

УДК 502.171:622.333+550.42:546.56(477.83)

ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ МІДІ У ЗОНІ ТЕХНОГЕНЕЗУ ОБ'ЄКТІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ (на прикладі шахти Візейська Червоноградського гірничо-промислового району)

Карабин В.В., Кочмар І.М.

Карабин В.В. канд. геол. н., завідувач кафедри екологічної безпеки, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, vasyi.karabyn@gmail.com.

Кочмар І.М. викладач кафедри екологічної безпеки, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, irynalevytska1@gmail.com

У статті здійснено оцінку чинників екологічної небезпеки довкілля у зоні впливу шахти Візейська, спричинених розподілом різних форм міді у породах терикону, на основі встановлення закономірностей поширення форм міді у зоні техногенезу. В аргілітах, алевролітах, пісковиках, вугіллі терикону та ґрунтах у зоні техногенезу шахти встановлено концентрації міді у валовій формі та у кислотній, ацетатно-амонійній та водній витяжках. Вміст валових форм міді у породах териконів копальні Візейська змінюється від 8,04 мг/кг до 65,89 мг/кг і в середньому складає 31,63 мг/кг. Встановлено коефіцієнти концентрації купруму відносно кларку в осадових породах, за якими побудовано ряд купрумофільності порід терикону. Концентрація міді у кислотній витяжці найбільша в аргілітах (6,72 мг/кг), менша у вугіллі (6,08 мг/кг), пісковиках (4,14 мг/кг) і найменша у алевролітах (2,29 мг/кг). Ряд зменшення вмісту купруму в ацетатно-амонійній витяжці є дещо іншим: аргіліти (3,10 мг/кг) – вугілля (1,90 мг/кг) – алевроліти (1,50 мг/кг) – пісковики (1,35 мг/кг). За відношенням до валової форми частка міді у солянокислій витяжці змінюється від 0,099 до 0,515 у породах та від 0,576 до 0,625 у ґрунтах; у ацетатно-амонійній – від 0,044 до 0,168 у породах та від 0,119 до 0,137 у ґрунтах.

Результати досліджень дають підставу оцінити ґрунти у зоні впливу терикону шахти Візейська з позицій поширення різних форм міді як безпечні та придатні до використання.

Ключові слова: вуглевидобуток, форми знаходження важких металів, екологічна безпека, геохімія міді.

Вступ та аналіз попередніх досліджень

Концентрація важких металів у складових довкілля є важливим чинником екологічної безпеки. Особливо вагомий вплив на рівновагу екосистеми чинять рухомі форми важких металів, які визначають у водній та ацетат-амонійній витяжках. Серед низки важких металів мідь цікава значною біодоступністю, високим класом токсичності (другий клас небезпеки), високою мінливістю її вмісту у різних складових довкілля.

Кларк міді у земній корі 55 мг/кг [1], в осадових породах 57 мг/кг, у ґрунтах 20 мг/кг, у золі рослин 200 мг/кг [2]. Мідь утворює велику кількість мінералів, з яких найбільш поширеними є прості та складні сульфіді. Вони досить легко руйнуються при вивітрюванні, вивільнюючи іони міді, особливо у кислому середовищі. Тому мідь вважають рухливим важким металом у гіпергенних процесах. У ґрунтах катіони міді проявляють більшу

схильність до хімічної взаємодії з мінеральними і органічними компонентами. Іони міді можуть легко осаджуватися у вигляді сульфідів, карбонатів і гідроксидів [3].

За даними [4] вміст валових форм міді в гумусовому шарі ґрунтів Західноукраїнської лісостепової провінції на відносно незабруднених територіях коливається від 120 до 180 мг/кг, а середнє значення становить 145 мг/кг. Найнижчий вміст купруму можна спостерігати у ясно-сірих середньосуглинкових, а найвищий – у темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах. Вміст міді в ґрунтах Українського Полісся знаходиться в межах від 12 до 18 мг/кг, у сірих лісових ґрунтах поблизу м. Ірпінь його вміст 4,0 мг/кг. Наведені дані свідчать про надзвичайно високу мінливість концентрацій валових форм міді у ґрунтах.

Переважаючим у поверхневих умовах літосфери серед рухомих форм міді є катіон з валентністю +2, проте в ґрунтах можуть бути присутні і інші іонні форми (Cu^+ , CuOH^+ , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuO та ін.). Багато органічних сполук утворюють розчинні або нерозчинні комплекси з міддю, тому здатність ґрунтів зв'язувати цей метал або містити його в розчинній формі залежить від складу і кількості органічних речовин в ґрунтах [3].

За даними [4] вміст валових форм міді ґрунтах прямо залежить від вмісту гумусу, фізичної глини, обмінного кальцію і становить від 4,5 до 8,5 % її валового вмісту. Фонова концентрація рухомих форм міді в гумусовому шарі ґрунтів Західноукраїнської лісостепової провінції коливається від 1,7 до 2,8 мг/кг за середнього значення 2,1 мг/кг [4]. Вміст рухомих форм цього металу в гумусовому шарі чорнозему (2,8 мг/кг) у півтора рази перевищує його вміст в опідзолених (1,8 мг/кг) та ясно-сірих ґрунтах (1,7 мг/кг). У торфовищах та болотних ґрунтах концентрація рухомих форм купруму становить 2,2 мг/кг [5].

Розподіл Cu в рослинах дуже мінливий. Найбільші концентрації міді виявлено в зародках зерен злаків і в насінневих оболонках. Вміст Cu нижче 2 мг/кг, ймовірно, несприятливий для більшості рослин. Засвоєння міді рослинами є дуже малим у порівнянні з її вмістом в ґрунті. В середньому зернові культури поглинають з ґрунту приблизно 20–30 г Cu на 1 га, а лісова рослинність – близько 40 г на 1 га в рік [3].

Унаслідок невисокої біофільної здатності міді її середня концентрація у вугіллі є дещо меншою, ніж в осадових породах та ґрунтах. У кам'яному вугіллі кларк купруму складає 17 ± 1 г/т та 110 ± 10 г/т у золі кам'яного вугілля [6].

Незважаючи на загальну толерантність рослинних видів і генотипів до міді, цей елемент все ж розглядається як сильно токсичний. Передбачити, за яких концентрацій цього металу в ґрунті виникнуть токсичні ефекти в рослинах, надзвичайно складно. Надлишок Cu в поверхневому шарі ґрунтів пригнічує розвиток рослин, особливо уповільнює проростання зерен і розвиток кореневої системи. Вміст міді в рослинах з незабруднених регіонів різних

країн коливається від 1 до 10 мг/кг сухої маси. У золі різноманітних рослинних видів міді міститься 5 – 1500 мг/кг. У низці видів, які ростуть у широкому діапазоні природних умов, концентрації цього металу в пагонах рідко перевищують 20 мг/кг сухої маси, тому така величина часто розглядається як межа, що відокремлює область надлишкових вмістів. Найважливіша обставина в забрудненні ґрунтів міддю – це велика схильність поверхневого шару ґрунтів до її накопичення. Внаслідок цього вміст Cu в ґрунтах зростає в деяких випадках до вкрай високих значень – близько 3500 мг/кг поблизу індустриальних джерел забруднення і 1500 мг/кг у випадку забруднення джерелами агротехнічного походження [3].

Гранично допустима концентрація (ГДК) рухомих форм (в ацетатно-амонійній буферній витяжці) купруму в ґрунтах – 3,0 мг/кг [7]. Згідно з [8] орієнтовано допустима концентрація (ОДК) міді в різних групах ґрунтів з урахуванням фону коливається від 33 до 132 мг/кг. Мідь відноситься до II класу токсичності.

Метою роботи є оцінка чинників екологічної небезпеки довкілля у зоні впливу шахти Візейська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, спричинених розподілом різних форм міді у породах териконів шахти.

Об'єктом досліджень є відвальні породи та ґрунти у зоні впливу шахти Візейська. Копальня Візейська належить до Червоноградського гірничо-промислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ). Шахта введена в експлуатацію у 1960 році і виведена з експлуатації у 2009 році. Її виробнича потужність сягала 0,25 млн. т вугілля на рік. Видобуток вугілля супроводжувався нагромадженням на поверхні значної кількості вуглевмісних порід. Терикони розташовані на відстані 250 м північно-східніше від шахти на алювіальних відкладах р. Рати та водно-льодовикових відкладах на позначці 195 м. Атмосферні опади з терикона потрапляють безпосередньо в р. Рату [9], тому визначення концентрації рухомих форм важких металів є актуальним (рис. 1). Площа основи терикона шахти Візейська становить $225\,000\text{ м}^2$. Висота терикона сягає 10–40 м. Кут відкосу порід – $25\text{--}47^\circ$. Наявні практично вертикальні відкоси, складені горілими породами. У териконі нагромаджено $5,1\text{ млн м}^3$ породи. Щорічно терикон поповнювали свіжою породою об'ємом близько 40 тис. м^3 . Терикон є неоднорідним за будовою, складається з двох взаємопов'язаних частин – західної і східної. Західна частина терикона складена переважно горілими породами у формі усіченого конуса, східна – негорілими, сформованими у плоский відвал. Окремі фрагменти складені різними за складом, звітрілістю і ступенем горілості породами. На схилах терикон частково рекультивований шляхом насипання шару піску та суглинків товщиною 0,5–0,7 м, який заріс травою [9].



Рис.1. Карта розташування об'єктів вуглевидобутку Червоноградського гірничопромислового району ЛВБ (запозичено з [10]): 1 – шахта, 2 – шахта Візейська, 3 – водозабори питних вод, 4 – автомобільні шляхи.

Предметом досліджень є чинники екологічної небезпеки довкілля у зоні впливу шахти Візейська, спричинені присутністю різних форм міді у породах териконів шахти.

Оцінка чинників екологічної небезпеки є актуальним завданням, особливо у зоні впливу об'єктів підвищеної техногенної небезпеки, потенційних джерел забруднення питних вод тощо. Слід також зазначити, що Львівщина належить до територій із високою питомою щільністю об'єктів підвищеної небезпеки – 38,5 об'єктів / тис. км² [11], що створює необхідність більш детальної екологічної оцінки та постійно діючого моніторингу таких об'єктів [12 – 14].

Методика досліджень. Відбір проб порід проводився згідно до ГОСТ 17.4.4.02-84 безпосередньо з терикону. Відібрано 20 проб порід із різних частин терикону. Здійснено

макроскопічний опис порід, встановлено їх кількісні співвідношення. Породи розфасовано за літологічним складом. Також, відібрано 10 проб ґрунту на відстані 50 та 200 м від підніжжя терикону. Усі проби були висушені, подрібнені. Проби порід розділено за фракціями. Витяжки з порід здійснено з об'єднаних проб. Об'єднано проби аргілітів негорілих, аргілітів перегорілих, алевролітів негорілих, алевролітів перегорілих, пісковиків перегорілих, вугілля негорілого, ґрунтів на відстанях 50 та 200 м від терикону, порід окремо з верхньої і нижньої частин терикону.

Приготування розчинів витяжок з порід та ґрунту здійснено згідно до ДСТУ 4770.9:2007. Валову форму міді визначали після руйнування породи 1 н. HNO_3 у присутності H_2O_2 . Кислоторозчинну форму міді визначали у витяжці 0,1 н розчину HCl , рухомі форми – з ацетатно-амонійного буферного розчину (ААБР) з рН 4,8 та водній витяжці з використанням дистильованої води. Під час виготовлення витяжок використовувались окремі нативні наважки проб. Зберігалось співвідношення мас «порода-розчин» 1:10.

Встановлення концентрації міді у витяжках здійснено атомно-абсорбційним методом із використанням спектрометра ААС-115-М-1 [15].

Кислоторозчинна форма важких металів вважається основною техногенною складовою у запасі важких металів у ґрунті [16]. ААБР екстрагує передусім хімічні елементи у іонообмінній формі, які є найбільш доступними для рослин, через це ті кількості металів, які вилучені ААБР, називають біодоступними. Слід зазначити, що ацетат-амонійна витяжка окрім вилучення обмінних форм сприяє екстракції деяких кількостей металів з органічних речовин, оксидів, гідроксидів [17].

Стосовно оцінки металів, які вилучаються ацетатно-амонійною і водною витяжками, немає термінологічної визначеності. У переважній більшості наукових праць [18-21] та стандартів (ДСТУ 4770.1:2007-4770.9:2007) ті кількості металів, які екстраговані ацетатно-амонійним буферним розчином, ототожнюють із рухомими формами металів. У роботі [22] до рухомих форм відносять ті кількості металів, які вилучені з ґрунту ААБР та солянокислою витяжкою (1 н. HCl). Водночас, рухомими, звісно, є метали, екстраговані водною витяжкою. Щоб уникнути непорозумінь, ми у цій статті не використовуємо термін «рухома форма» і будемо користуватись термінами «ацетатно-амонійна витяжка» та «водна витяжка».

Результати досліджень.

Літологічний та мінеральний склад порід. Породи терикона шахти Візейська представлені горілими та негорілими аргілітами, алевролітами, пісковиками, вугіллям у співвідношенні 55:25:15:2. Літологічний опис порід наведено нижче за І.Б. Книшом [9].

Аргіліти сірі до чорного. Основна маса представлена глинистими мінералами: гідрослюдою, каолінітом і частково хлоритом. *Алевроліти* сірі і темно-сірі, слабкошаруваті, розмір зерен > 0,07 мм. Містять кварц (до 70 %), польові шпати (8–10 %), слюди (3–6 %), вугілля (2 %), гідрогетит-лімоніт (180 зерен на 0,01 г породи), пірит (до 150 зерен на 0,01 г породи фракції 0,1–0,01 мм). *Пісковики* ясно-сірі, сірі з зеленкуватим або бурим відтінком, розміром зерен до 1 мм. Містять кварц (50–60 %), польові шпати (1–10 %), слюди (до 10 %), пірит (до 360 зерен на 0,01 г породи фракції 0,25–0,1 мм), гідрогетит-лімоніт (220 зерен на 0,01 г породи), вугілля (24 уламки на 0,01 г породи). У породах встановлено також хлорит, халькопірит, зрідка зустрічаються лейкоксен, гранат, циркон.

Вугілля шахти Візейська є гумусовим за походженням. Головні мінеральні включення у вугіллі – глинистий матеріал, пірит і кальцит. Загалом у суміші порід кількість піриту не перевищує 2,6 %.

Зольність суміші порід терикона коливається від 41 до 98 % (дисперсія 187) і в середньому становить 72 %, що дещо нижче, ніж на інших териконах басейну (75–79 %). Зольність суміші порід збільшується з підвищенням ступеня горілості порід терикона, кількості алевролітів та частково аргілітів [9].

Мінливість вмісту валових форм міді.

Середній зольний коефіцієнт вуглефільності міді складає 1,7, що характеризує Cu як помірно вуглефільний хімічний елемент [6]. Водночас, у Люблінському басейні вміст міді у вугіллі сягає 1790 г/т за середнього вмісту 465 г/т [23].

Валова концентрація купруму у відвальних шахтних породах Західного Донбасу коливається від 20 до 50,0 мг/кг, а їх середнє значення становить 38,3 мг/кг [24]. Породи териконів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну містять мідь у концентраціях від 6,5 мг/кг до 139,3 мг/кг. Опублікованих даних щодо поширення міді у різновидах порід вугільної формації в межах ЛВБ є вкрай мало, а інформація відносно концентрацій металів у суміші порід є менш придатною для прогнозування геохімічних та екологічних змін (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст валових форм міді у породах териконів вугільних шахт Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Шахта	Концентрація міді, мг/кг				Джерело даних
	Аргіліт	Алевроліт	Пісковик	Суміш порід	
Візейська	128,4	136,7	27,02	65,53	[9]
Межирічанська	82,8	23,2	9,5	30,8	[25]
Червоноградська	75,4	139,3	17,1	67,5	[26]
Степова	-	-	-	6,5	[27]
Нововолинська 1	-	-	-	29,0	[28]
Нововолинська 2	-	-	-	35,0	[28]
Нововолинська 3	-	-	-	34,0	[28]
Нововолинська 4	-	-	-	24,0	[28]
Нововолинська 5	-	-	-	40,0	[28]
Нововолинська 6	-	-	-	32,0	[28]
Нововолинська 8	-	-	-	30,0	[28]

Дані таблиці 1 свідчать про вкрай високу мінливість вмісту міді у породах териконів шахт Червоноградського гірничо-промислового району ЛВБ. Найбільш мінливою є концентрація міді в алевроліті : 23,2 – 139,3 мг/кг, у якому найбільша концентрація у 6 разів перевищує найменшу. Також слід зазначити відсутність єдиної схеми концентрування міді у породах різного літологічного складу, а саме: концентрація купруму зростає у ряді пісковик – аргіліт – алевроліт на териконах шахт Візейська і Червоноградська та у ряді пісковик – алевроліт – аргіліт на териконі шахти Межирічанська. На териконі шахти Візейська концентрація міді у алевроліті перевищує вміст міді у пісковіку у 5 разів.

За даними досліджень авторів (табл. 2), концентрація міді у породах териконів копальні Візейська змінюється від 8,04 мг/кг до 65,89 мг/кг і в середньому складає 31,63 мг/кг , що є меншим у порівнянні з результатами досліджень І.Б. Книша [9]. Слід зазначити, що на це, серед іншого, могли вплинути відмінності у методах досліджень (попередні дослідники користувались напівкількісним спектральним аналізом, ми – кількісним атомно-адсорбційним) та різниця у часі відбору проб (15 років). Найвищий вміст міді виявлений нами у аргілітах, найменший – у пісковиках. Коефіцієнти концентрації купруму у досліджених нами різновидах порід відносно кларку в осадових породах наступні: аргіліт (0,71) – алевроліт (0,59) – вугілля (0,37) – пісковик (0,14).

У ґрунтах, відібраних у зоні впливу терикону шахти Візейська ЛВБ, вміст валових форм міді за даними авторів становить 2,05 мг/кг на віддалі 50 м та 1,6 мг/кг на віддалі 200 м від терикону. Такі концентрації є значно меншими у порівнянні з вмістом міді у ґрунтах зони впливу сміттєзвалищ Львівської області (3,1 – 54,4 мг/кг) [5].

Мінливість вмісту міді у солянокислій та ацетат-амонійній витяжках.

Результатів досліджень поширення різних форм міді у зоні техногенезу териконів вугільних шахт вкрай мало. Зумовлено це, насамперед, високою трудоемністю та вартістю таких досліджень. Водночас, саме інформація про кількості металів, екстраговані ААБР та водою, є найважливішою для оцінки екологічної безпеки та прогнозування міграції. Проблемою для порівнянь результатів досліджень також є і те, що не завжди аналітичні визначення здійснюються однаковими методами. Наприклад, О.М. Яцух та В.В. Снітинський [29] концентрацію кислоторозчинних форм міді визначали екстрагуючи метали HNO_3 , а ми вилучали метали HCl . За цими даними, концентрація кислоторозчинних форм міді у ґрунтах на віддалі 0-500 м від шахти Червоноградська коливається від 3 до 36 мг/кг, причому в окремих профілях зафіксовано зменшення концентрації з віддаллю від терикону [29]. За нашими даними, ґрунти у зоні впливу терикону шахти Візейська містять мідь у солянокислій витяжці у кількості 1,09 мг/кг, у ацетат-амонійній – 0,24 мг/кг (табл. 2).

Таблиця 2. Розподіл вмісту різних форм міді у породах терикону шахти Візейська та ґрунтах.

Породи		Вміст Cu у витяжці, мг/кг			
		Валова форма	Солянокисла витяжка	Ацетатно-амонійна витяжка	Водна витяжка
1	Негорілий аргіліт	65,89	11,94	5,49	2,7
2	Перегорілий аргіліт	14,99	1,49	0,70	<0,1 (н.ч.м)*
3	Негорілий алевроліт	56,91	4,85	2,50	<0,1 (н.ч.м)*
4	Перегорілий алевроліт	10,01	0,99	0,50	<0,1 (н.ч.м)*
5	Перегорілий пісковик	8,04	4,14	1,35	<0,1 (н.ч.м)*
6	Негоріле вугілля	33,91	6,08	1,90	<0,1 (н.ч.м)*
7	Ґрунт, 50 м від терикону	2,05	1,18	0,28	<0,1 (н.ч.м)*
8	Ґрунт, 200 м від терикону	1,60	1,00	0,19	<0,1 (н.ч.м)*

* н.ч.м. – нижче чутливості методу.

У породах терикону шахти Візейська найбільша концентрація міді у солянокислій витяжці виявлена нами у негорілому аргіліті (6,72 мг/кг), менша – у вугіллі (5,11 мг/кг), пісковиках (4,14 мг/кг) і найменша – у алевролітах (2,29 мг/кг). Зменшення вмісту купруму в ацетатно-амонійній витяжці є дещо іншим: аргіліти (3,10 мг/кг) – вугілля (1,63 мг/кг) – алевроліти (1,50 мг/кг) – пісковики (1,35 мг/кг) (табл. 2).

Ґрунти у зоні впливу терикону копальні Візейська містять мідь, яка вилучається ААБР у кількості 1,6 – 2,05 мг/кг. Для порівняння, у породах відвалу ліквідованої шахти №67

Донецького вугільного басейну концентрація рухомих форми міді, визначеної в ААБР, коливається від 8,5 до 11,26 мг/кг [30].

Мінливість вмісту водорозчинних форм міді. Водорозчинні форми важких металів безпосередньо беруть участь у кругообігу води і через це контроль їх поширення дуже важливий для оцінки екологічної безпеки території. У відвальних шахтних породах Західного Донбасу вміст водорозчинних форм міді становить у середньому 0,16 мг/кг [24].

У породах терикону шахти Візейська нами встановлено мідь лише у водній витяжці з негорілого аргіліту у кількості 2,7 мг/кг.

Обговорення результатів досліджень.

Рівень екологічної небезпеки довкілля у частині загроз забруднення важкими металами визначається, насамперед, концентрацією цих елементів у ацетатно-амонійній та водній витяжках, оскільки вони є біодоступними та маючи високу міграційну здатність можуть забруднити води, у тому числі питної якості. Водночас, концентрація валових та кислоторозчинних форм важких металів інформує дослідника про резерви цих елементів, оскільки в умовах гіпергенезу валові та кислоторозчинні форми з часом можуть перейти у рухомі. Більшість даних щодо вмісту важких металів у породах і ґрунтах стосуються валових форм важких металів. З огляду на це, важливо знати співвідношення між концентраціями хімічних елементів у різних формах, що дасть змогу прогнозувати концентрації рухомих форм елементів, знаючи їх концентрації у валовій формі.

Породи відвалу шахти Візейська характеризуються дуже мінливими коефіцієнтами переходів між різними формами міді. За відношенням до валової форми частка міді у кислоторозчинній формі змінюється від 0,099 до 0,515 у породах та від 0,576 до 0,625 у ґрунтах; у формі екстракту ААБР – від 0,044 до 0,168 у породах та від 0,119 до 0,137 у ґрунтах (рис. 2).

Найбільшими коефіцієнтами розподілення міді в системах «розчин/порода» у випадку солянокислої та ацетат-амонійної витяжок з нативних проб характеризуються ґрунти та пісковики, меншими – негорілі аргіліти і негоріле вугілля, і найменшими – аргіліти та перегорілі алевроліти. Незважаючи на аномально високу частку кислоторозчинної форми міді у пісковиках та низькі значення цього показника у аргілітах та алевролітах, надійних статистичних закономірностей зміни цього показника відносно розміру зерен порід встановити не вдалося.

Порівняльний аналіз результатів досліджень з інтервалом у 15 років свідчить про зменшення вмісту валових форм міді у породах терикону шахти Візейська.

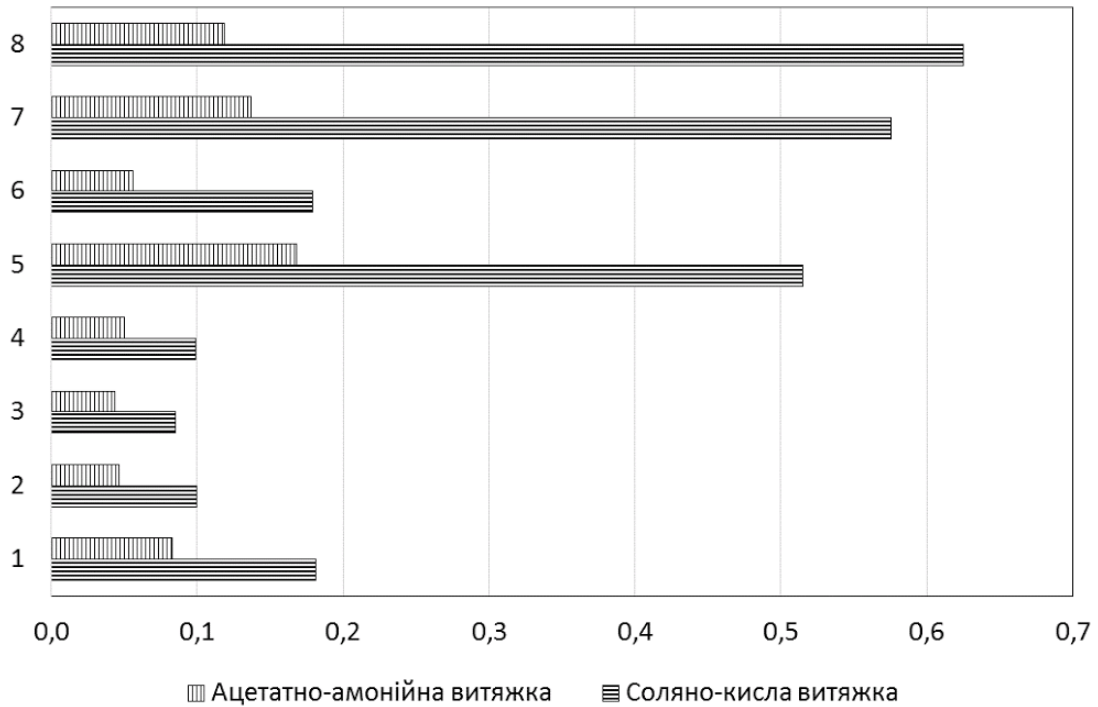


Рис.2. Характеристика зміни часток міді у солянокислій та ацетатно-амонійній витяжках до валової форми у породах різного літологічного складу: 1 – негорілий аргіліт, 2 – перегорілий аргіліт, 3 – негорілий алевроліт, 4 – перегорілий алевроліт, 5 – перегорілий пісковик, 6 – негоріле вугілля, 7 – ґрунт на відстані 50 м від терикону, 8 – ґрунт на відстані 200 м від терикону.

Цікавим і малодослідженим явищем є зміна концентрації важких металів у негорілих та перегорілих породах. За даними [9, 25-26] більшість металів, у тому числі мідь, мають більший вміст важких металів у перегорілих породах за відношенням до негорілих. Це є закономірним, оскільки при горінні породи вигорає наспереди її органічна частина, а частка мінеральної стає більшою. Отже, кількість металів на одиницю маси у збільшується. За даними [9], горілі породи терикону шахти Візейська, у порівнянні з негорілими, концентрують мідь у валовій формі з коефіцієнтом 2,1. Таке концентрування особливо характерне для алевролітів – у 6,6 разів та значно менше для пісковиків – 1,2-1,6 та аргілітів – 1,1-1,4. Подібні закономірності виявлені і у породах інших териконів. Зокрема, перегорілі породи терикону шахти Межирічанська концентрують мідь з коефіцієнтом 1,4 [25].

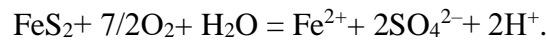
Виходячи з результатів наших досліджень, перегорілі аргіліти та алевроліти терикону шахти Візейська у порівнянні з їх негорілими аналогами характеризуються меншим вмістом міді, ніж їх негорілі аналоги. Концентрація валових форм міді у негорілому аргіліті перевищує вміст купруму у перегорілому аргіліті у 4,4 рази, в алевроліті – у 1,25 разів. Така ж закономірність спостерігається і у солянокислій та ацетатно-амонійних витяжках, у яких

коефіцієнт концентрації міді у негорілих породах відносно перегорілих змінюється від 4,9 до 8,01 (див. табл. 2).

На нашу думку, процес зменшення вмісту купруму у перегорілих породах, порівняно з їх негорілими аналогами, може відбуватися внаслідок зміни форми знаходження в них металу. Зокрема, в негорілих породах купрум може перебувати у зв'язаному (нерозчинному) стані: у вигляді змішаних сульфідів (у т.ч. халькопіриту), карбонату, складних органічних комплексів тощо. При горінні окремих частин терикону ці сполуки окиснюються і купрум, найбільш ймовірно, переходить у форму розчинних солей (наприклад, сульфату).

Процес окиснення сульфідів у зоні техногенезу вугільних териконів добре досліджений для піриту. Цей процес відбувається у три стадії [31, 32]:

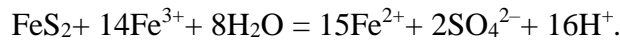
I стадія. Окиснення піриту під каталітичною дією бактерій виду *Thiobacillus ferrooxidans* з виділенням 1440 кДж/моль тепла:



II стадія. Перехід двовалентного заліза у тривалентне під дією бактерій цього ж виду з виділенням 102 кДж/моль тепла:

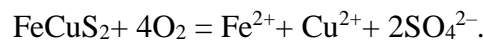


III стадія. Окиснення сульфїду до сульфату й відновлення тривалентного заліза до двовалентного з виділенням 11 кДж/моль тепла:



Загалом у процесі окиснення піриту виділяється 1,553 кДж/моль, що призводить до підвищення температури всередині відвалів і створення оптимальних умов для розвитку мезофільних мікроорганізмів та активізації гіпергенних процесів. За температури 248–261°C газоподібна сірка самозаймається, що спричиняє горіння териконів.

У випадку з халькопіритом FeCuS_2 перша стадія окиснення може відбуватися за такою схемою:



Концентрація валових форм купруму у ґрунтах зони техногенезу шахти Візейська (1,60-2,05) є низькою у порівнянні з середнім вмістом міді у ґрунтах (20 мг/кг), геохімічним фоном ґрунтів Волинської області (15,1 мг/кг) [28]. Також низькими у порівнянні з вмістом у ґрунтах Львівщини [5] є концентрації металу у солянокислій та ацетат-амонійній витяжках. Концентрація купруму в екстракті ААБР з ґрунтів у 11 разів менша від відповідної ГДК.

Висновки

1. Шахта Візейська належить до Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, породи її терикону представлені перегорілими та негорілими аргілітами, алевролітами, пісковиками, вугіллям у співвідношенні 55:25:15:2. У мінеральному складі порід присутній халькопірит (CuFeS_2) – важливе джерело міді.

2. Вміст валових форм міді у породах териконів копальні Візейська змінюється від 8,04 мг/кг до 65,89 мг/кг і в середньому складає 31,63 мг/кг. Найвищий вміст міді виявлено нами у аргілітах, найменший – у пісковиках. Коефіцієнти концентрації купруму відносно кларку в осадових породах такі: аргіліт (0,71) – алевроліт (0,59) – вугілля (0,37) – пісковик (0,14). У ґрунтах, відібраних у зоні впливу терикону, вміст валових форм міді становить 2,05 мг/кг на віддалі 50 м та 1,6 мг/кг на віддалі 200 м від терикону.

3. У солянокислій витяжці найбільша концентрація міді виявлена у негорілих аргілітах (6,72 мг/кг), менша – у вугіллі (5,11 мг/кг), пісковиках (4,14 мг/кг) і найменша – у алевролітах (2,29 мг/кг). Ряд зменшення вмісту купруму в ацетатно-амонійній витяжці є дещо іншим: аргіліти (3,10 мг/кг) – вугілля (1,63 мг/кг) – алевроліти (1,50 мг/кг) – пісковики (1,35 мг/кг).

За відношенням до валової форми частка міді у солянокислій витяжці змінюється від 0,099 до 0,515 у породах та від 0,576 до 0,625 у ґрунтах; у ацетатно-амонійній – від 0,044 до 0,168 у породах та від 0,119 до 0,137 у ґрунтах.

4. Ґрунти у зоні впливу терикону шахти Візейська не містять понаднормових та понадфонових концентрацій купруму, як у валовій формі, так і в ацетатно-амонійній і водній витяжках.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Taylor S.R.* Trace elements abundances and the chondritic Earth model. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 28. 1964, 1989. – 1998.
2. Краткий справочник по геохимии /Под ред. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. – М.: Недра, 1970. – 280 с.
3. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. / Кабата-Пендиас А., ПендиасХ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. *Жовинский Э.Я.* Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.
5. *Карабин В.В.* Форми знаходження міді у ґрунтах в зоні техногенезу сміттєзвалищ / В.В. Карабин, А.С. Войціховська, В.Д. Погребенник // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-

геологічна. – № 16 (206). – 2012. – С. 193-198.

6. Юдович Я.Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 648 с.

7. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК), утв. МЗ СССР от 01.02.85. – № 3210–85.

8. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020–94 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах» (Дополнение N 1 к перечню ПДК и ОДК N 6229–91) (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 27 декабря 1994 г. N 13).

9. Книш І.Б. Геохімія мікроелементів у породах терикона шахти Візейська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну / І.Б. Книш // Вісник Львівського університету. – Сер.: геологічна, 2008. – Вип 22. – С. 58–71.

10. Інтерактивна карта родовищ корисних копалин. Електронний ресурс URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvna-karta-rodovyshch-korysnykh-kopalyn.htm>

11. Лисиченко Г.В. Проблеми хімічної та радіаційної безпеки України / Г.В. Лисиченко // Вісн. НАН України, 2015, № 6. – С. 20-27. doi: 10.15407/visn2015.06.020

12. Лисиченко Г.В. Концептуальні засади створення експертної аналітично-інформаційної підсистеми аналізу ризиків державної системи моніторингу довкілля / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль // Моделювання та інформаційні технології. – 2009. – Вип. 50. – С. 71-77.

13. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008.–543 с.

14. Екологічна безпека вугільних родовищ України / Рудько Г.І., Бондар О.І., Яковлев Є.О., Машков О.А. та ін. – Київ - Чернівці: Букрек, 2016. – 608 с.

15. Определение содержания тяжелых металлов в пробах почвы. Сборник «Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (издание 2-е, перераб. и доп.). – М., 1992. – 238 с.

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

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

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

19. *Войціховська А.С.* Експериментальні дослідження рухомих та кислоторозчинних форм важких металів у ґрунтах у зоні впливу Львівського полігону твердих побутових відходів / А.С. Войціховська, В.В. Карабин, В.Д. Погребенник // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 1. – С. 96-99.
20. *Войціховська А.С.* Поширення різних за рухомістю форм цинку у ґрунтах у зоні техногенезу сміттєзвалищ / А.С. Войціховська, В.В. Карабин, В.Д. Погребенник // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. – 2013. – № 2 (19). – С. 3–9.
21. *Loza Iryna, Kul'bachko Yurii, Didur Oleg, Kryuchkova Angelina.* Environmental Role of Earthworm (*Lumbricidae*) in Formation of Soil Buffering Capacity Against Copper Contamination in Remediated Soil, Steppe Zone of Ukraine. Chapter 14. P. 277-287 <http://dx.doi.org/10.5772/64722> // Soil Contamination - Current Consequences and Further Solutions. Edited by *Marcelo L. Larramendy and Sonia Soloneski*, Publisher: InTech, 2016. 354 pages. DOI: 10.5772/62589
22. *Самохвалова В.* Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту / В. Самохвалова, А. Фатєєв, Є. Лучникова // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2011. – Вип. 55. – С. 125–133.
23. *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. (Rep. EPA-600/7-79-098a).
24. Пат. 55027 Україна МПК G01N 33/24 G01N 33/18. Спосіб визначення класу небезпеки твердих відходів гірничодобувної промисловості / Г.А. Кроїк, В.А. Білецька, Н.Є. Яцечко, В.І. Демура; власник Дніпропетровський Національний університет імені Олеся Гончара. – № u200909965 ; заявл. 30.09.2009 ; опублік. 10.12.2010, Бюл. № 23. – 3 с.
25. *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.
26. *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. Vol 33, Issue 04, 2014. 663-670.
27. *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.

28. Терещук О. Вплив відвалів гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району / О. Терещук // Вісник Львівського університету. – Сер.: Географічна. – 2007. – Вип. 34. – С. 279-285.
- 29 Яцух О.М. Особливості територіального розподілу важких металів у зоні впливу відвалу Червоноградської шахти / О.М. Яцух, В.В. Снітинський // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького. – 2011. – Т. 13, № 2(2). – С. 190-195.
30. Павличенко А.В. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт/ А. В. Павличенко, А. А. Коваленко // Геотехнічна механіка. – 2013. – Вип. 110. – С. 116-123.
31. Перельман А.И. Геохимия ландшафта/ А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Аст-рея-2000, 1999. – 610 с.
32. Мінеральний склад відходів видобутку і збагачення вугілля, їхні екзогенні зміни та вплив на природні води за результатами гідроекологічного моделювання (Червоноградський гірничопромисловий район) / Г. Бучацька, Н. Дворянська, А. Дворянський, В. Дяків // Мінералогічний збірник. – 2014. – № 64. Вип. 2. – С. 176–194.

REFERENCES

1. Taylor S.R. Trace elements abundances and the chondritic Earth model. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 28. 1964, 1989-1998.
2. Kratkyi spravochnyk po heokhymuu [Quick reference book on geochemistry] / Pod red. Н. Voitkevych, А. Myroshnykov, А. Povarennykh, V. Prokhorov – М.: Nedra, 1970. – 280 s [in Russian].
3. Kabata-Pendyas A. Mykroelementy v pochvakh y rastenyakh [Microelements in soils and plants]: per. s anhl. / A. Kabata-Pendyas, Kh. Pendyas – М.: Mir, 1989. – 439 с [in Russian].
4. E. Zhovynskyi. Heokhymia tiazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine] / E. Zhovynskyi, Y. Kuraeva. – К.: Naukova dumka, 2002. – 213 с [in Russian].
5. V. Karabyn. Formy znakhodzhennia midi u gruntakh v zoni tekhnohenezu smittiezvalyshch [The forms of copper bedding in dump soils of the man-caused area] / V. Karabyn, А. Voitsikhovska, V. Pohrebennyk // Naukovi pratsi DonNTU. Seriiа hirnycho-heolohichna. – № 16 (206). – 2012. – S. 193-198 [in Ukrainian].
6. Ya. Yudovych. Toksychnye elementy-primesi v iskopaemykh uhliakh [Toxic elements-impurities in fossil coals] / Ya. Yudovych, M. Ketrys. – Ekaterynburh: UrO RAN, 2005. – 648 s [in Russian].

7. Predelno dopustymye kontsentratsyy khymycheskykh veshchestv v pochve (PDK) [The maximum allowable concentrations of chemical substances in the soil (MPC)] /Utv. MZ SSSR ot 01.02.85. –№ 3210–85 [in Russian].
8. Hihienicheskie normativy HN 2.1.7.020–94 «Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) tiazhelykh metallov i myshiaka v pochvakh» (Dopolnenye N 1 k perechniu PDK y ODK N 6229–91) (utv. Postanovlenym Hoskomsanepidnadzora RF ot 27 dekabria 1994 h. N 13) [Hygienic standards GN 2.1.7.020-94 «Approximate permissible concentrations (ODC) of heavy metals and arsenic in soils» (Supplement No. 1 to the list of MPC and ODC N 6229-91) (approved by the Resolution of the State Committee for Sanitary and Epidemiological Control No. 12 of December 27, 1994)] [in Russian].
9. I. Knysh. Heokhimiia mikroelementiv u porodakh terykona shakhty Vizejska Lvivsko-Volynskoho kamianovuhilnoho baseinu [Geochemistry of microelements in the rocks of waste pile of mine «Vizejska» of the Lviv-Volyn coal basin] / I.B. Knysh // Visnyk Lvivskoho universytetu. – Ser.: heolohichna, 2008. – Vyp 22. – S. 58-71 [in Ukrainian].
10. Interaktyvna karta rodovyshch korysnykh kopalyn [Interactive map of mineral deposits]. Elektronnyi resurs URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvna-karta-rodovyshch-korysnykh-kopalyn.htm> [in Ukrainian].
11. H. Lysychenko. Problemy khimichnoi ta radiatsiinoi bezpeky Ukrainy [Problems of Chemical and Radiation Safety of Ukraine] / H.V. Lysychenko // Visn. NAN Ukrainy, 2015, № 6. – С. 20-27. doi: 10.15407/visn2015.06.020 [in Ukrainian].
12. H. Lysychenko. Kontseptualni zasady stvorennia ekspertnoianalitychno-informatsiinoi pidsystemy analizu ryzykiv derzhavnoi systemy monitorynhu dovkillia [Conceptual bases of creation of expert analytical information subsystem risk analysis environmental monitoring] / H.V. Lysychenko, H.A. Khmil // Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii. – 2009. – Vyp. 50. – S. 71-77 [in Ukrainian].
13. H. Lysychenko. Pryrodnyi, tekhnohennyi ta ekolohichni ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnia [Natural, technological and environmental risk analysis, valuation, management] / H. Lysychenko, Yu. Zabulonov, H.A. Khmil. – K.: Naukova dumka, 2008. –543 s [inUkrainian].
14. Ekolohichna bezpeka vuhilnykh rodovyshch Ukrainy [Environmental safety of coal deposits in Ukraine] / H. Rudko, O. Bondar, Ye. Yakovliev, O. Mashkov ta in. – Kyiv - Chernivtsi: Bukrek, 2016. – 608 s.
15. Opredelenie sodержaniia tiazhelykh metallov v probakh pochvy. Sbornik «Metodycheskie ukazaniia po opredeleniiu tiazhelykh metallov v pochvakh selkhozuhodii i produktsii rastenievodstva» (izdanie 2, pererab. y dop.). [Determination of heavy metals in soil samples.

Collection «Methodological guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production»] – M., 1992. – 238 s [*in Russian*].

16. N. Bobryk *Poshyrennia ta akumulatsiia vazhkykh metaliv u gruntakh przyaliznychnykh terytorii* [Distribution and accumulation of heavy metals in soils in the of railway areas] / N. Bobryk // *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia, ekolohiia*. – 2015. – № 23(2), – S. 183–189. doi:10.15421/011526 [*in Ukrainian*].

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

18. L. Bylyna. *Vmist rukhomykh form midi u gruntakh Berdychivskoho raionu* [The content of mobile forms of copper in soils Berdichiv region] / L. Bylyna, I. Pershko // *Biologichni doslidzhennia. Zbirnyk naukovykh prats*. – Zhytomyr: PP «Ruta», 2016. – С. 335 – 336 [*in Ukrainian*].

19. A. Voitsikhovska *Eksperymentalni doslidzhennia rukhomykh ta kyslotorozchynnykh form vazhkykh metaliv u gruntakh u zoni vplyvu Lvivskoho polihonu tverdykh pobutovykh vidkhodiv* [Experimental research of mobile and acid soluble forms of heavy metals in soils in the area of influence of the Lviv landfill] / A. Voitsikhovska, V. Karabyn, V. Pohrebennyk // *Visnyk ChDTU*. – 2013. – № 1. – S. 96-99 [*in Ukrainian*].

20. A. Voitsikhovska *Poshyrennia riznykh za rukhomistiю form tsynku u gruntakh u zoni tekhnohenezu smittiezvalyshch* [Distribution of different forms of mobility of zinc in soils in the zone of technogenic dumps] / A. Voitsikhovska, V. Karabyn, V. Pohrebennyk // *Naukovi pratsi DonNTU. Serii hirnycho-heolohichna*. – 2013. – № 2 (19). – S. 3–9 [*in Ukrainian*].

21. I. Loza, Yurii Kul'bachko, Oleg Didur, Angelina Kryuchkova. Environmental Role of Earthworm (*Lumbricidae*) inFormation of Soil Buffering Capacity Against CopperContamination in Remediated Soil, Steppe Zone ofUkraine. Chapter 14. P. 277-287 <http://dx.doi.org/10.5772/64722> // *Soil Contamination - Current Consequences and Further Solutions. Edited by Marcelo L. Larramendy and Sonia Soloneski, Publisher: InTech, 2016. 354 pages. DOI: 10.5772/62589*

22. V. Samokhvalova *Ekoloheoheokhimichna otsinka fonovoho rivnia vmistu riznykh form mikroelementiv gruntu* [Ecological-geochemical assessment of background levels of various forms of trace elements of soil] / V. Samokhvalova, A. Fatieiev, Ye. Luchnykova // *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*. – 2011. – Vyp. 55. – S. 125–133 [*in Ukrainian*].

23. C. Cecil, R. Stanton, S. Allshouse, R. Finkelman. 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. (Rep. EPA-600/7-79-098a).

24. Pat. 55027 Ukraina MPK G01N 33/24 G01N 33/18. Sposib vyznachennia klasu nebezpeky tverdykh vidkhodiv hirnychodobuvnoi promyslovosti [Pat. 55027 Ukraine IPC G01N 33/24 G01N 33/18. Method of determining the danger level solid waste mining] / H. Kroik, V. Biletska, N. Yatsechko, V. Demura; vlasnyk Dnipropetrovskiyi Natsionalnyi universytet imeni Olesia Honchara. – № u200909965 ; zaiavl. 30.09.2009 ; opublik. 10.12.2010, Biul. № 23. – 3 s [in Ukrainian].

25. I. Knysh. Heokhimiia mikroelementiv u porodakh terykonu kopalni Mezhyrichanska Lvivsko-Volynskoho kamianovuhilnoho baseinu [Geochemistry of microelements in the rocks of waste pile of Mezhyrichanska mine of the Lviv -Volyn coal basin] / I. Knysh, V. Karabyn // Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn. – 2010. – № 3-4 (152-153). – S. 85-101 [in Ukrainian].

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

27. I. Knysh. Rozpodil vmistu khemichnykh elementiv u porodakh terykoniv Chervonohradskoho hirnycho-promysloвого raionu. [Distribution of chemical elements contents in rocks waste dumps in Chervonograd mining area] // I. Knysh, V. Kharkevych // Visnyk Lvivskoho universytetu. – Ser.: heolohichna, 2003. – Vyp. 17. – S. 148-158 [in Ukrainian].

28. O. Tereshchuk Vplyv vidvaliv hirnychodobuvnoi promyslovosti na navkolyshnie seredovyshe Novovolynskoho hirnychopromysloвого raionu [The impact of mining dumps on the environment Novovolynsk mining area] // Visnyk Lvivskoho universytetu. – Ser.: Heohrafichna. – 2007. – Vyp. 34. – S. 279-285 [in Ukrainian].

29. O. Yatsukh. Osoblyvosti terytorialnoho rozpodilu vazhkykh metaliv u zoni vplyvu vidvalu Chervonohradskoi shakhty [Special features of the spatial distribution of heavy metals in the area of influence of the mine dump Chervonohrad] / O/ Yatsukh, V. Snitynskyi // Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. Gzhytskoho. – 2011. – T. 13, № 2(2). – S. 190-195 [in Ukrainian].

30. A. Pavlychenko. Ekolohichna nebezpeka porodnykh vidvaliv likvidovanykh vuhilnykh shakht [Environmental hazard dumps liquidated mines] / A. Pavlychenko, A. Kovalenko // Heotekhnichna mekhanika. – 2013. – Vyp. 110. – S. 116-123 [in Ukrainian].

31. A. Perelman. Heokhymia landshafta [Landscape Geochemistry] / A. Y. Perelman, N. S. Kasymov. – M. : Ast-reia-2000, 1999. – 610 s [in Russian].

32. Mineralnyi sklad vidkhodiv vydobutku i zbahachennia vuhillia, yikhni ekzohenni zminy ta vplyv na pryrodni vody za rezultatamy hidroekolohichnoho modeliuвання (Chervonohradskiy hirnychopromyslovyi raion) [The mineral composition of waste production and enrichment, exogenous changes and their impact on the natural water hydroecological simulation results (Chervonograd mining region)] / Н. Buchatska, N. Dvorianska, A. Dvorianskyi, V. Diakiv // Mineralohichnyi zbirnyk. – 2014. – № 64. Vyp. 2. – S. 176–194 [in Ukrainian].

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЕ МЕДИ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕНЕЗА ОБЪЕКТОВ УГЛЕДОБЫЧИ (на примере шахты Визейская Червоноградского горно-промышленного района)

Карабын В.В., Кочмар И.Н.

Карабын В.В. канд. геол. н., заведующий кафедрой экологической безопасности, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, vasyi.karabyn@gmail.com.

Кочмар И.Н. преподаватель кафедры экологической безопасности, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, irynalevytska1@gmail.com

В статье осуществлена оценка факторов экологической опасности окружающей среды в зоне влияния шахты Визейская, вызванных распределением различных форм меди в породах террикона на основе установления закономерностей распространения форм меди в зоне техногенеза. Шахта Визейская относится к Львовско-Волынскому каменноугольному бассейну Украины, который можно рассматривать как юго-восточную часть Люблинского бассейна Польши. Шахта работала в течение 1960 – 2009 годов и за это время накопила в терриконе около 5 100000 м³ пород.

В аргиллитах, алевролитах, песчаниках, угле террикона и почве в зоне техногенеза шахты установлены концентрации меди в валовой форме, кислотной, ацетатно-аммонийной и водной вытяжках. Содержание валовых форм меди в породах террикона шахты Визейская меняется от 8,04 мг/кг до 65,89 мг/кг и в среднем составляет 31,63 мг/кг. Установлены коэффициенты концентрации меди относительно кларка в осадочных породах, по которым построен ряд купрумфильности пород террикона.

Концентрация меди в кислотной вытяжке наибольшая в аргиллитах (6,72 мг/кг), меньше в угле (6,08 мг/кг), песчаниках (4,14 мг/кг) и наименьшая в алевролитах (2,29 мг/кг). Ряд уменьшения содержания меди в ацетатно-аммонийного вытяжке несколько иной: аргиллиты (3,10 мг/кг) – уголь (1,90 мг/кг) – алевролиты (1,50 мг/кг) – песчаники (1,35 мг/кг). По отношению к валовой форме коэффициент концентрации меди в солянокислой вытяжке меняется от 0,099 до 0,515 в породах и от 0,576 до 0,625 в почвах; в ацетатно-аммонийной – от 0,044 до 0,168 в породах и от 0,119 до 0,137 в почвах.

Результаты исследований дают основание оценить почвы в зоне влияния террикона шахты Визейская с позиции распространения различных форм меди как безопасные и пригодные к использованию.

Ключевые слова: угледобыча, формы нахождения тяжелых металлов, экологическая безопасность, геохимия меди.

COPPER SPECIATION IN TECHNOGENESIS AREA OF COAL MINING INDUSTRY (case of Vizeyska mine Chervonohrad mining area)

V. Karabyn, I. Kochmar

V. Karabyn, Ph.D (Geology), Head of Department, Lviv State University of Life Safety, vasyi.karabyn@gmail.com

I. Kochmar, lecturer of Environmental Safety Dept., Lviv State University of Life Safety, irynalevytska1@gmail.com

This article provides an environmental hazard factors assessment in the Vizeyska mine area. The assessment is aimed at the determination of the copper species spreading mechanisms in the mine's gob pile rock. Vizeyska mine belongs to the Lviv-Volyn coal basin of Ukraine which can be identified as the southeastern part of the Lublin Basin in Poland. This mine was in operation from 1960 to 2009 accumulating 5.1 million m³ of rock in the gob pile.

The copper concentrations in mudstones, siltstones, sandstones, gob pile's coal and soils in the affected area have been determined in the bulk form and in acid soluble, ammonium acetate and water soluble extracts. The content of copper in the gob pile in the bulk form varies from 8.04 mg/kg to 65.89 mg/kg and is on the average 31.63 mg/kg. The copper concentration ratios in relation to Clarke in the sedimentary rock were found, and based on these data, a copperphilicity range for the gob pile rock was proposed.

The copper concentration in the acid soluble extract is the highest in mudstone (6.72 mg/kg), a bit lower in coal (6.08 mg/kg), sandstones (4.14 mg/kg) and the lowest in siltstone (2.29 mg/kg). The copper content reduction range in the ammonium acetate extract is somewhat different: mudstones (3.10 mg/kg) – coal (1.90 mg/kg) – siltstone (1.50 mg/kg) – sandstone (1.35 mg/kg). As regards the bulk form, the copper content ratios in the hydrochloric acid extract range from 0.099 to 0.515 in the rock and from 0.576 to 0.625 in the soils; in the ammonium acetate – from 0.044 to 0.168 in the rock and from 0.119 to 0.137 in the soils.

The results of our research allow to consider the soils in the area affected by the Vizeyska mine's gob pile with regard to spreading of various copper species environmentally safe and utilizable.

Key words: coal-mining, heavy metals speciation, environmental safety, geochemistry of copper