А. С. Карабин В. В., Погребенник В. Д. Поширення різних за рухомістю форм цинку у ґрунтах у зоні техногенезу сміттєзвалищ. *Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна*. 2013. № 2 (19). С. 3–9.

38. Loza I., Kul'bachko Yu., Didur O., Kryuchkova A. Environmental Role of Earthworm (*Lumbricidae*) in Formation of Soil Buffering Capacity Against Copper Contamination in Remediated Soil, Steppe Zone of Ukraine. *Chapter 14*. 2016. P. 277–287. <http://dx.doi.org/10.5772/64722>

39. Larramendy, M. L., Soloneski, S. (Eds.). Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions. InTech, 2016. 354 p. doi:10.5772/62589

40. Самохвалова В., Фатєєв А., Лучникова Є. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 55. С. 125–133.
41. Holland H. D., Turekian K. K. *Geochemistry of Earth Surface Systems: From the Treatise on Geochemistry*. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2011. 689 р. URL: [https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/tdg/BUKU%20REE/Geochemistry%20of%20Earth%20Surface%20Systems_%20A%20derivative%20of%20the%20Treatise%20on%20Geochemistry%20%20%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/tdg/BUKU%20REE/Geochemistry%20of%20Earth%20Surface%20Systems_%20A%20derivative%20of%20the%20Treatise%20on%20Geochemistry%20%20%20(%20PDFDrive%20).pdf)
42. Кочмар І. М., Карабин В. В. Форми знаходження Cr та Mn у породах терикона центральної збагачувальної фабрики "Червоноградська" Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Т. 32, № 4. С. 44–48.
43. Книш І. Б., Карабин В. В. Геохімія мікроелементів у породах терикону копальні Межирічанська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2010. № 3–4 (152–153). С. 85–101.
44. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Trace elements in soils and plants* (3th ed.). CRC Press LLC. 2001. Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН України: веб-сайт. URL: <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>
45. Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків: Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2003. 72 с.
46. Гамкало З. Г. Рухомі форми Fe, Mn, Ni, Cu у сірому лісовому ґрунті пасовищної екосистеми залежно від удобрення. *Україна та глобальні процеси: географ. вимір: зб. наук. праць*. в 4-х т. К., 2001. Т.44. С. 16–20.
47. Кочмар И. Н., Карабын В. В. Экологические аспекты геохимии марганца в зоне техногенеза отвалов угольных шахт. *Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология*. 2017. № 4. С. 81–91.

48. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2012. URL: https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
49. Laing W., Greer D., Sun O., Beets P., Lowe A., Payn, T. Physiological impacts of Mg deficiency in *Pinus radiata*: growth and photosynthesis. *New Phytol.* 2000. 146. P. 47–57.
50. Попович В. В. Снижение техногенного пресинга полиэлементных аномалий девастированных ландшафтов путем фитомелиоративного восстановления. *Біологічний вісник МДПУ*. 2016. №1. С. 94–114.
51. Наказ МОЗ № 1595 від 14.07.2020 Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. Верховна Рада України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>
52. Патика В. П., Тараріко О. Г. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. К.: Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.
53. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. С. М. Рижучка, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. К.: «Рибка моя», 2003. 61 с.
54. Taylor S. R. Trace element abundances and the chondritic Earth model. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1964. Vol.28. Issue 12. P.1989–1998.
55. Kochmar I., Karabyn V. Investigation of deportment of chalcophilic heavy metals in the waste rock of Central coal enrichment plant "Chervonohradaska" for the purposes of environmental safety of Lviv-Volyn coal basin. *Environmental Problems*. 2022. Vol. 7, No. 4. P. 169–176. <https://doi.org/10.23939/ep2022.04.169>
56. Cecil C. B., Stanton R. W., Allshouse S. D., Finkelman R. B. Geologic controls on mineral matter in the Upper Freeport coal bed // Symposium on coal cleaning to Achieve Energy and Environmental Goals. Proc. V.1 / Eds. S.E. Rogers, A.W. Lemmon, Jr. Washington, D.C.: EPA, 1979. P. 110-125.
57. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наукова думка, 2002. 213 с.

58. Карабин В. В., Войціховська А. С., Погребенник В. Д. Форми знаходження міді у ґрунтах в зоні техногенезу сміттєзвалищ. *Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна*. № 16 (206). 2012. С. 193–198.
59. McLennan S. M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry. Geophysics. Geosystem*. 2001. 2000GC000109. <https://doi.org/10.1029/2000GC000109>
60. Knysh I., Karabyn V. Heavy metals distribution in the waste pile rocks of Chervonogradska mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine). *Pollution Research Journal Papers*. 2014. Vol. 33, Issue 04. P. 663–670.
61. Kochmar I., Karabyn V., Karabyn O. Lead speciation in the technogenesis zone of coal mining sites (case of Vizeyska mine of Chervonohrad mining area, Lviv region, Ukraine). *Petroleum and Coal*. 2022. Vol. 64, Issue 2. P. 445–454.
62. Книш І. Б., Харкевич В. В. Розподіл вмісту хемічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничо-промислового району. *Вісник Львівського університету. Сер.: геологічна*. 2003. Вип. 17. С. 148–158.
63. Терещук О. Вплив відвалів гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського університету. Сер.: Географічна*. 2007. Вип. 34. С. 279–285.
64. Буцацька Г., Дворянська Н., Дворянський А., Дяків В. Мінеральний склад відходів видобутку і збагачення вугілля, їхні екзогенні зміни та вплив на природні води за результатами гідроекологічного моделювання (Червоноградський гірничопромисловий район). *Мінералогічний збірник*. 2014. № 64. Вип. 2. С. 176–194.
65. Коваленко А. А. Дослідження міграційної активності важких металів на територіях розміщення породних відвалів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2013. № 40. С. 167–173.
66. Спосіб визначення класу небезпеки твердих відходів гірничодобувної промисловості: пат. 55027 Україна МПК G01N 33/24 G01N 33/18. № u200909965; заявл. 30.09.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23. 3 с.

67. Bzowski Z., Dawidowski A. Monitoring właściwości fizykochemicznego odpadów wydobywczych pochodzących z kopalni węgla kamiennego LW „Bogdanka”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska*. 2013. Nr 30. S. 87–96.

68. Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., Staszczak J. Analiza jakości odpadów z nieczynnej hałdy górnictwa węgla kamiennego w odniesieniu do wymagań stawianych odpadom wydobywczym obojętnym. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*. 2016. Nr 95. S. 227–241.

69. Богач К. С. Визначення засад еколого-економічної політики поводження з відвалами гірської породи вугільних шахт. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. Сер.: Економіка і менеджмент*. 2013. № 2. С. 101–110.

70. Попович В. В. Фітомеліорація затухаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну: автореф. дис... канд. с-г. наук: 06.03.01. ДВНЗ НЛУУ. Л., 2011. 24 с.

71. Бешлей С. В. Екологічні властивості *Calamagrostis epigeios (L.) Roth* та його середовищотворна роль на відвалах вугільних шахт (Червоноградський гірничопромисловий район): дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / НАН України, Ін-т екології Карпат. Львів, 2016. 148 с.

72. Зубов О. Р., Зубова Л. Г., Воробйов С. Г. Захист ландшафтів Донбасу від потрапляння забруднювальних речовин з відвалів вугільних шахт. *Уголь Украины*. 2011. № 3. С. 40–46.

73. Павличенко А. В., Коваленко А. А. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт. *Геотехнічна механіка*. 2013. Вип. 110. С. 116–123.

74. Нагірняк Т. Б. Дослідження тенденцій змін екологічного стану довкілля Сокальського району. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2015. Т. 17, № 1(2). С. 278–82.

75. Затхей О. Р., Музиченко О. С. Оцінка якості ґрунтових вод на території Червоноградського гірничопромислового району *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів і студентів «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень»* (12–13 травня 2020 року). Луцьк: Вежа-Друк, 2020. С. 532–534.
76. Fomychov V., Fomychova L., Khorolskyi A., Mamaikin O., Pocherov V. Determining optimal border parameters to design a reused mine working. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2020. Vol. 15, № 24. P. 3039-3049.
77. Khorolskyi A., Hrinov V., Mamaikin O., Demchenko Y. Models and methods to make decisions while mining production scheduling. *Mining of Mineral Deposits*. 2019. 13(4). P. 53–62.
78. Лелик Б. И. Геологические особенности распространения редких и рассеянных элементов в угленосных отложениях Львовско-Волинского бассейна: автореф. дисс. ... канд. геол.- мин. наук. Львов, 1990. 21 с.
79. Бешлей С. В., Баранов В. І., Ващук С. П. Оцінка токсичності субстратів відвалів вугільних шахт методом біотестування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. №12. С. 98–102.
80. Кочмар І. М., Карабин В. В. Поширення окремих важких металів у породах терикона центральної збагачувальної фабрики «Червоноградська» Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2022. Вип. 25. С. 5–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.25.2022.01>
81. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2020. 2 (440). P. 48–54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>
82. Карабин В.В. Закономірності зміни макрокомпонентного хімічного складу вод ріки Білий Черемош // Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2015. №1. С. 114–121.

83. Карабин В. В. Теоретично-методичні аспекти регіональної оцінки стану геологічного середовища в районах розвідки та видобутку вуглеводнів // Мінеральні ресурси України. 2000. № 2. С. 11–13.
84. Карабин В.В., Колодій В.В., Яронтовський О.Г., Козак Ю., Карабин О.О. Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти // Праці наукового товариства імені Шевченка. Том XIX. Геологічний збірник. 2007. С. 182–190.
85. Рак Ю. М., Карабин В. В., Мірненко В. І. Районування гірської річки для цілей цивільного захисту та екологічної безпеки (на прикладі р. Тисмениця). Наука і оборона. 2020. №2. С. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.33099/2618-1614-2020-11-2-55-60>.
86. Карабин В.В. Закономірності зміни макрокомпонентного хімічного складу вод ріки Білий Черемош // Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2015. №1. С. 114–121.
87. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Kovalchuk, V., Rogulia, A. & Yemelyanenko, S. Geophysical research in the pre-Carpathian hydrosphere situation for the environmental civil protection purposes. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2022. 44 (4). 171–182. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264847>
88. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24 (1). С. 46–54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>
89. Karabyn V. Ways to reduce the risk of occurrence of environmental origin emergency situations in areas of anthropogenic impact at coal mines. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. 18 С. 125–131.