



УДК 911.9:502/504:614.76

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.8>

НАКОПИЧЕННЯ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОМУ БАСЕЙНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОВОДЖЕННЯ

Є. А. Іванов¹, І. П. Ковальчук²

Видобування і збагачення кам'яного вугілля у Львівсько-Волинському басейні призвело до накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів, що є цінною вторинною сировиною. Трансформаційні зміни у вугільній галузі, різні умови формування териконів, відвалів і хвостосховищ у басейні, а також поява новітніх технологій використання вторинної сировини зумовили потребу повторного обліку обсягів гірничопромислових відходів, окреслення проблем і пошуку перспектив їх застосування у різних сферах господарювання. На основі аналізу топографічної інформації і космознімків з програми Google Earth Pro перераховано площі, що зайняті під териконами, відвалами і хвостосховищами, а також значення максимального перевищення об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні. Виявлено скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами (з 608,85 до 516,8 га), що зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих шахтах і спорощення складів вугілля. Максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу і хвостосховищ ПАТ "Львівська вугільна компанія". Максимальне перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізняється та впливає на розрахунок обсягів відходів. Попри ліквідацію більшості нерентабельних вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів (з 96,22 до 122,05 млн м³), що зумовлено природом об'єктів вуглезбагачення через низьку якість видобутого вугілля. Вивчено спектр геоecологічних проблем, що пов'язані із експлуатацією гірничопромислових об'єктів у басейні, зокрема горіння породи, розвиток небезпечних природно-антропогенних процесів і забруднення складових доквілля. Розглянуто подальші перспективи ефективного комплексного використання гірничопромислових відходів у басейні.

Ключові слова: кам'яне вугілля, гірничопромислові відходи, терикон, відвал, хвостосховище, геоecологічна ситуація, використання відходів.

¹ доктор географічних наук, професор,
завідувач кафедри конструктивної географії і картографії,
(Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів)
e-mail: yevhen.ivanov@lnu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-6847-872X

² доктор географічних наук, професор,
завідувач кафедри геодезії та картографії,
(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)
e-mail: kovalchukip@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2164-1259

ACCUMULATION OF MINING WASTES IN THE LVIV-VOLYN COAL BASIN: CURRENT CONDITIONS, PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF MANAGEMENT

Ye. A. Ivanov, I. P. Kovalchuk

Extraction and beneficiation of coal in the Lviv-Volyn basin has led to the accumulation of significant volumes of mining waste, which is a valuable secondary raw material. Transformational changes in the coal industry, different conditions for the formation of terrycon, dumps, and tailings storage in the basin, as well as the emergence of the latest technologies for the use of secondary raw materials, led to the need to re-account the volume of mining waste, outline problems and find prospects for their application in various areas of management. Based on the analysis of topographical information and space photographs from the Google Earth Pro program, the areas occupied by terrycon, dumps and tailings storage facilities, as well as the value of the maximum elevation of the objects above the level of the surrounding earth's surface, are listed. A decrease in the area occupied by dumps and tailings storages (from 608.85 to 516.8 ha) was revealed, which is due to the disassembly of burnt rocks for various economic needs. Reclamation works at liquidated mines and the emptying of coal warehouses lead to a reduction in the area of waste dumps. The maximum areas are typical for the gravity dump and tailings storage facilities of PJSC "Lviv Coal Company". The maximum elevation of mining facilities above the level of the surrounding earth's surface can be significantly different and affect the calculation of waste volumes. Despite the liquidation of most of the unprofitable coal mines of the basin, we continue to observe a significant increase in the volume of accumulated waste (from 96.22 to 122.05 million m³), which is caused by an increase in the volume of coal beneficiation due to the low quality of mined coal. The range of geoecological problems associated with the exploitation of mining facilities in the basin, in particular the burning of rock, the development of dangerous natural-anthropogenic processes and the pollution of environmental components, has been studied. Further prospects of effective integrated use of mining waste in the basin are considered.

Key words: coal, mining waste, terrycon, dump, tailings storage, geoecological situation, use of waste.

Вступ

Видобування і збагачення кам'яного вугілля призводить до активізації різних небезпечних екзогенних процесів, що трансформують ландшафти у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, незворотних змін у навколишньому природному середовищі, накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів. За останні 20–25 років геоecологічна ситуація у басейні суттєво змінилася. У першу чергу, це пов'язано із зменшенням обсягів видобування кам'яного вугілля та закриттям нерентабельних шахтних підприємств. У межах Нововолинського гірничопромислового району (ГПР) вже ліквідовано сім з десяти шахт: № 2–8 "Нововолинські" (НВ), а нова шахта № 10 НВ – залишається недобудованою. Водночас, у межах Червоноградського ГПР закрито лише п'ять вугільних шахт: № 1 "Червоноградська", № 5 "Великомостівська" (ВМ), "Бендюзька", "Візейська" і "Зарічна", а шахти "Великомостівська" і "Надія" будуть ліквідовані вже у найближчі п'ять років. Безперечно, із ліквідацією нерентабельних і будівництвом нових шахт пов'язані істотні, часом незворотні трансформаційні зміни у процесі накопичення гірничопромислових відходів, а також у пошуку перспектив поводження з ними (Іванов, 2020).

Поряд як із діючими, так і ліквідованими вугільними шахтами Львівсько-Волинського басейну розміщені терикони або складні системи відвалів, які головно складені з двох породних відвалів. Здебільшого старі відвали мають конічні, зрідка конічні урізані, а нові – плоскі форми (рис. 1).

Це зумовлено різною технологією транспортування відходів на різних етапах експлуатації шахт: на початковій – конвеєрами, а пізніше – головним чином автотранспортом, рідше канатними дорогами і конвеєрами. Відмову від використання конічних відвалів зумовлено складністю транспортування конвеєрами на віддалені від шахти ділянки та вищою інтенсивністю їхнього горіння. В межах Червоноградського ГПР існують вугільні підприємства з одним, двома або трьома відвалами. Досить часто відвали з'єднані між собою, однак на недіючих шахтах № 3 НВ і № 5 ВМ вони роз'єднані і віддалені на 50–100 м. Нові відвали відрізняються від старих й за складом літологічних відкладів, у нових – переважають вуглисті сланці, що пов'язано зі зниженням якості вугілля та низькою інтенсивністю їхнього горіння.

Загалом, трансформаційні зміни у вугільній галузі, різні умови формування териконів, відвалів і хвостосховищ у басейні,



Рис. 1. Розміщення гірничопромислових відходів на території шахти “Відродження” ДП “Львіввугілля” (космоснімок від 6 вересня 2014 р.; відповідно до масштабу 1 : 3 000)
 Умовні позначення: 1 – конічний відвал терикону; 2 – плоский відвал терикону; 3 – склад вугілля; 4 – проммайданчик шахти

а також поява новітніх технологій використання вторинної сировини зумовили потребу повторного обліку обсягів гірничопромислових відходів, окреслення проблем й пошуку перспектив їх застосування у різних сферах господарювання.

Матеріал і методи

Після завершення розроблення вугільних покладів у Львівсько-Волинському басейні формуються нові постмайнінгові геосистеми (Іванов, 2017; Побережний та ін., 2019; Рудько і Яковлев, 2020 та ін.). Саме тому, для регіону постають питання стратегічної екологічної оцінки (Хандогіна та ін., 2023) та вирішення проблем управління і раціонального використання гірничопромислових відходів (Іванов і Сивий, 2022; Syvuj et al., 2023).

Інформацію про наявність гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки у Львівсько-Волинському басейні опубліковано у монографіях (Іванов, 2007; Іванов та ін., 2009; Рудько та ін., 2019; Ivanov, 2023) і статтях (Ковальчук та ін., 2010; Іванов, 2020). Однак ця інформація вже застаріла та потребує оновлення на основі повторного дешифрування картографічної інформації.

У роботі використано доступні для досліджуваної території топографічні нові плани і карти у масштабах 1 : 5 000 – 1 : 25 000, космоснімки з програми *Google Earth Pro* за 2014–2020 рр. На основі аналізу топографічної інформації та космоснімків перераховано площі, що зайняті під териконами, відвалами і хвостосховищами, а також значення максимального перевищення об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні. Загалом, геодані отримано на основі власних багаторічних геоecологічних досліджень із використанням фондів і статистичних джерел, що надані обласними управліннями статистики, ДП “Львіввугілля” і “Волиньвугілля”. Для розрахунку обсягів гірничопромислових відходів внесено уточнення із врахуванням коефіцієнтів трансформації форми рельєфу гірничопромислових об'єктів. Цей коефіцієнт від складності рельєфу відвалу чи хвостосховища змінюється від 0,55 до 0,85. Під час розрахунку варто враховувати, що гірничопромислові об'єкти закладали на корінних відкладах знімаючи верхній нестійкий шар потужністю від 2 до 15 м. Інші підходи щодо використання геоінформаційних технологій

в управлінні вугільними відходами подано у статті (Андрейчук та ін., 2016).

Результати

У таблиці 1 подано результати дешифрування топооснов і космознімків із зазначенням кількості відвалів, їхньої площі, максимального перевищення та розрахованих об'ємів гірничопромислових відходів.

Загальна площа під териконами у Нововолинському ГПР становить 1,35 км², або 1,9 % від загальної площі району. Площа зайнята териконами, відвалами, хвостосховищами і ставами-відстійниками у Червоноградському ГПР значно більша й складає 4,74 км² (7,2 %) (Іванов, 2007). При цьому в межах Нововолинського ГПР нараховують 26 породних відвалів, з яких 84 % є недіючими, а Червоноградського

ГПР – 27 (48 %), в яких накопичено 21,02 і 35,02 млн м³ промислових відходів усіх класів небезпеки. Найбільші об'єкти накопичення гірничопромислових відходів у басейні пов'язані зі збагаченням кам'яного вугілля ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Вони накопичені у гравітаційному відвалі та двох хвостосховища загальним об'ємом у понад 40,72 млн м³ (Рудько та ін., 2019).

Більшу частину обсягів промислових відходів у басейні складають пісковики, аргіліти, алевроліти і вуглисті сланці, які належать до четвертого класу небезпеки. Поряд із цим у породну масу входять мергелі і крейда, що складають фундамент найстарших відвалів і лише місцями виходять на денну поверхню. Екологічно небезпечними хімічними елементами (першого класу

Таблиця 1

Наявність гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні

Назва шахти чи вугільного підприємства	Кількість відвалів	Площа, га	Максим. перевищення, м	Обсяг відходів, млн м ³
<i>Нововолинський ГПР</i>	26	109,03	–	21,64
Шахта № 1 “Нововолинська”	3	17,38	20	3,48
Шахта № 2 “Нововолинська”	2	9,13	18	1,66
Шахта № 3 “Нововолинська”	2	8,47	16	1,39
Шахта № 4 “Нововолинська”	2	7,78	24	1,84
Шахта № 5 “Нововолинська”	4	14,40	24	3,23
Шахта № 6 “Нововолинська”	2	15,34	24	3,44
Шахта № 7 “Нововолинська”	3	11,74	29	2,95
Шахта № 8 “Нововолинська”	2	2,08	15	0,29
Шахта № 9 “Нововолинська”	4	13,12	21	2,74
Шахта “Бужанська”	1	3,49	7	0,30
Шахта № 10 “Нововолинська”	1	6,10	6	0,32
<i>Червоноградський ГПР</i>	24	187,03	–	35,33
Шахта “Великомостівська”	2	9,62	12	0,88
Шахта “Бендюзька”	1	3,85	7	0,30
Шахта “Межирічанська”	3	28,57	11	3,08
Шахта “Відродження”	2	24,39	25	4,76
Шахта № 5 “Великомостівська”	3	23,04	27	4,19
Шахта “Лісова”	3	13,97	17	1,98
Шахта “Зарічна”	1	16,70	28	4,07
Шахта “Візейська”	3	12,34	33	3,51
Шахта “Надія”	2	14,53	37	4,59
Шахта “Степова”	1	15,47	22	3,37
Шахта № 1 “Червоноградська”	2	6,62	2	0,21
Шахта “Червоноградська”	1	17,93	30	4,39
<i>ПАТ “Львівська вугільна компанія”</i>	3	220,74	–	65,08
Гравітаційний відвал	1	86,38	64	48,89
Хвостосховище № 1	1	71,23	5	6,59
Хвостосховище № 2	1	63,13	12	9,60
<i>Разом</i>	53	516,8	–	122,05

небезпеки) у породних відвалах вважають пірити і сірку, на які припадає близько 1,8–2,0 % об'єму гірничопромислових відходів (Іванов, 2007).

Розглянемо детальніше стан накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні. Це запитання складне і різнобічне, яке потребує переоцінювання обсягів відходів. Слід відзначити, що існують значні розбіжності у головних показниках териконів, відвалів і хвостосховища, які у 1990–2000-і рр. подавали у ДП “Волиньвугілля” і ДП “Львіввугілля”, але на сьогодні така інформація відсутня через закриття більшості вугільних підприємств, які перестали подавати статистичну звітність щодо обсягів накопичених відходів. Водночас, не зважаючи на ліквідацію шахт обсяги відходів зменшуються через розбирання перегорілої породи на дорожньо-будівельні потреби і виготовлення шлакоблоків. Схожу ситуацію спостерігаємо зі звітності ПАТ “Львівська вугільна компанія”, підприємства-банкрута, яке продовжує неконтрольовано розробляти відходи вуглезбагачення, що накопичені у хвостосховищах.

На основі перерахунку площ гірничопромислових об'єктів та обсягів відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному

басейні слід зробити такі висновки (див. табл. 1):

1) виявлено загальне скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами – з 608,85 до 516,8 га. Це може бути пояснено точнішим визначенням площ за допомогою космоснімків, а також не врахуванням складів кам'яного вугілля, що на сьогодні здебільшого порожні. Середня площа шахтного відвалу у Нововолинському ГПР становить 4,19 га, тоді як у Червоноградському ГПР – 7,79 га. Найбільші площі під відходи відведені на шахтах “Межирічанській” (28,57 га), “Відродження” (24,39 га), № 5 ВМ (23,04 га) і “Червоноградська” (17,93 га). Усі ці шахти розміщені у Червоноградському ГПР. Серед вугільних підприємств у Нововолинському ГПР із найбільшими площами, що відведені під відходи виокремимо шахти № 1 НВ (17,38 га), № 6 НВ (15,34 га), № 5 НВ (14,40 га) і № 9 НВ (13,12 га) (рис. 2). Зрозуміло, що максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу (86,38 га) (рис. 3), хвостосховищ № 1 (71,23 га) і № 2 (63,13 га) ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Водночас, варто зупинитися й на найменших за площею породних господарствах. Це шахти № 8 НВ (2,08 га), “Бужанська” (3,49 га) і “Бендюзька” (3,85 га);



Рис. 2. Залишки конічного відвалу шахти № 9 “Нововолинська” з перегорілими породами, які використовують для відсіпання автодоріг і дамб та як будівельну сировину



Рис. 3. Гравітаційний відвал ПАТ “Львівська вугільна компанія”
(зліва – його новосформована, справа – стара ділянка)

2) скорочення площ під відвалами зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. Найінтенсивніше процеси виймання породи спостерігаємо на відвалах шахт № 2, 8, 9 НВ, “Великомостівська” і “Бендюзька”. Ці шахти мають найкращі під’їдні шляхи і розміщені неподалік від споживача мінеральної сировини. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих вугільних шахтах;

3) максимальне перевищення гірничо-промислових об’єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізнятися і впливає на розрахунок обсягів відходів. Найвищим відвалом є гравітаційний відвал ПАТ “Львівська вугільна компанія”, який височіє над оточуючою місцевістю на 64 (!) м. Серед вугільних підприємств найвищі перевищення спостерігаємо на шахтах “Надія” (37 м), “Візейська” (33 м), “Червоноградська” (30 м) і № 7 НВ (29 м). Середні значення відносної висоти відвалів становлять: у Червоноградському ГПР – 20,9 м; у Нововолинському ГПР – 18,5 м;

4) попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів – з 96,22 (у 2007 р.) до 122,05 млн м³. Це пояснюємо інтенсивнішим приростом об’ємів відходів вуглезба-

гачення ПАТ “Львівська вугільна компанія” (на 24,36 млн м³, або 94,3 % від загального зростання). Якщо проаналізувати зміни ситуації для вугільних підприємств, то зрозуміло, що збільшення обсягів відходів припадає на діючі шахти: “Червоноградська” (на 2,01 млн м³), “Надія” (на 1,58 млн м³), “Відродження” (на 0,44 млн м³). Водночас, для ліквідованих шахт властиве зменшення об’ємів відходів: “Бендюзька” (на 0,60 млн м³), № 8 НВ (на 0,55 млн м³), № 3 НВ (на 0,46 млн м³), № 2 НВ (на 0,27 млн м³).

Старі породні відвали у 1960–1980-их рр. сильно горіли, унаслідок чого гірські породи кристалізувалися. Інтенсивне фізичне вивітрювання призвело до утворення численних скам’янілих метаморфізованих останців висотою до 10–25 м. У кам’яному вугіллі і промислових відходах, що піднімають на поверхню під час добування вугілля, виявлено понад 70 хімічних елементів, вміст яких, зазвичай, до 0,1 % (Іванов та ін., 2019). Зазначимо, що саме у відходах міститься пірит, який швидко окислюється. У результаті цього утворюється сірчана кислота, яка суттєво знижує реакцію водних розчинів (рН) породи й інфільтратів до 2,0–3,5 (Іванов та ін., 2018).

Загалом, як перегорілі, так і свіжі (не горілі) породи є найбільшими накопичувачами хімічних елементів та зумовлюють

утворення аномалій на поверхні відвалів. Середній вміст багатьох хімічних елементів (цинку, хрому, кобальту, миш'яку та ін.) перевищує у декілька разів ГДК, а вміст міді й нікелю, відповідно, – аж у 32 і 12 разів (Іванов та ін., 2018). Одночасно максимальні рівні хімічного забруднення за багатьма шкідливими елементами вищі за ГДК аж у 20–200 разів (Іванов, 2007). Делювіальні відклади, які здебільшого змиває з породних відвалів талий і дощовий стік, зумовляють поховання сучасних ґрунтів. Тому угіддя, розміщені поблизу відвалів вміщують засолені сульфатами горизонти на глибині понад 20–30 см. За таких умов розвиток трав'яної рослинності стає неможливим, а її відсутність є індикатором значного вмісту токсичних елементів та їхніх сполук поблизу териконів. Площі, зайняті пошкодженою або знищеною рослинністю внаслідок впливу відвалів шахт, є значними і перевищують площу териконів у три-п'ять разів (Іванов та ін., 2019).

Мінеральний і хімічний склад породи, нагромадженої у териконах, відвалах і хвостосховищах, впливає як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я мешканців вугільних районів, оскільки мікроелементи (наприклад ванадій, залізо чи мідь), що накопичені у відвалах й перевищують ГДК, утворюють сполуки, що можуть призвести до отруєння рослинного й тваринного світу та людей.

У зв'язку із кризовою геоекологічною ситуацією у Червоноградському ГПР і відсутністю додаткових площ для розміщення вуглевідходів ПАТ “Львівська вугільна компанія” у 1990-х рр. винила потреба у вийманні мулів із переповнених хвостосховищ та їхнього введення у повторну експлуатацію (Іванов, 2001). У 1999 р. розпочате розроблення відходів вуглезбагачення, яке з різною інтенсивністю продовжується й сьогодні. При цьому технології видобування сировини різні: на хвостосховищі № 1 – екскаваторами та автотранспортом; на хвостосховищі № 2 – спочатку земснарядом, а пізніше брандспойтами. Це дало змогу повністю, або частково очистити карти хвостосховищ і продовжити роботу фабрики (Іванов, 2022). У 2015 р. припинено перероблення і відвантаження вугілля та розпочато процедуру банкрутства ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Однак розроблення і продаж відходів підприємства продовжено, а в останні роки активізовано. Вугільних шламів у хвостосховищах

накопичено стільки, що його вистачить на 10–15 років існування причетних до продажу осіб і фірм, навіть після повної зупинки фабрики. У 2019 р. робили спроби “реанімувати” роботу компанії за рахунок постачання російського вугілля для розубоження високозольним вугіллям Донбасу і Львівсько-Волинського басейну. Ще одна незаконна схема мала на меті знищити вугільні шахти басейну та економічно підтримувала приватні енергетичні компанії і країну-агресора.

Використання застарілих й малоефективних технологій накопичення, розроблення і транспортування гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському басейні, відсутність дієвого екологічного контролю, слабка реалізація рекультиваційних заходів посилює трансформацію і забруднення природного середовища довкола териконів, відвалів і хвостосховищ. Загалом проблеми антропогенізації ландшафтів, підходів оцінювання їхнього стану, пошуку діагностичних ознак виділення, моделювання екзогенних процесів розглянуто у працях (Іванов і Ковальчук, 2012; Denysyk et al., 2022).

Загалом, економічна ефективність комплексного використання відходів у басейні можлива у різних напрямках. Передусім це й супутнє вилучення цінних компонентів (здебільшого германію), які присутні у породах відвалів і хвостосховищ. Ці гірничопромислові об'єкти є техногенними родовищами корисних копалин. Відходи вуглезбагачення у хвостосховищах придатні для спалювання у котельних установках теплових електростанцій. Однак головно гірничопромислові відходи використовують для виробництва будівельних матеріалів чи відсіпання основ автошляхів, дамб і підтоплених ділянок. Останні два напрями мають досвід успішної реалізації, а обговорення щодо першого – періодично відновлюють, існують відповідні проекти майбутнього виконання.

Застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій видобування і збагачення кам'яного вугілля спричинить поліпшення екологічної ситуації в Україні. Новітні технології, виправдовують себе протягом стислого терміну та забезпечують ефективний кінцевий продукт у розрахунку на одиницю вихідної мінеральної сировини (Іванов і Сивий, 2022). При цьому собівартість товарної продукції з гірничопромислових відходів нижче, ніж з видобутої традиційними способами мінеральної сировини. Також проблеми раціонального

використання мінеральних ресурсів пов'язані із запровадженням безвідходних технологій видобування кам'яного вугілля (Тимошенко і Іванов, 2023).

Висновки

Пропонуємо на розгляд такі головні висновки:

1. Виявлено загальне скорочення площ під гірничопромисловими об'єктами у басейні (на 92,05 га), що пов'язано із точнішим їх визначенням, розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби і не врахуванням під час обліку порожніх складів вугілля.

2. Зафіксовано зростання показників відносного перевищення відвалів над рівнем оточуючої земної поверхні, які можуть сягати 30–37 м, а гравітаційного відвалу ПАТ “Львівська вугільна компанія” – 64 м.

3. Попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, відзначимо істотне зростання обсягів накопичених гірничопро-

мислових відходів (за останні 15–20 років на з 25,83 млн м³), що зумовлено приростом об'ємів вуглезбагачення через низьку якість видобутого вугілля.

4. Сучасну геоecологічну ситуацію у басейні зумовлено продовженням накопичення гірничопромислових відходів, що призводить до забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покриву, підвищеного захворювання місцевого населення.

5. Окреслено перспективи ефективного використання гірничопромислових відходів у басейні, які можливі у різних напрямках: супутньому вилученні цінних компонентів (германію), спалюванні збагаченої вугіллям сировини у котельних установках теплових електростанцій, виробництві будівельних матеріалів, відсіпанні основ автодоріг, дамб і підтоплених ділянок.

Список використаної літератури

Андрейчук Ю.М., Іванов Є.А., Книш І.Б. Геоінформаційні технології в управлінні відходами вугільної промисловості. *Геоінформаційні технології у територіальному управлінні* : матер. III-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Одеса : ОРІДУ НАДУ, 2016. С. 6–9.

Іванов Є. Геоecологічні проблеми використання відходів ПАТ “Львівська вугільна компанія”. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матер. 77-ої Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Переяслав, 2022. Вип. 77. С. 8–12.

Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.

Іванов Є., Ковальчук І., Терещук О. Геоecологія Нововолинського гірничопромислового району : монографія. Луцьк : Волин. націон. ун-тет ім. Л. Українки, 2009. 208 с.

Іванов Є.А. Еколого-ландшафтне обґрунтування можливості використання вуглевідходів ЦЗФ “Червоноградська” як альтернативного джерела енергії. *Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні* : матер. I-ої наук.-практ. конф. Львів, 2001. С. 275–280.

Іванов Є.А. Накопичення і використання гірничопромислових відходів у Львівській області: актуальні екологічні проблеми і шляхи їх вирішення. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики* : зб. матер. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С. 77–81.

Іванов Є.А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. К. : ФОР Корпан Б. І., 2017. 40 с.

Іванов Є.А., Андрейчук Ю.М., Книш І.Б. Аналіз ландшафтно-геохімічних умов породного терикону шахти “Візейська”. *Довготермінові спостереження довкілля: досвід, проблеми, перспективи* : матер. міжнарод. наук. семін. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. С. 127–131.

Іванов Є.А., Андрейчук Ю.М., Книш І.Б. Ландшафтно-екологічні основи рекультивациі породного терикону шахти “Візейська”. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 5-ої міжнарод. наук.-практ. конф.: у 2-ох т. К. : ДКЗ, 2018. Т. 2. С. 68–74.

Іванов Є.А., Ковальчук І.П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 612–613: Географія. С. 54–59.

Іванов Є.А., Сивий М.Я. Проблеми раціонального використання гірничопромислових відходів у контексті сталого розвитку регіонів України. *Дорожня карта реалізації Закону України “Про управління відходами”* : зб. матер. К. : Всеукраїнська екологічна ліга, 2022. С. 158–162.

Ковальчук І.П., Іванов Є.А., Терещук О.С. Геоecологічна ситуація в межах Нововолинського гірничопромислового району та шляхи її покращення. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2010. № 7. С. 3–10.

Побережський А., Бучинська І., Шевчук О., Муқан Т. Гірничовидобувний комплекс Львівсько-Волинського вугільного басейну та його вплив на екосистему регіону. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 3 (180). С. 52–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.03.052>

Рудько Г.І., Іванов Є.А., Ковальчук І.П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України : монографія. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.

Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Постмайнінг гірничодобувних районів України як новий напрям екологічно безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*. 2020. № 3. С. 37–44. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44>

Тимошенко Є.В., Іванов Є.А. Сучасні технології гірничих робіт із залишенням породи у виробленому просторі у складних гірничо-геологічних умовах України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 8-ої міжнарод. наук.-практ. конф. К. : ДКЗ, 2023. С. 397–402.

Хандогіна О.В., Дрозд О.М., Дядін Д.В. Аналіз проведення стратегічної екологічної оцінки регіональних планів управління відходами. *Екологічні науки*. 2023. Вип. 2 (47). С. 232–241. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.38>

Denysyk H., Kanskyi V., Kanska V., Denysyk B. Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne*. 2022. Vol. 93(3). P. 417–433. <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16>

Ivanov Ye. Formation and Development of Post-Mining Geosystems in the Lviv-Volyn Coal Basin. *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine* / Editors: Ch. Melchers, P. Goerke-Mallet, N. Lubenska. Bochum : Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola, 2023. P. 153–166.

Syvyj M.J., Ivanov Ye.A., Panteleeva N.B., Varakuta O.M. The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions. *ICSF 2023: Environmental, Technological, Social and Economic Matters: 4th International Conference on Sustainable Futures*. Kryvyi Rih, 2023. Vol. 1254. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012134>.

References (translated & transliterated)

Andrejchuk, Yu.M., Ivanov, Ye.A., & Knysh, I.B. (2016). Gheoinformacijni tekhnologhiji v upravlinni vidkhodamy vughiljnoji promyslovosti [Geoinformation technologies in coal industry waste management]. *Gheoinformacijni tekhnologhiji u terytorialnomu upravlinni [Geoinformation technologies in territorial management]*. Odesa, pp. 6–9 [in Ukrainian].

Denysyk, H., Kanskyi, V., Kanska, V., & Denysyk B. (2022). Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne [Geographical Journal]*, 3(93), 417–433. <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16> [in English].

Ivanov, Ye. (2007). Landshafty ghirnychopromyslovykh terytorij [Landscapes of mining and industrial territories] : monograph. Lviv, 334 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye. (2022). Gheoekologhichni problemy vykorystannja vidkhodiv PAT “Ljvivs'jka vughiljna kompanija” [Geoecological problems of waste utilization of PJSC “Lviv Coal Company”]. *Vitchyznjana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektivy rozvytku [Domestic science at the turn of the epochs: problems and prospects of development]*. Pereyaslav, 77, 8–12 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye. (2023). Formation and Development of Post-Mining Geosystems in the Lviv-Volyn Coal Basin. *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine* / Editors: Ch. Melchers, P. Goerke-Mallet, N. Lubenska. Bochum, pp. 153–166 [in English].

Ivanov, Ye., Kovalchuk, I., & Tereshchuk, O. (2009). Gheoekologhija Novovolyns'jkoj ghirnychopromyslovoho rajonu : monohrafija [Geoecology of the Novovolynsk mining district: monograph]. Lutsk, 208 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2001) Ekologho-landshaftne obruntuvannja mozhlyvosti vykorystannja vughlevidkhodiv CZF “Chervonohrads'jka” jak aljternatyvnogho dzherela energhiji [Environmental and landscape substantiation of the possibility of using coal waste from the CPP “Chervonohradska” as an alternative source of energy]. *Netradycijni i ponovljualjni dzherela energhiji jak aljternatyvni pervynnym dzherelam energhiji v rehionii [Non-traditional and renewable energy sources as alternatives to primary energy sources in the region]*. Lviv, pp. 275–280 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2017) Pryrodno-ghospodars'jki systemy ghirnychopromyslovykh terytorij Zakhidnoho rehionu Ukrajinu: funkcionuvannja, modeljuvannja, optymizacija [Natural and economic systems of mining areas of the Western region of Ukraine: functioning, modeling, optimization]: thesis ... Dr. of Geogr. Sci. Kyiv, 40 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2020). Nakopychennja i vykorystannja ghirnychopromyslovykh vidkhodiv u Ljvivs'jkij oblasti: aktualjni ekologhichni problemy i shljakhy jikh vyrishennja [Accumulation and

use of mining waste in the Lviv region: current environmental problems and ways to solve them]. *Rozroblennja ta realizacija rehionalnykh Prohram povodzhennja z vidkhodamy: problemni pytannja ta krashhi praktyky [Development and implementation of regional waste management programs: problematic issues and best practice]*. Kyiv, pp. 77–81 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., Andrejchuk, Yu.M., & Knysh, I.B. (2018). Landshaftno-ekologichni osnovy rekuljtyvaciji porodnogho terykonu shakhty “Vizejsjka” [Landscape and ecological foundations of the reclamation of the rock terrycon of the “Vizeyska” mine]. *Nadrokorystuvannja v Ukraini. Perspektyvy investuvannja [Subsoil use in Ukraine. Investment prospects]*. Kyiv, 2, 68–74 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., Andrejchuk, Yu.M., & Knysh, I.B. (2019). Analiz landshaftno-gheokhimichnykh umov porodnogho terykonu shakhty “Vizejsjka” [Analysis of landscape-geochemical conditions of the rock terrycon of the “Vizeyska” mine]. *Dovghoterminovi sposterezhennja dovkillja: dosvid, problemy, perspektyvy [Long-term monitoring of the environment: experience, problems, prospects]*. Lviv, pp. 127–131 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., & Kovalchuk, I.P. (2012). Antropoghenizacija landshaftiv: pidkhody, diagnostuvannja, modeljuvannja [Anthropogenization of landscapes: approaches, diagnostics, modeling]. *Naukovyj visnyk Cherniveckjogho universytetu [Scientific Bulletin of Chernivtsi University]*, 612–613, 54–59 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., & Syvyy, M.Ya. (2022). Problemyrationaljnoghovykorystannjaghirnychopromyslovykh vidkhodiv u konteksti stalogho rozvytku rehioniv Ukrainy [Problems of rational use of mining waste in the context of sustainable development of the regions of Ukraine]. *Dorozhnja karta realizaciji Zakonu Ukrainy “Pro upravlinnja vidkhodamy” [Roadmap for the implementation of the Law of Ukraine “On Waste Management”]*. Kyiv, pp. 158–162 [in Ukrainian].

Khandogina, O.V., Drozd, O.M., & Dyadin, D.V. (2023). Analiz provedennja strategichnoji ekologichnoji ocinky rehionalnykh planiv upravlinnja vidkhodamy [Analysis of strategic environmental assessment of regional waste management plans]. *Ekologichni nauky [Environmental sciences]*, 2 (47), 232–241. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.38> [in Ukrainian].

Kovalchuk, I.P., Ivanov, Ye.A., & Tereshchuk, O.S. (2010). Gheoekologichna sytuacija v mezhakh Novovolynskogho ghirnychopromyslovogho rajonu ta shljakhy jiji pokrashennja [The geoecological situation within the boundaries of the Novovolinsk mining district and ways to improve it]. *Pryroda Zakhidnogho Polissja ta prylehlykh terytorij [The nature of Western Polissia and adjacent territories]*, 7, 3–10 [in Ukrainian].

Poberezhskiy, A., Buchynska, I., Shevchuk, O., & Mukan, T. (2019). Ghirnychovydobuvnyj kompleks Ljivivs'ko-Volynskogho vughiljnogho basejnu ta jogho vplyv na ekosystemu rehionu [The mining complex of the Lviv-Volyn coal basin and its impact on the ecosystem of the region]. *Gheologhija i gheokhimija ghorjuchykh kopalyn [Geology and geochemistry of fossil fuels]*, 3 (180), 52–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.03.052> [in Ukrainian].

Rudko, G.I., Ivanov, Ye.A., & Kovalchuk I.P. (2019). Ghirnychopromyslovi gheosystemy Zakhidnogho rehionu Ukrainy : monohrafija [Mining geosystems of the Western region of Ukraine : monograph]. Kyiv–Chernivtsi : Bukrek, 1, 464 [in Ukrainian].

Rudko, G.I., & Yakovlev, E.O. (2020). Postmajningh ghirnychodobuvnykh rajoniv Ukrainy jak novyj naprjam ekologichno bezpechnogho vykorystannja mineraljno-syrovynnykh resursiv [Post-mining of mining regions of Ukraine as a new direction of ecologically safe use of mineral resources]. *Mineraljni resursy Ukrainy [Mineral resources of Ukraine]*, 3, 37–44. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44> [in Ukrainian].

Syvyy, M.J., Ivanov, Ye.A., Panteleeva, N.B., & Varakuta, O.M. (2023). The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions. *ICSF 2023: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*. Kryvyi Rih, 1254. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012134> [in English].

Tymoshenko, Ye.V., & Ivanov, Ye.A. (2023). Suchasni tekhnologhiji ghirnychykh robit iz zalyshennjam porody u vyroblenomu prostori u skladnykh ghirnycho-gheologichnykh umovakh Ukrainy [Modern technologies of mining operations with the abandonment of rock in the produced space in complex mining and geological conditions of Ukraine]. *Nadrokorystuvannja v Ukraini. Perspektyvy investuvannja [Subsoil use in Ukraine. Investment prospects]*. Kyiv, pp. 397–402 [in Ukrainian].

Отримано: 22.01.2024

Прийнято: 01.03.2024