

В.В. Карабин

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГЕНЕЗИ НА ДІЛЯНКАХ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Характеристика основної теми та проблеми об'єкта. Проаналізовано чинники екологічної небезпеки, які можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій на ділянках техногенного впливу вуглеводобувних підприємств Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності здійснення заходів мінімізації поширення забруднювачів з породних відвалів шляхом облаштування геохімічних бар'єрів.

Результати досліджень. Розглянуто мікроелементний склад порід відвалів низки вугільних шахт басейну. Породи терикона копальні "Червоноградська" порівняно з кларком для глини і аргілітів породи терикону концентрують кобальт, плумбум, магній, ірій, купрум, ітербій та берилій; "Надія" – галій, манган, плумбум, станум, ітербій, купрум; "Степова" – титан і цирконій; "Межирічанська" – молібден і плумбум. Методом головних компонент виділено парагенетичні асоціації мікроелементів та параметрів довкілля, що дало змогу прогнозувати шляхи та форми міграції головних компонентів мікроелементного забруднення. Зокрема, для порід терикона шахти Степова виділено такі парагенетичні асоціації: 1) товщина насипного шару, стрімкість схилу, зольність порід, концентрація Sn, Cr, Zn та аргілітів; вміст вугілля, піриту, сидериту, алевриту, Co, Ni, Mo, Cu, геоморфологічні ознаки, радіоактивність порід; 2) концентрація Pb, Ti, Cu, Sr, аргілітів та звітрілих порід; 3) вміст Mn і P. Для порід терикона шахти "Межирічанська" виділено асоціації: 1) вміст V, Y, Yb, Co, Ti, P, Cr, Ni, Be, Mn, Cu, Ba, Sn, Sc, Zn, Ga, Sr, Zr, зольність порід; 2) вміст Mo, поширення вугілля, негорілих порід та піриту. Задекларовано, що для захисту навколишнього середовища від забруднення найбільш оптимальними є методи, що ґрунтуються на прискоренні природної трансформації забруднюючих речовин в безпечні форми або їх цілеспрямованій концентрації на окремих обмежених площі ділянках літосфери. З метою зменшення рівня екологічної небезпеки та мінімізації виникнення надзвичайної ситуації, вперше для території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, обґрунтовано доцільність облаштування штучних геохімічних бар'єрів на шляху міграції забруднювальних речовин з відвалів вугільних шахт до водойм.

Ключові слова: екологічна безпека, геохімія техногенезу, мікроелементи, Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн, надзвичайна ситуація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вуглеводобувна діяльність спричинює забруднення усіх компонентів довкілля та збільшує ризики виникнення надзвичайних ситуацій різного генезису. Населення, яке проживає на території Львівсько-Волинського басейну (ЛВБ), вже зазнало проявів надзвичайних ситуацій (у широкому сенсі цього терміну) пов'язаних з масовим флюороозом дітей [1], просіданням та підтопленням окремих ділянок поверхні [2-5]. Є високі ризики виникнення надзвичайних ситуацій, збільшення рівня екологічної небезпеки внаслідок забруднення ґрунтів, вод та атмосферного повітря [6-8].

За територіальною належністю, особливостями геологічної будови та вугленосності площу

Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну поділяють на Червоноградський, Нововолинський гірничо-промислові райони та Південно-Західний вугленосний район. Червоноградський гірничо-промисловий район належить до Сокальського адміністративного району Львівської області і займає площу 180 км³.

У фізико-географічному аспекті Червоноградський гірничо-промисловий район північною частиною охоплює південь Волинської височини, а південною – північ Верхньо-Бугської котловини (Мале Полісся). Рельєф території в основному рівнинний, з відмітками 200-220 м над рівнем моря. Головними ріками є Західний Буг з лівими допливами Рата та Солокія, типовими рівнинними з повільною течією. Широкі долини рік заболо-

чені, виповнені торфовищами та піщаними відкладами. У долині Західного Бугу експлуатується Соснівський і Межирічанський водозабори. Під час повені вода з ріки затоплює долину, доходить до першого поясу санітарної охорони.

Населені пункти здебільшого зосереджені в долинах річок, в основному в долині Західного Бугу, та пригірлових частинах Рати та Солокії, відтак використовують воду цих рік у господарстві. Значна частина питної води надходить у криниці, розташовані у алювіальних відкладах рік. Води таких горизонтів, як правило мають гідравлічний зв'язок з річковими водами, а відтак є незахищеними від забруднень, які потрапляють у поверхневі води.

З огляду на ці обставини управління якістю вод у річках території досліджень має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у Сокальському районі Львівської області. Забезпечити високу якість вод на території досліджень складно, оскільки у її межах розташовані багато небезпечних джерел техногенного впливу, серед яких породні відвали вугільних шахт. Значна частина породних відвалів розташовані близько русел рік, окремі – на терасах рік, що посилює ризики забруднення поверхневих та підземних вод території досліджень.

Об'єкт досліджень: заходи мінімізації екологічної небезпеки та виникнення надзвичайних ситуацій.

Фактичний матеріал та методи досліджень. Упродовж останнього двадцятиріччя автор самостійно та разом зі співавторами досліджував геохімічні аспекти екологічної безпеки та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на територіях впливу об'єктів вуглевидобувної та вуглезбагачувальної галузей промисловості у межах ЛВБ. Зокрема, на основі польових (метод маршрутного спостереження, польового опису гірських порід та мінералів) та лабораторних (ваговий, спектральні методи аналізу) досліджень вивчено поширення мікроелементів у породах териконів низки шахт ЛВБ, здійснено прогноз поширення мікроелементів кількість яких створювала ризики виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок забруднення компонентів довкілля. Статистичними методами (метод головних компонент) виділено парагенетичні асоціації мікроелементів, що дало змогу прогнозувати їх міграційні форми.

Мета статті – обґрунтувати доцільність здійснення заходів мінімізації поширення забруднювачів з породних відвалів шляхом облаштування геохімічних бар'єрів.

Результати досліджень. Територія Львівсько-Волинського басейну характеризується

помірно континентальним кліматом з середньорічною температурою від +6,2°C до +7,2°C. Середньорічні сумарні опади становлять 580-600 мм на рік, з яких 85% випадає в теплий період року (III-XI місяці) і 15% – в холодний період (XII-II місяці) [9], що сприяє активній міграції окремих хімічних елементів та сполук.

Геологічне середовище досліджуваної території розглядаємо як частину Волино-Подільської плити Західно-Європейської платформи, де на складчастій епігерцинській основі залягає палеомезокайнозойський комплекс теригенно-карбонатних та флювіогляціальних відкладів Львівсько-Волинського вугільного басейну.

У гідрогеологічному аспекті територія району досліджень входить до складу Волино-Подільського артезіанського басейну в його північно-західній частині. Підземні води басейну мають розповсюдження в усіх стратиграфічних відкладах, але найбільше практичне значення мають водоносні горизонти у четвертинних відкладах.

У Червоноградському гірничо-промисловому районі зосереджено 22 відвали дванадцятьох шахт. Площа породних відвалів коливається в межах від 9 до 30 га. Загальна площа всіх відвалів вугільних шахт району становить близько 170 га. У териконах шахт району зосереджено понад 85 млн м³ відвальних порід [10].

Шахта "Червоноградська" працює з 1971 року. Виробнича потужність шахти становить 0,65 млн т вугілля на рік. Терикон площею 142 000 м² та висотою 10-33 м розташовано на відстані 550 м північніше від шахти на лесовидних суглинках Волинської височини, на схилі із абсолютними відмітками 205-210 м. Атмосферні опади з терикона, через мережу потоків потрапляють безпосередньо у струмки і меліоративні канали систем р. Бугу та в р. Солокії. В териконі нагромаджено 2,9 млн м³ породи. Щорічно терикон поповнюють свіжою породою об'ємом 40 тис. м³. Терикон неоднорідний за будовою. На поверхні терикона переважають негорілі породи. На схилах терикон частково рекультивований шляхом насипання шару піску та суглинків товщиною 0,5-0,7 м та заріс травою [11].

Породи терикона копальні "Червоноградська" порівняно з кларком у земній корі концентрують ітербій (Кс 10,8), кобальт (Кс 3,9), плумбум (Кс 3,3), станум (Кс 2,5), ітрій (1,6), манган (1,3). Порівняно з кларком для глини і аргілітів породи терикона концентрують кобальт (Кс 5,4), плумбум (Кс 2,1), магній (Кс 1,9), ітрій (Кс 1,7), купрум (Кс 1,2), ітербій та берилій (Кс 1,1). У близьких кількостях до кларку для осадових порід у породах терикона є титан (Кс 1,0), ванадій (Кс 0,9), цирконій (Кс 0,8). Породи відвалу шахти

“Червоноградська” містять Mn у понадкларкових кількостях на 89 % площі, Co – 88%, Y – 85 %, Pb – 62 %, Cu – 59 %, Yb – 52 % [11].

Шахта “Надія” (до 2001 року № 9 “Великомостівська”) введена в експлуатацію у 1962 р. В останні роки в середньому видобуває 0,2 млн тонн вугілля на рік. Відвал шахти “Надія” рекультивований шляхом нанесення шару ґрунтової суміші.

Породи шахти “Надія” концентрують галій, манган, (Kc 1,9), плумбум, станум (Kc 1,6), ітербій, купрум (Kc 1,16). Близькі до кларку вмісти молибдену, ітрію та цинку (Kc 0,75–0,85).

Шахта “Степова” (до 2001 р. – № 10 “Великомостівська”) є наймолодшою (введена в експлуатацію 1978 р.) та найпотужнішою за видобутком вугілля у басейні. Вуглевмісні та інші породи складаються у терикон, який розташований на відстані 400 м східніше копальні. Площа основи відвалу становить 165 300 м², середня висота 22 м, кут відкосу порід – 37 - 45°. У териконі нагромаджено понад 4,5 млн м³ порід. На схилах терикону рекультивований (насіпний шар піско-суглинків товщиною 0,5-0,7 м зарослий травою і кущами). Терикон повністю розташований на алювіальних відкладах р. Солокія на позначці 195 м. Поверхневий стік опадів з відвалу здійснюється безпосередньо в р. Солокія.

Породи терикона шахти “Степова” загалом збіднені мікроелементами, окрім титану і цирконію [12].

У породах терикона шахти Степова виділено такі парагенетичні асоціації :

- товщина насипного шару, стрімкість схилу, зольності порід, концентрація Sn, Cr, Zn та аргілітів, що свідчить про закономірність концентрування Sn і меншою мірою Cr і Zn на тих ділянках схилів терикона, які характеризуються збільшеними товщинами насипного шару порід. Водночас щільний кореляційний зв'язок товщини насипного шару та зольності вуглевмісних порід, які залягають нижче, свідчить про значну ефективність цього протипожежного заходу.

- вміст вугілля, піриту, сидериту, алевриту, Co, Ni, Mo, Cu, геоморфологічні ознаки, радіоактивність порід. Така парагенетична асоціація вказує на схильність концентрування Co, Ni, Mo, Cu на таких вирівняних ділянках відвалу, де домінують алевроліти і пісковики з підвищеною радіоактивністю та збагачені піритом, сидеритом і домішками вугілля.

- концентрація Pb, Ti, Cu, Sr, аргілітів та звітрілих порід. Інтерпретація цієї асоціації полягає у тому, що Pb, Ti, Cu, Sr концентруються переважно у звітрілих аргілітах.

- вміст Mn і P. Встановлена парагенетична асоціація свідчить про суміжну міграцію цих двох елементів, ймовірно у водних розчинах [13].

Шахта “Межирічанська” (до 2001 р. – № 3 “Великомостівська”) працює з 1959 року. Половина запасів вугілля вичерпана. Виробнича потужність шахти становить 0,65 млн т вугілля на рік. Терикон площею 272000 м² та висотою 12-28 м знаходиться на відстані 100 м західніше від шахти на алювіальних відкладах р. Рати. Терикон неоднорідний за будовою. Окремі фрагменти різні за складом, звітрілістю та ступінь перегорілості породи. На поверхні терикону переважають негорілі породи. На схилах терикону частково рекультивований шляхом насипання шару піску та суглинків товщиною 0,5-0,7 м та заріс травою.

Породи відвалу шахти “Межирічанська” концентрують ітербій (коефіцієнт концентрації порівняно з кларком порід земної кори за О.П. Виноградовим (Kc) 7,3), молибден (Kc 3,7), плумбум (Kc 2,0). Близькі до кларку вмісти ванадію та ітрію (Kc 0,9). Порівняно з кларком хімічних елементів у глинах і аргілітах породи терикону шахти Межирічанська концентрують молибден (Kc 1,9) і плумбум (Kc 1,6). Слід зазначити, що концентрація Mo перевищує кларк для глин і аргілітів на 71 % площі терикона.

У породах терикона шахти Межирічанська виділено такі парагенетичні асоціації:

- вміст V, Y, Yb, Co, Ti, P, Cr, Ni, Be, Mn, Cu, Ba, Sn, Sc, Zn, Ga, Sr, Zr, зольність порід. Встановлена парагенетична асоціація вказує на закономірність збільшення концентрацій практично усіх мікроелементів, окрім Pb і Mo у високозольних породах. Породи високої зольності формують всю, окрім схилу, поверхню західної частини терикона;

- вміст Mo, поширення вугілля, негорілих порід та піриту. Інтерпретація цієї асоціації полягає у виявленій схильності концентрування молибдену на негорілих ділянках терикона збагачених вугіллям та піритом;

- концентрування Cu, Y, V, Ni, Ba, Be, поширення звітрілих порід, зменшення вмісту Mo, Sc, (Ga). Така асоціація свідчить про те, що на ділянках інтенсивно звітрілих порід концентруються Cu, Y, V, Ni, Ba, Be та вимиваються (зменшують свій вміст) Mo, Sc. Цей процес очевидно сприяє нагромадженню молибдену та скандію у нижчих горизонтах терикона та створює загрозу його надходження у довкілля, зокрема у ріку Рату [14].

Таблиця 1

Геохімічні бар'єри і осаджені на них хімічні елементи
(за С.Р. Крайновим, В.М. Швецем [18])

Геохімічні бар'єри	Типові елементи, які випадають в осад	Міграційні форми, що трансформуються у тверду фазу	Форми осадження
Окиснювальний	Комплексоутворювачі: Fe, Mn	Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{HS})\text{n}^{2-\text{n}}$, Mn^{2+}	$\text{HFeO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, $\text{MnO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$
	Аніогенні: S, Se	S^{2-} , HSe^-	$\text{S}_{\text{тв}}$, $\text{Se}_{\text{тв}}$
Відновлювальний	Комплексоутворювачі: U, Hg	UO_2^{2+} , $\text{UO}_2(\text{CO}_3)^0$, Hg^{2+} , $\text{Hg}(\text{OH})\text{n}^{2-\text{n}}$, $\text{Hg}(\text{Cl})\text{n}^{2-\text{n}}$	UO_2 , $\text{Hg}_{(\text{ж})}$
	Аніогенні: Se, Cr	HSeO_3^- , SeO_3^{2-} , HCrO_4^- , CrO_4^{2-}	$\text{Se}_{\text{тв}}$, $\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$
Лужний гідролітичний	Комплексоутворювачі: Fe, Mn, Be, Ti	Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_{\text{n}}^{3-\text{n}}$, $\text{Fe}(\text{ФК})_{\text{n}}^{3-2\text{n}}$, $\text{Mn}^{3,4+}$, $\text{Mn}(\text{OH})_{\text{n}}^{3,4-\text{n}}$, Be^{2+} , $\text{BeF}_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, TiO^{2+} , $\text{TiO}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$	$\text{HFeO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, $\text{MnO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, $\text{Be}(\text{OH})_2$, $\text{TiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$
Лужний карбонатний	Катіогенні: Ca, Sr, Ba	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	CaCO_3 , SrCO_3 , BaCO_3
	Комплексоутворювачі: Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Be	Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, $\text{Fe}(\text{ФК})_{\text{n}}^{2-2\text{n}}$, Mn^{2+} , $\text{Mn}(\text{ФК})_{\text{n}}^{2-2\text{n}}$, Zn^{2+} , $\text{Zn}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, $\text{Pb}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, $\text{Cu}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, $\text{Cu}(\text{ФК})_{\text{n}}^{2-2\text{n}}$, Be^{2+} , $\text{Be}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, $\text{BeF}_{\text{n}}^{2-\text{n}}$	FeCO_3 , MnCO_3 , ZnCO_3 , PbCO_3 , $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Сульфідний	Комплексоутворювачі: Fe, Cu, Zn, Pb	Me^{2+} , $\text{Me}(\text{OH})_{\text{n}}^{2-\text{n}}$, MeSO_4^0	FeS_2 , $\text{FeS} \cdot \text{nH}_2\text{O}$, CuS , Cu_2S , ZnS , PbS
	Аніогенні: As, Mo	H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-} , H_3AsO_3^0 , HMoO_4^- , MoO_4^{2-}	As_2S_3 , AsS , MoS_2
Сорбційний гідроксидний: а) з максимумом осадження у кислому середовищі	Аніогенні: B, W, Mo, As, Se, P, Nb	H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} , BO_3^{3-} , HWO_4^- , WO_4^{2-} , HMoO_4^- , MoO_4^{2-} , H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-} , AsO_4^{3-} , HSeO_3^- , SeO_3^{2-} , SeO_4^{2-} , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NbO_3^-	Сорбційний стан у гідроксидах заліза, марганцю, алюмінію
	б) з максимумом осадження в лужному середовищі	Комплексоутворюючі: Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Be	Me^{2+} , MeOH^+
Сорбційний глинистий	Катіогенні: Li, Ba, Sr, $\text{N}(\text{NH}_4^+)$	Li^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} , NH_4^+	Сорбційний стан у різних фракціях глин
	Комплексоутворюючі: Be, Zn, Cu, Pb, Hg	Be^{2+} , BeOH^+ , BeF^+ , Zn^{2+} , ZnOH^+ , Cu^{2+} , CuOH^+ , Pb^{2+} , PbOH^+ , Hg^{2+} , HgOH^+	
Сорбційний карбонатний	Комплексоутворюючі: Zn, Pb, Cu, Ba, Sr	Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Be^{2+} , Sr^{2+}	Сорбційний стан у карбонатах кальцію
	Аніогенні: W, Mo	WO_4^{2-} , MoO_4^{2-}	

Механізм розповсюдження забруднення від терикона до ріки має складний характер. Забруднювачі, що надходять в юнній і колоїдній формах (сульфати, залізо, алюміній, важкі метали), завдяки процесам осадження, сорбції, можуть переходити в тверду фазу і мігрувати механічно. Продукти, що потрапляють в ріку в твердій фазі, завдяки десорбції, стиранню, хімічним перетворенням, частково переходять в рідку фазу, мігрують, знову осідають і переносяться механічно. Ці процеси можуть повторюватись багато разів і сприяти збільшенню зони забруднення вниз за течією ріки.

Зменшення забруднення ґрунтів, поверхневої і підземної води, а відтак і зменшення ймовір-

ності виникнення надзвичайної ситуації потребує впровадження ряду природоохоронних заходів.

Базуючись на теорії геохімічних бар'єрів, розроблених А. І. Перельманом і розвинутій В. А. Алексеєнко, Е. М. Емельяновим, Н. С. Касімовим та іншими [15-19], можна сформулювати принцип стратегічного підходу до захисту навколишнього середовища від забруднення. Для захисту навколишнього середовища найбільш оптимальними є методи, що ґрунтуються на прискоренні природної трансформації забруднюючих речовин в безпечні форми або їх цілеспрямованій концентрації на окремих обмежених площі ділянках літосфери, тобто створення штучних геохімічних бар'єрів (лужних, сульфатних, кисневих, адсорбційних, біогеохімічних).

Облаштування геохімічних бар'єрів слід здійснювати спираючись на результати парагенетичного аналізу міграції забруднювачів здійсненого методом математичної статистики конструюючи для кожної асоціації забруднювачів відповідний геохімічний бар'єр (табл. 1).

Для створення бар'єрів залежно від складу забруднювачів треба застосовувати природні утворення (грунти, гірські породи і т.д.) або інші речовини, наприклад, виробничі відходи.

Наприклад в Кизеловському басейні Росії [19] для нормалізації складу поверхневих та ґрунтових вод у районах розповсюдження териконів вугільних шахт як реагент для зниження інтенсивності забруднення запропоновано використовувати сполуки барію, а також подрібнені карбонатні породи, які треба укласти в траншеї в зоні стоку з териконів. У результаті застосування такого методу на дослідній ділянці водневий показник підземної води підвищився з 1,8 до 6,4, а мінералізація води знизилася з 24 до 3 г/дм³.

Ще одним дієвим природоохоронним заходом є рекультивація схилів і поверхні терикона. З метою відновлення територій у Західному Донбасі проводили рекультивацію з підсипкою шахтної породи і покриттям її захисним шаром ґрунту. Для зниження забруднення ґрунтів важкими металами на Павлоградському дослідному стаціонарі використано покриття порід терикона екрануючим шаром лесоподібного суглинку, що вдвічі знизило міграцію Pb, Cd, Cu, Zn, Co [20].

Для запобігання забрудненню ґрунтів і вод в зоні впливу териконів пропонуємо таке:

- скорочення загальної кількості твердих відходів шляхом застосування мало- і безвідходної технології;

- гідрогеологічно правильний вибір місць розташування териконів на земній поверхні з урахуванням фільтраційних властивостей порід зони аерації і рельєфу місцевості;

- застосування інженерно-технічних заходів для організованого збору і відведення поверхневого стоку з териконів, перехоплення і локалізації потоку забрудненої води;

- облаштування штучних геохімічних бар'єрів на шляху міграції найнебезпечніших асоціацій забруднювачів з териконів у природне середовище;

- використання порід териконів як будівельних матеріалів і за необхідності введення в них добавок, що знижують рухливість забруднюючих компонентів.

Висновки

1. Вуглевидобуток у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні супроводжується нагромадженням на поверхні значних за площею відвалів гірських порід, які містять окремі важкі метали у небезпечних кількостях.

2. Ефективним заходом для зменшення рівня екологічної небезпеки та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій є облаштування штучних геохімічних бар'єрів на шляху ймовірної міграції забруднювачів з териконів вугільних шахт до водойм.

Список літератури:

1. Рудько Г. І. Екологічний стан геологічного середовища як фактор масового захворювання дітей флюорозом у Червоноградському гірничо-промисловому районі / Г. І. Рудько, Н. І. Смоляр, С. К. Вишинський // Мін. рес. України. – 1997. – № 4. – С. 34–42.

2. Іванов Є. Сучасний стан та інтенсивність розвитку процесів просідання і підтоплення в межах Червоноградського гірничо-промислового району / Є. Іванов, М. Кобелька // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2006. – Вип. 33. – С. 112–121.

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

4. Starodub Y.P. Simulation of watershed process on Ukraine-Polish border areas / Y.P. Starodub, A.P. Havrys, P.V. Budchuk // Drogi wodne Europy srodkowo – Wschodniej. Materiały konferencyjne. – Warszawa: SEJM RP. – 2016. – Pp. 120–125.

5. Starodub G.P. Projekt badania wpływu obwodnienia na środowisko i geofizyczna sytuacja brzegowych regionów Polski Wschodniej i Zachodniej Ukrainy / G.P. Starodub, P.P. Ursulyak // Geomatyka i inżynieria: kwartalnik naukowy PWSZ. – 2013. – № 1. – S. 65–72.

6. Starodub Y. Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district / Y. Starodub, V. Karabyn, A. Havrys, I. Shainoga, A. Samberg // Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing, 2018, Berling, Germany (10 October 2018). doi: 10.1117/12.2501928

7. Karabyn V. Thermal regimes of spontaneous firing coal washing waste sites / V. Karabyn, B. Shtain, V. Popovych // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences. 2018. Volume 3, No 429. Pp. 64 – 74.

8. Popovych V.V. The vegetation on the waste banks of Novovolyn mining region of Ukraine / V.V. Popovych // Forests as a renewable source of vital values for changing world: IAWS plenary meeting and conference. SPb.–M. 15–21 June 2009; 92.

9. Природа Львівської області / За ред. К.І. Геренчука. – Л.: В-во Львівського університету, 1972. – 174 с.

10. Книш І. Б. Розподіл вмісту хемічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничо-промислового району / І. Б. Книш, В. В. Харкевич // Вісник Львівського університету. – Сер.: геологічна, 2003. – Вип. 17. – С. 148-158.

11. Knysh I. Heavy metals distribution in the waste pile rocks of Chervonogradska mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine) / I. Knysh, V. Karabyn // Pollution Research Journal Papers. – 2014. – № 33(04). – С. 663-670.

12. Книш І. Б. Мікроелементи порід терикону копальні “Степова” Львівсько – Волинського кам’яновугільного басейну (екологічні аспекти) / І. Б. Книш, В. В. Карабин // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2003. – №2. – С. 139–146.

13. Книш І. Б. Парагенетичні асоціації важких металів у породах терикону копальні Степова Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну / І. Б. Книш, В. В. Карабин // Мінеральні ресурси України, 2004. – № 3. – С. 42-44.

14. Книш І. Б. Геохімія мікроелементів у породах терикону копальні Межирічанська Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну / І. Книш, В. Карабин // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – № 3-4 (152-153). – С. 85-101.

15. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. / В. А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.

16. Емельянов Е. М. Барьерные зоны в океане / Е. М. Емельянов. – Калининград: 1998. – 416 с.

17. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: Аст-рея-2000, 1999. – 610 с.

18. Крайнов С. Р. Гидрогеохимия / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. – М.: Недра, 1992. – 464 с.

19. Максимович Н. Г. Использование геохимических барьеров для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения / Н. Г. Максимович, С. М. Блинов // Сергеевские чтения. Вып.2: Материалы годич. сесс. Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М. ГЕОС, 2000. – С. 224-231.

20. Кроїк Г. А. Фізико-хімічні процеси в природно-техногенних системах як основа оцінки захисних властивостей геологічного середовища. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. Київ, 2004. – 33 с.

References:

1. Rudko, H.I., Smolar, N.I., Vyshynsky, S.K. (1997). Ecological state of the geological environment as a factor of mass disease of children by fluorosis in the Chervonograd mining and industrial area. *Mineralni resursy Ukrainy*. 4, 34–42. (in Ukr.)

2. Ivanov, Ye, Kobelka, M. (2006). Current state and intensity of development of subsidence and flooding processes within the Chervonograd mining

area. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna*. 33, 112–121. (in Ukr.)

3. Karabyn, V.V. (2018). Factors of subsidence and flooding of the coal mining areas of the Chervonograd industrial mining region. *Mineralni resursy Ukrainy*. 3, 32-36. (in Ukr.)

4. Starodub Y.P., Havrys A.P. and Budchuk P.V. (2016). Simulation of watershed process on Ukraine-Polish border areas. *Drogi wodne Europy srodkowo – Wschodniej. Materiały konferencyjne*. - Warszawa - SEJM RP. 120-125.

5. Starodub, G.P. and Ursulyak, P.P. (2013). Projekt badania wpływu obwodnienia na środowisko i geofizyczna sytuacja brzegowych regionów Polski Wschodniej i Zachodniej Ukrainy. *Geomatyka i inżynieria: kwartalnik naukowy PWSZ*. – Jarosław. 1, 65-72. (in Pol.)

6. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainoga, I., Samberg, A. (2018). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. *Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing, 2018, Berling, Germany (10 October 2018)*. doi: 10.1117/12.2501928

7. Karabyn, V., Shtain, B., Popovych, V. (2018). Thermal regimes of spontaneous firing coal washing waste sites. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences*. 429, 64 – 74.

8. Popovych, V.V. (2009). The vegetation on the waste banks of Novovolyn mining region of Ukraine. *Forests as a renewable source of vital values for changing world: IAWS plenary meeting and conference*. SPb.–M., 15-21 june 2009; 92.

9. *Pryroda Lvivskoi oblasti* [The nature of the Lviv region]. Za red. Herenchuk, K.I. (1972). Lviv.: Vydavnytstvo Lvivskoho universytetu. (in Ukr.)

10. Knysh, I.B., Kharkevych, V.V. (2003). Distribution of chemical elements contents in rocks waste dumps in Chervonograd mining area. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Ser.: heolohichna*. 17, 148-158. (in Ukr.)

11. Knysh, I. and Karabyn, V. (2014) Heavy metals distribution in the waste pile rocks of Chervonogradska mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine), *Pollution Research Journal Papers*; 33(04), 663-670.

12. Knysh, I.B. and Karabyn, V.V. (2003). Microelements in dump of rocks of coal mine Stepova Lviv-Volyn Coal Basin. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn*. 2, 139–146. (in Ukr.)

13. Knysh, I.B. and Karabyn, V.V. (2004). Paragenetic associations of heavy metals in the rocks of the steppe mine of the steppe of the Lviv-Volyn Coal Basin. *Mineralni resursy Ukrainy*. 3, 42-44. (in Ukr.)

14. Knysh, I.B. and Karabyn, V.V. (2010). Geochemistry of microelements in the rocks of waste pile of Mezhrichanska mine of the Lviv -Volyn coal

basin. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn. 3-4 (152-153)*, 85-101. (in Ukr.)

15. Alekseenko, V.A. (2000). *Ekolohycheskaia heokhymia* [Ecological geochemistry]. Moscow, Lohos.. (in Rus.)

16. Emelianov, E.M. (1998). *Barer nye zony v okeane* [Barrier Zones in the Ocean]. Kaliningrad. (in Rus.)

17. Perelman, A.I. and Kasimov, N.S. (1999). *Heokhymia landshafta* [Landscape geochemistry]. Moscow, Astreia -2000. (in Rus.)

18. Krainov, S.R. and Shvets, V.M. (1992). *Hydroheokhymia* [Hydrogeochemistry]. Moscow, Nedra. (in Rus.)

19. Maksimovich, N.H. and Blinov, S.M. (2000). *Yspolzovanye heokhymycheskykh barerov dlia*

zashchyty podzemnykh y poverkhnostnykh vod ot zahriazneniya [The use of geochemical barriers to protect groundwater and surface water from pollution.]. Serheevskye chtenyia. Vyp.2: Materyaly hodych. sess. Nauch. soveta RAN po problemam heoekolohyy, ynzhenernoi heolohyy y hydroheolohyy. Moscow, HEOS. 224-231. (in Rus.)

20. Kroik, H.A. (2004). "Physico-chemical processes in natural and man-made systems as the basis for evaluating the protective properties of the geological environment". Thesis abstract for Dr. Sc. (Geology). Kiev National University, Kyiv, Ukraine. (in Ukr.)

V. Karabyn

WAYS TO REDUCE THE RISK OF OCCURRENCE OF ENVIRONMENTAL ORIGIN EMERGENCY SITUATIONS IN AREAS OF ANTHROPOGENIC IMPACT AT COAL MINES

The description of the topic and problems of the object. The factors of environmental danger that can lead to emergency situations in areas of technogenic impact of mining enterprises in the Lviv-Volyn coal basin are analyzed.

The purpose of the article is to justify the feasibility of the measures to minimize the spread of pollutants from mine dumps by the arrangement of geochemical barriers.

The results of the research. The microelement composition of the dumps rocks of some mines in the coal basin have been examined. The rocks of mine waste heaps Chervonograd in compareness with the clark for clays and mudstone rocks of waste heaps concentrate Cobalt, Lead, Magnesium, Yttrium, Cuprum, Itterbium and Beryllium; Nadiia – Gallium, Manhan, Plumbum, Stanum, Itterbium, Cuprum; Stepova – Titanium and Tsirconium; Mezhyrichanska – Molybdenum and Plumbum. By the principal component method paragenetic associations of trace elements and environmental parameters, which gave the opportunity to predict the ways and forms the main components of migration of trace element contamination are dedicated. In particular, for the rocks of mine waste heaps at Stepova such paragenetic associations are allocated: 1) the thickness of the bulk layer, the swiftness of slope, the ash content of rocks, the concentration of Sn, Cr, Zn and mudstones; the content of coal, pyrite, siderite, siltstone, Co, Ni, Mo, Cu, geomorphological characteristics, radioactivity of rocks; 2) the concentration of Pb, Ti, Cu, Sr, mudstone and rocks; 3) the contents of Mn and P. For the rocks of mine Mezhyrichanska are shown the association: 1) content of V, Y, Yb, Co, Ti, P, Cr, Ni, Be, Mn, Cu, Ba, Sn, Sc, Zn, Ga, Sr, Zr, ash content of rocks 2) the content of Mo, distribution of coal, not burnt rocks and pyrite. For the environment protection from pollution the most optimal methods are based on acceleration of the natural transformation of pollutants in the secure or their targeted concentrations in some limited areas with an area of the lithosphere, which are declared. To reduce the level of environmental risk and minimize the occurrence of emergency, on the territory of the Lviv-Volyn coal basin, the arrangement of artificial geochemical barriers on the way of pollutants from coal mine waste dumps to water have been proved for the first time.

Keywords: environmental safety, Geochemistry of Technogenesis, minerals, Lviv-Volyn coal basin, the emergency.