

УДК 553.9:550.4(477.8)

Іван КНИШ<sup>1</sup>, Василь КАРАБИН<sup>2</sup>

**ГЕОХІМІЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ  
У ПОРОДАХ ТЕРИКОНУ КОПАЛЬНІ МЕЖИРІЧАНСЬКА  
ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ**

<sup>1</sup>Львівський національний університет ім. Івана Франка,  
olando@ukr.net

<sup>2</sup>Львівське відділення  
Українського державного геологорозвідувального інституту,  
karabynlviv@yahoo.com

Досліджено геохімію порід терикону копальні Межирічанська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Породи представлені аргілітами (78 %), алевролітами (14 %), пісковиками (6 %) та вугіллям (2 %). Вугілля копальні – гумусового типу, збіднене мікроелементами, окрім Молібдену, Плюмбуму та Ітербію.

Породи терикону концентрують Молібден та Плюмбум, вміст яких вищий, порівняно з кларком для осадових пелітових порід (глини, аргіліти).

З'ясовано парагенетичні асоціації хімічних елементів та інші показники щодо порід терикону. Обґрунтовано високу ймовірність у понадфонових кількостях надходження Плюмбуму і Молібдену в суміжні з териконом породи зони аерації та води р. Рати. Запропоновано відповідні запобіжні заходи для зменшення екологічних ризиків.

*Ключові слова:* терикон, вугілля, мікроелементи, парагенетична асоціація.

Розробка вугільних родовищ пов'язана з вийманням на поверхню великих об'ємів порід, води та газу. Під час видобування тонни вугілля шахтним способом на поверхню надходить приблизно 100 м<sup>3</sup> породи, 3 м<sup>3</sup> шахтної води, 13 м<sup>3</sup> метану, 8 м<sup>3</sup> діоксиду вуглецю (Александров, 1979). Речовини, які виймають з надр у процесі вуглевидобування, часто є токсичними. Це призводить до формування у верхніх горизонтах літосфери специфічних техногенних геохімічних систем, зокрема терикон–грунт–підземна вода або шахтна вода–поверхнева вода–грунт.

Відомо, що відходи вуглевидобування часто містять небезпечні для довкілля концентрації хімічних елементів, зокрема важких металів (Василев, Василева, 2005). Розташування таких потенційних джерел забруднення в басейні транснаціональної р. Західний Буг та р. Рата – її лівої притоки, води яких використовують для господарсько-побутових потреб, підвищує актуальність еколого-геологічних досліджень.

© Іван Книш, Василь Карабин, 2010

ISSN 0869-0774. Геологія і геохімія горючих копалин. 2010. № 3–4 (152–153)

**Мета роботи** – дослідити геохімію мікроелементів у породах терикону копальні Межирічанська.

Головні завдання:

- вивчити склад і морфометричні характеристики терикону;
- встановити літологічний та хімічний склад порід;
- з’ясувати парагенетичні асоціації мікроелементів у породах;
- оцінити ризик забруднення мікроелементами прилеглих територій, зокрема води р. Рата, та запропонувати заходи щодо зменшення цього ризику;
- оцінити можливість використання порід терикону в будівельній та інших галузях промисловості.

**Методика досліджень.** Упродовж 2004–2007 рр. спільно з працівниками Великомоствівської геологорозвідувальної партії дочірнього підприємства “Західукргеологія” проведені еколого-геологічні дослідження терикону копальні Межирічанська. Опробування виконано рівномірною мережею 100 x 100 м. Відібрано 60 зразків суміші порід терикону. Досліджено літологічний і мінеральний склад порід та вміст у них хімічних елементів. Літологічний опис порід, окрім стандартного опису, передбачав встановлення процентного вмісту в суміші порід аргілітів, алевролітів, пісковиків, вугілля. Методом візуальної мікроскопії виявлено низку мінералів, однак у підсумкову таблицю, сформовану для математичної обробки, подано вміст лише тих, які найчастіше траплялися – піриту, халькопіриту та сидериту. З’ясовано ступінь перегорілості (у %), звітрілості порід (у балах) та товщину насипного шару (у метрах). Встановлено зольність кожного зразка породи. Вміст P, Sr, Mn, Ni, Ba, Pb, V, Cu, Zr, Sn, Ga, Cr, Mo, Ti, Y, Yb, Zn, Ge, Co у суміші порід (аргіліти, алевроліти, зрідка пісковики) терикону встановлено спектральним аналізом у лабораторії Львівської геологорозвідувальної експедиції ДП “Західукргеологія”. Усі досліджені показники відібраних проб згруповані та опрацьовані математичними методами.

**Результати досліджень.** Шахта Межирічанська працює з 1959 р. Приблизно половина запасів вугілля вичерпана. Її виробнича потужність становить 0,65 млн т вугілля в рік. Видобуток вугілля супроводжується нагромадженням на поверхні значної кількості вуглевмісних порід, які складають у терикон, розташований на відстані 100 м на захід від шахти на алювіальних відкладах р. Рати на позначці 195 м. Атмосферні опади з терикону потрапляють безпосередньо в річку.

Терикон є штучним нагромадженням порід ізометрично-витагнутої форми в плані і призматичної – у вертикальному перерізі. Площа основи терикону копальні Межирічанська становить 272 000 м<sup>2</sup>, висота сягає 12–28 м. Кут відкосу порід – 25–37°. У териконі нагромаджено 4,3 млн м<sup>3</sup> породи. Щорічно його поповнюють свіжою породою об’ємом 40 тис. м<sup>3</sup>. Терикон складається із двох взаємопов’язаних частин – західної і східної. Він неоднорідний за будовою. Окремі фрагменти складені породами, різними за складом, звітрілістю та ступенем перегорілості. На поверхні терикону переважають негорілі породи. На схилах він частково рекультивованим шляхом насипання шару піску та суглинків товщиною 0,5–0,7 м, який заріс травою. Породи представлені аргілітами (78 %), алевролітами (14 %), пісковиками (6 %) та вугіллям (2 %).

*Хімічний склад порід.* Результати хімічного аналізу порід терикону наведено в табл. 1.

Т а б л и ц я 1. Результати хімічного аналізу порід терикону копальні Межиричанська

Порода	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO*	CaO
Пісковик	75–83,2	5,7–9,8	0,2–0,6	2,7–4,1	0,1–0,4
Аргіліт	48,7–58,3	9,6–22,7	0,4–1,0	8,8–9,8	0,7–3,4
Алевроліт	49,8–70,5	16,2–23,2	0,8–1,1	1,2–1,5	0,7–1,2
Горіла	59,9	22,7	1,0	8,0	0,8
Звітріла	38,1	16,3	0,7	10,6	0,8
Свіжа	38,4	17,1	0,7	11,9	0,8

Продовження табл. 1

Порода	MgO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O**	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Пісковик	0,4–1,2	0,95–1,5	1,8–3,9	0,1–0,25	0–0,1
Аргіліт	1,2–2,0	1,2–3,1	1,9–4,6	0,2–6,5	0,2–2,1
Алевроліт	0,8–1,2	1,5–3,8	0,5–1,5	0–0,3	0,1–0,4
Горіла	1,4	2,6	2,4	0,93	0,1
Звітріла	1,9	2,2	27,7	0,53	0,6
Свіжа	1,4	2,3	25,8	0,35	0,2

\*Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO.

\*\*Втрата під час прокалювання.

Середній вміст сірки в породах терикону становить 2,5 %. Вміст вуглецю у вугіллі копальні коливається від 78,0 до 85,8 %, вміст сірки – від 0,9 до 8,3 %.

Важливим технологічним та екологічним показником якості вугілля є його зольність. Зольність вугілля копальні Межиричанська коливається від 4,2 до 33,9 %. Це відносно високий показник, який є негативним у природоохоронному аспекті. У золі вугілля переважає SiO<sub>2</sub> – 37,7 %. У значних кількостях містяться Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 18,5 % та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 17,5 %. Оксид титану, що є екологічно небезпечним, міститься в золі вугілля в кількості 0,76 %.

Встановлено, що від 55 до 73 % сірки вугілля міститься в піриті. Однак присутня вона і в сульфатних та органічних сполуках. Вміст сульфатної сірки коливається від 0,01 до 0,18 %. Її найбільший середній вміст встановлено у вугільному пласті  $n_7^B$  (0,06 %). Вміст сірки в органічних сполуках – від 0,28 до 3,98 %. Її найбільший середній вміст – у пластах  $n_8^B$  (1,43) та  $n_9$  (1,22 %).

*Розподіл мікроелементів у вугіллі.* Спеціалісти ДП “Західукргеологія” встановили геохімічний концентраційний ряд важких металів у золі вугілля бужанської світи Львівсько-Волинського басейну (ЛВБ) (перевищення максимальних над середніми вмістами для вугільної формації): Mo68–Ag50–V47–Cu29–Ba28–Co18–Be17–Sr17–Ga9,5–Ni8,5–Yb7,9–P7–Pb7–Zn6,8–Y5,9–U5,7–Ge5,7–Sc5,0–Mn5,0–Ti3,5–Cr3,0–As2,9.

Вугілля копальні Межиричанська концентрує Mo, Pb і Yb, порівняно з кларком у земній корі, та Mo і Pb, порівняно з кларком для осадових пелітових порід (аргіліти, глини) (табл. 2).

Т а б л и ц я 2. Вміст металів у вугіллі копальні Межирічанська порівняно з іншими об'єктами

Хімічний елемент	Вміст, г/т					
	Вугілля копальні Межирічанська	Середнє у вугіллі Львівсько-Волинського басейну (Лелик, 1990)	Зола кам'яного вугілля світу (Геохимия..., 1990)	Межі вмісту у вугіллі світу (Radenovic, 2006)	Кларк у земній корі (Taylor, 1964)	Кларк в осадових породах (глини, аргіліти) (Виноградов, 1962).
Ba	152,4	399	930	20–1000	425	800
Be	1,6	3,3	21	0,1–15	2,8	3
Co	14,7	62	34	0,5–30	25	18
Cr	42,0	16	86	0,5–60	100	100
Cu	29,1	64	80	0,5–50	55	57
Ga	9,7	6,7	51	1–20	15	30
Mn	546,2	164	460	5–300	950	670
Mo	4,1	4,2	25	0,1–10	1,5	2
Ni	28,1	18	90	0,5–50	75	95
P	448,4	597	–	10–3000	1050	770
Pb	32,3	9,5	170	2–80	12,5	20
Sc	6,5	11	20	1–10	22	10
Sn	0,8	0,8	7,5	0,2–4	2	10
Sr	76,7	248	460	15–500	375	450
Ti	2021,8	939	4600	10–2000	5700	4500
V	88,2	37	180	2–100	135	130
Y	28,4	24	47	–	33	30
Yb	2,4	2,9	7	–	0,3	3
Zn	39,7	24	150	5–300	70	80
Zr	51,1	50	250	5–200	165	200

*Поширення металів у породах терикону.* Встановлення геохімічної спеціалізації відходів вуглевидобування є надзвичайно важливим завданням, оскільки дає змогу оцінити терикон копальні як промислову або агрохімічну цінність, розробити заходи щодо запобігання можливому забрудненню довкілля, оптимізувати експлуатаційні та рекультивацийні роботи.

Породи терикону копальні Межирічанська загалом збіднені мікроелементами порівняно з кларком. Водночас деякі виявлені елементи мають вищі значення концентрації, зокрема Yb (коефіцієнт концентрації (Кс) – 7,3), Mo (Кс 3,7), Pb (Кс 2,0). Близькі до кларку вмісти V та Y (Кс 0,9). Вміст хімічних елементів у різновидах та суміші порід наведено в табл. 3.

Однак оскільки в териконі домінують пелітові породи, доцільніше порівнювати їхній мікроелементний склад з середнім значенням для глин і аргілітів (Виноградов, 1962). Порівняно з цим кларком породи терикону збіднені всіма досліджуваними мікроелементами, крім Pb та Mo (рис. 1). Вміст Pb та Mo на 39 та 71 % площі терикону відповідно перевищує кларк для пелітових порід.

На окремих ділянках вміст Y, Mn, Yb, V, Co, Sc, P, Be, Cu перевищує кларк в осадових породах у 7 разів. Зокрема, вміст Co та Mn на 36 % площі

Т а б л и ц я 3. Вміст хімічних елементів у породах терикону копальні Межирічанська (за результатами спектрального аналізу), г/т

Хімічний елемент	Породи терикону (середні значення)	Аргіліт	Алевроліт	Пісковик	Вугленосні породи ЛВБ (Лелик, 1990)
Ba	161,3	389	225,1	321,8	351
Be	1,65	4,3	2,7	1,4	7,2
Bi	–	3,3	7	–	0,9
Co	15,6	34,1	24,4	17,5	14
Cr	44,4	121,5	67	126,7	108
Cu	30,8	82,8	23,2	9,5	27
Ga	10,3	21,8	20,2	12,7	15,5
Mn	577,4	2076	1100	1350	620
Mo	4,1	6,1	1,5	0	2,2
Ni	29,8	50,6	31,4	44,4	30
P	474,2	850	208,6	360,7	563
Pb	34,1	25	9,2	4,9	21
Sc	6,8	24,7	12,1	0	25
Sn	0,9	9,4	2,5	10	2,8
Sr	81,1	55,9	44,9	95	177
Ti	2138	7422	4158	9500	3777
V	93,3	218	141,4	95	85
Y	30,1	58,7	23	25,7	17
Tb	2,5	4,6	1,8	2,3	1,9
Zn	42	51,8	38,6	47,5	93
Zr	53,9	79,4	19,5	164,4	165
W	–	–	–	2	1,8

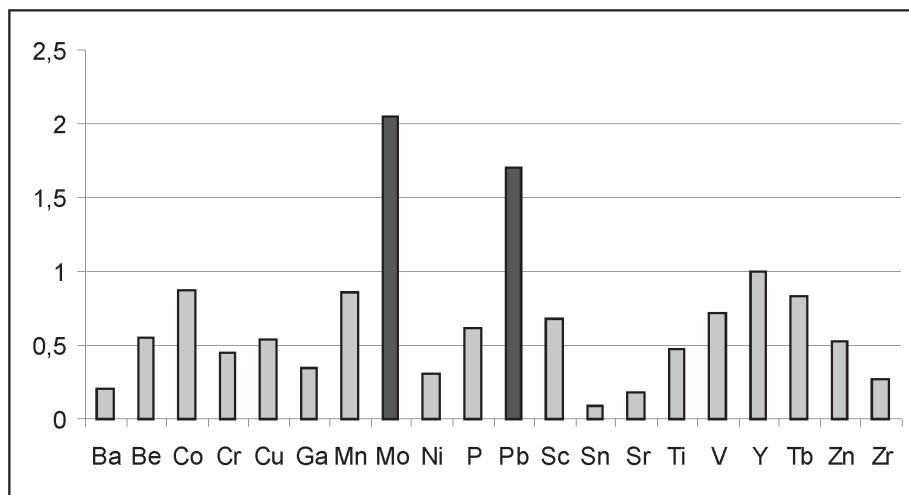


Рис. 1. Діаграма розподілу коефіцієнтів концентрації середніх значень вмісту важких металів у породах терикону копальні Межирічанська відносно кларку (Виноградов, 1962) у глинах та аргілітах

терикону перевищує відповідні кларки (20 проб із 56), Y та Yb – 30, V і Cu – 22 (13 проб), Sc – 20 (11 проб), Be – 18 (10 проб), P – 12 % (7 проб). Тому важливо встановити закономірності поширення мікроелементів у породах терикону, відтворити механізми їхньої концентрації та збіднення (винесення). Для цього ми застосували факторний аналіз.

*Парагенетичні асоціації хімічних елементів.* За результатами факторного аналізу ми з'ясували асоціації важких металів у суміші порід терикону. Встановлено, що підвищені концентрації майже всіх хімічних елементів, окрім Mo, на значній території пов'язані із зольністю порід терикону. Тобто, ці елементи переважно містяться в неорганічних складових порід. На це вказує фактор F1, який становить 38 % (рис. 2, а). Породи високої зольності та збагачені важкими металами формують усю, окрім схилу, поверхню західної частини терикону. Середня зольність порід на цій ділянці – 73 %. Середній вміст мікроелементів у породах такий (г/т): Ba – 239,1; Be – 2,58; P – 684,8; Mn – 868,7; Pb – 55,7; Sn – 1,7; Cr – 72,3; Ga – 14,02; Ni – 44,3; Mo – 5,17; V – 158,4; Ti – 3456,2; Cu – 50,3; Yb – 3,3; Y – 49,5; Zn – 57,4; Sc – 10,6; Zr – 85,2; Co – 24,6; Sr – 118,9. Породи схилів західного терикону характеризуються зольністю 62,7 % та невисоким вмістом досліджених мікроелементів (г/т): Ba – 68,9; Be – 0,56; P – 220,5; Mn – 235,1; Pb – 3,6; Sn – 0,04; Cv – 12,7; Ga – 5,6; Ni – 12,5; Mo – 3,16; V – 20,4; Ti – 638,6; Cu – 8,7; Yb – 1,53; Y – 8,1; Zn – 22,6; Sc – 2,4; Zr – 18,3; Co – 5,2; Sr – 36,0.

Отже, вміст мікроелементів у породах цих ділянок терикону істотно різниться. Зокрема, для Sn умовний коефіцієнт концентрації між цими частинами терикону сягає 44,6, для V – 7,8, а для Pb, Cr, Ti, Cu, Y є більшим, ніж 5.

Розподіл навантажень фактора F2, що становить 17 %, свідчить про те, що сидерит і пірит передусім містяться в аргілітах, та про те, що перегорілі породи представлені найчастіше алевролітами і пісковиками, а негорілі – аргілітами (див. рис. 2, а). На вміст мікроелементів впливає низка чинників: ступінь перегорілості породи, наявність піриту, халькопіриту, сидериту та літологічний склад порід. Перегорілі породи переважно розташовані в західній частині терикону, натомість негорілі формують східну та окремі схили в західній частині.

Ділянки від'ємних значень факторних міток (factor scores) на 98 % складені негорілими породами. За літологічним складом істотно переважають аргіліти. Кількість піриту, халькопіриту і сидериту тут у 1,5 раза більша, ніж у середньому в териконі копальні Межирічанська. Вміст Cu в 1,6 раза, Sn, Y, V в 1,5; Mn, Be і Ni в 1,3 раза перевищує середній вміст цих металів у породах поверхні терикону.

Порівняно з кларком, для глин і аргілітів у виявлених нами частинах терикону концентрація Mo вища удвічі, Pb – в 1,8; Y – 1,4 раза. Близькі до кларку концентрації мають Ti і V. У ділянках позитивних значень факторних міток фактора F2 коефіцієнт концентрації Mo відносно кларку – 2,7; Pb – 2,0; Y і Mn – 0,5; V – 0,4.

Оскільки на концентрування цих мікроелементів за результатами факторного аналізу впливає одразу кілька чинників, а саме ступінь перегорілості породи, літологічний склад та наявність піриту, халькопіриту та сидериту, важливо ранжувати їх шляхом детального вивчення кожного.

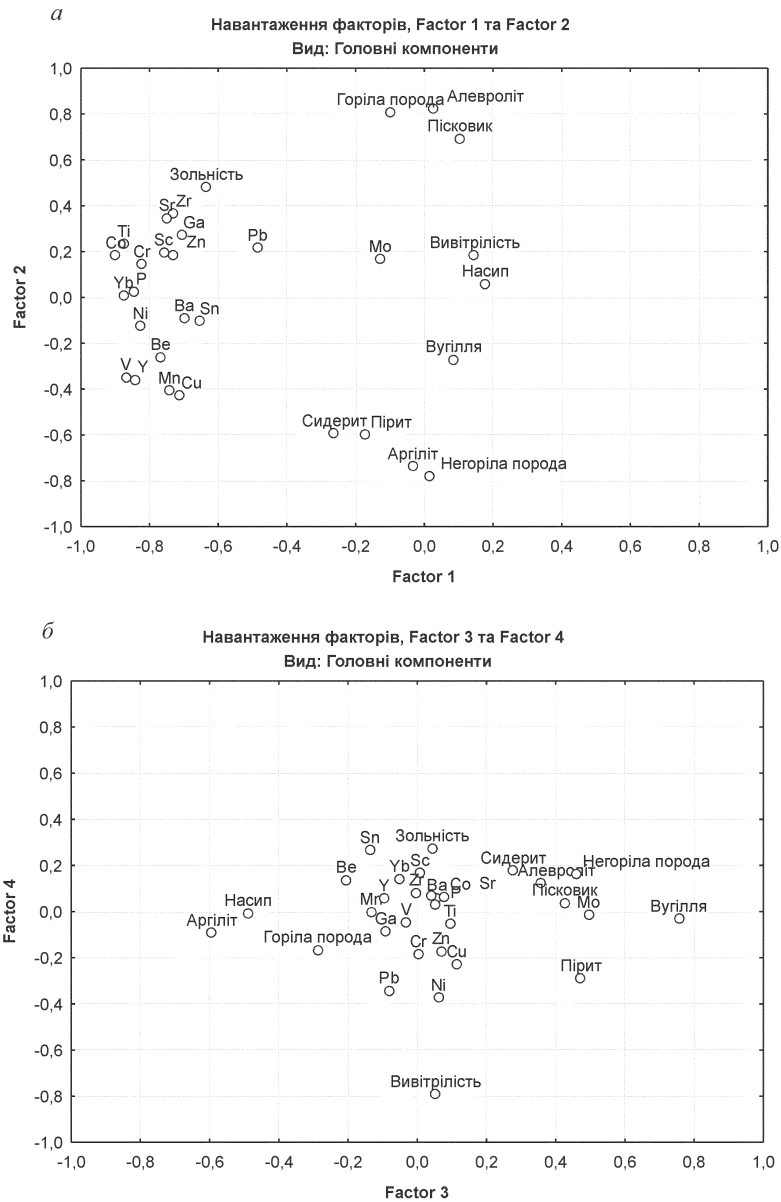


Рис. 2. Розподіл факторних навантажень у межах факторів F1–F2 (а), F3–F4 (б) (вміст P, Sr, Mn, Ni, Ba, Pb, V, Cu, Zr, Sn, Ga, Cr, Mo, Ti, Y, Yb, Zn, Ge, Co – у г/т; вміст аргілітів, алевролітів, пісковиків, вугілля, піриту, сидериту, негорілих та перегорілих порід, насип і зольність – у %; вивітрілість порід – у балах (невивітріла – 1, сильно вивітріла – 4)).

Дослідивши окремо перегорілі і негорілі породи, стверджуємо, що перегорілі породи порівняно з негорілими мають вищі зольність (в 1,6 раза) та концентрацію Cr – у 2,6; Sc – 2,5; Ga – 2,3; Ba – 2,2; Sn, Zr – 2,1; V – 1,9; Sr – 1,8; Be, Ti – 1,7; Zn, Co – 1,6; P, Cu – 1,4 раза. Водночас у перегорілих породах встановлено збіднення Mo – у 0,1; Pb – 0,5; Y – 0,6; Mn – 0,7 раза. На вміст Ni (Кс 1,1) та Yb (Кс 0,8) ступінь перегорілості породи майже не впливає. Зрозуміло, що головною причиною концентрування металів у перегорілих породах є підвищення їхньої зольності через вигорання вугілля. Ко-

ректніше буде зіставити вміст металів у золі перегорілих та негорілих порід. У цьому випадку ми отримали такий ряд зміни концентрації металів у золі порід через їхнє горіння: Cr (1,8) > Sc (1,7) > Ga (1,6) > Ba, Sn (1,5) > Zr (1,4) > V (1,3) > Be, Ti, Sr (1,2) > Zn, Co (1,1) > Cu, P (1,0) > Ni (0,8) > Mn, Yb (0,5) > Y (0,4) > Pb (0,3) > Mo (0,04).

Фактор 3, який становить 8 %, виокремлює асоціацію вугілля–молібден–негорілі породи–пірит (рис. 2, б). Молібден концентрується в межах негорілих ділянок терикону, збагачених вугіллям та піритом. У випадку складних асоціацій треба виокремити первинні та вторинні взаємозв'язки. На нашу думку, первинним є зв'язок між кількістю вугілля та вмістом Мо у суміші порід терикону. Щодо вмісту Мо у породах та кількості піриту, то кореляційний зв'язок між ними відсутній. Із 14 зразків, які не містять вугілля, лише у двох є пірит у кількості 1 %. Середній вміст Мо у них – 1,795, що удвічі нижче за середній вміст у породах терикону в цілому. Тому доходимо висновку, що зв'язок Мо з піритом є вторинним і пов'язаний зі ступенем перегорілості породи. Адже в перегорілих породах майже відсутні вугілля та пірит. Саме відсутність вугілля, а не піриту, спричинює зниження вмісту Мо в породах. Вміст Мо в перегорілих на 50 % породах становить 1,84 г/т, перегорілих на 75 % – 1,70 г/т, що не шкодить довкіллю.

У негативній частині фактора 4, що становить 5 %, виокремлюється асоціація Cu, Y, V, Ni, Ba, Be, (Sn), (звітрілі породи); у позитивній частині – Mo, Sc, (Ga) (див. рис. 2, б). Це може свідчити, що на ділянках інтенсивно звітрілих порід концентруються Cu, Yb, V, Ni, Ba, Be, (Sn) та вимиваються Mo, Sc, Ga. Кофіцієнт концентрації хімічних елементів у межах ділянок звітрілих порід, порівняно з їхнім середнім вмістом у породах терикону, такий: Cu – 2,6; Y – 1,9; Be, V – 1,8; Ba, Ni – 1,7; Sn – 1,5; Cr – 1,4; Zr – 1,3; Ga, Sc – 0,7; Mo – 0,5. З порід, які зазнали вивітрювання, інтенсивно вимиваються Mo та менш інтенсивно Ga і Sc. Цей процес, очевидно, призводить до нагромадження Mo у нижчих горизонтах терикону та створює загрозу його надходження в довілля, зокрема в р. Рата.

Фактор 5, який становить 4 %, вказує на вимивання Mo зі схилів терикону, що підтверджує високу рухливість цього елемента.

**Результати досліджень.** *Мікроелементний склад вугілля.* Відомо, що вугілля та породи, що його містять, вибірково можуть концентрувати окремі хімічні елементи. Зокрема, вміст Германію у вугіллі родовища Боршод (Угорщина) сягає 650 г/т, в окремих вугільних пластах Кансько-Ачинського вугільного басейну (Росія) вміст Скандію – 15 г/т, Ітрію – 20 г/т, Ітербію – 2 г/т (Пашков, 2001). Вугільні пласти інших родовищ, навпаки, бувають збіднені мікроелементами.

Я. Юдович (1978) вважає, що важливим фактором нагромадження мікроелементів у твердих горючих копалинах є їхня концентрація в термальних та інших водах, які надходили в давні торфовища чи вугільний поклад. Оскільки в різних геологічних та географічних умовах води збагачені різними мікроелементами, то в різних вугільних провінціях у вугіллі концентрувалися різні групи мікроелементів. Зокрема, у Кавказькій провінції ряд концентрування мікроелементів у вугіллі має вигляд: Pb–Zn–Cu–Co–Mo–Ag, у Забайкальській: W–Sn–Mo–Ag; Приморській: Sn–W–Pb–Ag; Уральській:



Cr–Ni–Co–Cu–Au; Середньоазіатській: Pb–Zn–W–Sn–Mo–Au–Ag; Балтійській: Cu–Ni–Nd–Sc–Zr; Українській (автор, очевидно, мав на увазі Донецьку провінцію): Ni–Co.

Вугілля Львівсько-Волинського басейну збіднене мікроелементами, окрім Ge, Mo і Cu (Юдович і ін., 1985). У всіх вивчених вугільних пластах ЛВБ чітко простежено головну асоціацію хімічних елементів Co–Mo–Cr–Ni–(Pb, Ga, Be – частково) (Барна, 1989).

*Мікроелементний склад порід вугільних териконів.* Вміст мікроелементів у породах покрівлі та підшви вугільних пластів часто істотно різниться від кларку в цих породах. Оскільки терикон формують породи покрівлі, підшви вугільних пластів, вугілля і породи, не пов'язані з вугільними пластами (вийняті в процесі прокладання допоміжних виробок), то породи терикону мають певну геохімічну спеціалізацію, відмінну і від вугілля, і від осадових порід. Тому ми розглядаємо породи терикону копальні як складну геохімічну систему, сформовану внаслідок накладання низки природних та техногенних чинників.

За результатами досліджень, у породах терикону копальні Межирічанська концентруються Mo і Pb – відповідно 42,3 і 457,8 г/т, середня концентрація – 4,15 і 32,27 г/т (рис. 3, 4). За таких концентрацій ці хімічні елементи можуть завдавати шкоди довкіллю.

*Молібден.* Вміст Mo (г/т) у земній корі – 3; глинистих породах – 1,1; ріках – 0,5; ґрунтах – 2; живих організмах – 7. Рослини поглинають його з ґрунту у вигляді водорозчинних сполук. Головна функція Mo – участь у засвоєнні рослинами азоту. У процесі ферментативного відновлення нітратів Mo сприяє синтезу з них амінокислот і білків, а також використанню рослинами Фосфору і Кальцію. Брак або надлишок Mo у ґрунтах зумовлює захворювання рослин (Лукашев, 1964). У водних розчинах він дуже електронегативний – 1088 кДж/моль та переважно утворює аніони з  $O_2^{2-}$  і  $S^{+6}$  (Крайнов, Швець, 1992). Його гранично допустима концентрація у воді – 0,25 мл/дм<sup>3</sup> (Беспамятнов, Кротов, 1985), ґрунтах – 2 г/т. Середній вміст у ґрунтах південної частини Львівсько-Волинського басейну – 1,5 г/т.

*Плюмбум.* Вміст Pb (г/т) у земній корі – 16, ґрунтах – 10, ґрунтах Руської рівнини – 12, живих організмах – 1, рослинах – від 0,01 до 3 (Виноградов, 1957; Лукашев, 1964). Середній вміст у ґрунтах південної частини ЛВБ – 22 г/т. Він краще вимивається в ґрунт з органічної речовини, аніж з мінеральної (Виноградов, 1957). У водних розчинах Pb може знаходитися у формі вільного катіона  $Pb^{2+}$ , але більше схильний утворювати комплексні сполуки та катіони з I, Br, Cl, H (Крайнов, Швець, 1992). Гранично допустима концентрація Pb у воді – 0,03 мл/дм<sup>3</sup>, ґрунтах – 20 г/т (Беспамятнов, Кротов, 1985). У породах териконів південно-східної частини Донецького басейну його вміст коливається від 20 до 500 г/т, за середнього значення 104 г/т (Петрова, 2002).

У разі внесення в ґрунт Pb у кількості 25 г/т не виявлено збільшення його вмісту у вирощених продуктах, а за дози 50 г/т – рослини можуть бути небезпечними для людей (Григор'єва, 1980).

Автори, за результатами факторного аналізу порід терикону копальні Межирічанська, з'ясували, що Mo концентрується в межах ділянок з підви-

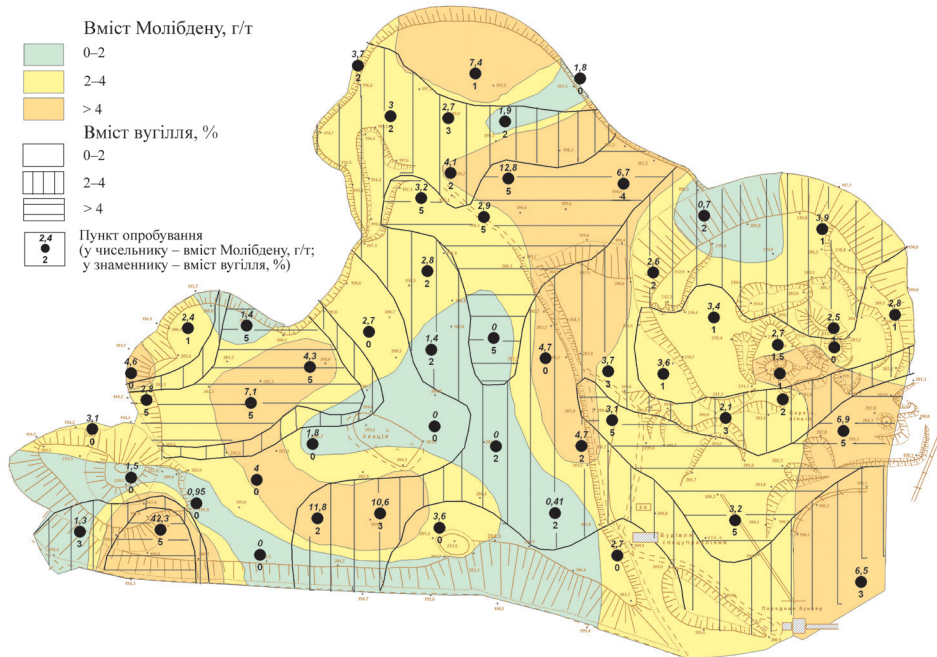


Рис. 3. Розподіл вмісту Молибдену і вугілля на площі терикону

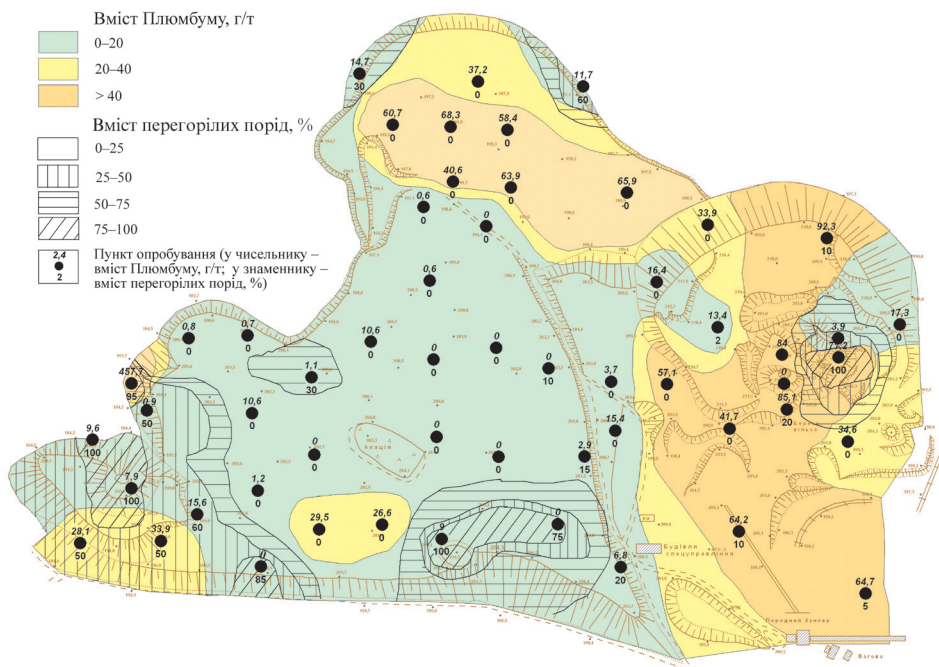


Рис. 4. Розподіл вмісту Плибуму і перегорілих порід на площі терикону

шеним вмістом у суміші порід вугілля та піриту. На відміну від Мо і частково Pb, вміст усіх інших досліджених елементів корелює із зольністю порід.

Спорідненість Мо та кількох інших хімічних елементів з органічною речовиною вугілля встановлена раніше низкою авторів (Минчев, Ескенази, 1972; Кортенски, 1998; Юдович, 1989; Василев, Василева, 2005). Однак Мо-лібден у вугіллі пов'язують як з органічною, так і неорганічною речовиною (Beaton et al., 1991), натомість деякі дослідники чітко пов'язують його з неорганічною речовиною вугілля (Trase..., 1977; Harvey, Ruch, 1986; Radenovic, 2006).

М. Я. Шпирт (1986) пов'язує Мо як з органічною речовиною, так і з мінеральною. Він може міститися в самостійних мінералах та у вигляді ізоморфних домішок піриту. Мінерали Мо (молібденіт, йорджизит, ільземаніт) знайдені у вугіллі Ангренського родовища.

У процесі збагачення вугілля Молібден переважно концентрується у фракції середньої густини в рівних кількостях в органічній та неорганічній речовині. Це явище А. З. Юровський (Юровский, 1984) пояснює присутністю у вугіллі двох типів сполук Молібдену (комплексів з органічною речовиною і сульфідів), а М. Я. Шпирт висуває гіпотезу про концентрування Молібдену виключно в сульфідних сполуках, частинки яких можуть асоціювати з вуглистою речовиною різної густини.

Для вугілля Львівсько-Волинського басейну Т. В. Барна (1989) встановила ряд концентрування хімічних елементів органічною речовиною вугілля (у дужках – межі відносної кількості елемента, пов'язаного з органікою, %): Bi (100–95) – Be, Nd (95–91) – Co, Ge (90–86) – Y, Sn (85–81) – Cu (80–76) – Ni (75–71) – La, Ag (70–66) – Mo, Ti (65–61) – Yb, Sc (60–56) – Zr, Zn, Cr, Pb, Ga, Li (50–51) – P (45–41) – As, Hg (40–36) – F (30–26). Тобто, Мо на 61–65 % пов'язаний з органічною речовиною вугілля.

За результатами наших досліджень, головним чинником поширення Мо у породах терикону є вміст вугілля (див. рис. 3).

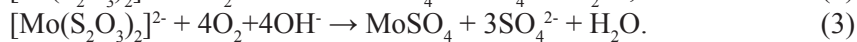
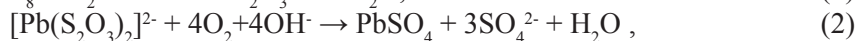
Поширення Pb у породах терикону чітко відображає три різновікові частини терикону. Плюмбум сконцентрований у східній, західній частинах та західному схилі терикону (див. рис. 4). Щільний кореляційний зв'язок вмісту Pb встановлено лише з вмістом Zn ( $R = 0,62$ ). Із літологічними чи морфометричними параметрами терикону вміст Pb не корелює. Ознака вмісту Pb не входить в жодну з достовірних парагенетичних асоціацій, виділених факторним аналізом. Очевидно, елемент пов'язаний з певними вугільними горизонтами або площами, які відпрацьовували в один період часу і складували в західній та північній частинах терикону. На цих ділянках середній вміст Плюмбуму – 48 г/т, що більш ніж удвічі перевищує гранично допустиму концентрацію та середній вміст у ґрунтах району і є небезпечним для довкілля. Найвищий вміст Pb – 457 г/т зафіксовано на західному схилі терикону, що може бути пов'язане з насипними породами. Найбільша південно-західна частина терикону містить Pb у кількості від 0 до 29 г/т, за середнього вмісту 3 г/т. Зважаючи на це, південно-західну частину терикону можна використовувати в дорожньому та іншому господарстві.

*Прогнозування форм знаходження Молібдену та Плюмбуму в породах терикону шахти Межирічанська. Цікаво з'ясувати, у яких сполуках можуть*

мігрувати Мо і Рb та встановити їхню здатність концентруватися в біологічних об'єктах.

У природних умовах Мо існує в сірчаних сполуках та солях молібденової кислоти. У геохімічних реакціях у зоні гіпергенезу він бере участь як літофільний елемент.

Зважаючи на значну кількість піриту, а відтак рухомих сполук сірки, які утворюються внаслідок руйнування піриту, зокрема тіосульфату ( $S_2O_3^{2-}$ ) та тетратіонату ( $S_4O_6^{2-}$ ), можна припустити перебіг хімічних реакцій між цими сполуками та Мо і Рb, які є в надлишку в породах терикону. Можливо, реакція окиснення тіосульфату цих металів призводить до зменшення міграційної здатності Рb і Мо унаслідок їхнього осадження:



У ґрунтах Поліського заповідника форми мікроелементів (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Mo) становлять (%): обмінні – 2–8, абсорбовані на гідроксидах – 8–14, органічні – 24–36. У чорноземах, дерново-лучних, торфово-болотних ґрунтах збільшується частка форм, пов'язаних з гумусовими кислотами: Мо, Cu, Cd, Рb – 48–54 %, Zn, Со – 34–48 %. Вміст розчинних форм Рb у ґрунтах Поліського заповідника – 0,2–0,4 г/т. Рухомість металів зростає в такій послідовності: Cd < Be < Мо < Cr < Ni < Со < Рb < Cu < Zn, незалежно від типу ґрунту. Тобто, Молібден є малорухомим (Важкі..., 2004).

У межах Донецького кам'яновугільного басейну встановлено частку рухомих форм Мо та Рb у ґрунтах фонових ділянок та породах териконів, ґрунтах гірничо-промислової зони. На незабруднених ділянках частка рухомих форм Молібдену 0,8–1,8 %, Плюмбуму – 1,2–1,8 %. Різко збільшується кількість рухомих форм у породах терикону (Мо – 36–45 %, Рb – 42–48 %), ґрунтах гірничо-промислової зони (Мо – 20–32 %, Рb – 38–45 %), ґрунтах селітебної зони поблизу копалень (Мо – 20–42 %, Рb – 30–32 %).

Молібден концентрується в картоплі, вирощеній у зоні впливу родовища вугілля, у 10–18 разів, порівняно з вмістом Мо у картоплі, вирощеній на незабруднених ділянках Донбасу, у моркві – у 7,2–8,7 раза, цибулі – 2,4–4,2; буряку – 6,7–26; волосі дітей – 9,4–10,2; крові дорослих людей – 5,2–10 разів. Плюмбум концентрується в картоплі в 14,2–21,2 раза, моркві – 7,2–14,2; цибулі – 2,2–5,2; буряку – 10,3–17,3; волосі дітей – 15,7–27,2; крові дорослих людей – 21,2–21,7 (Оцінка..., 2003).

Г. А. Кроїк (2004), досліджуючи міграцію хімічних елементів з вугільних териконів Донбасу, встановила коефіцієнт швидкості розчинення Рb із сульфатних сполук у кількості  $8 \cdot 10^{-7}$  М/м<sup>2</sup> добу. Плюмбум розчиняється швидше, ніж Cd, Cr, Ni, Cu, та повільніше, ніж Со, Mn, Fe, Zn.

*Рекомендації та природоохоронні заходи.* Зважаючи на гранично допустиму концентрацію Мо у ґрунтах (2 г/т), 27 % порід у межах поверхні терикону, беручи до уваги загальний вміст у них Мо, є безпечними для довкілля і можуть бути першочерговим об'єктом для детальніших досліджень з метою обґрунтування можливості використання цих порід для потреб дорожньої, будівельної та інших галузей промисловості. Однак на цій, безпечній з огляду на вміст Молібдену, площі у двох точках спостереження вміст

Плюмбуму перевищує гранично допустиму концентрацію. В одній з них небезпечним виявився вміст У та УЬ. Загальна площа терикону, на якій усі досліджені нами хімічні елементи не перевищують безпечних рівнів, становить 23 %. Подальші дослідження на цих ділянках мають з'ясувати вміст розчинних форм Мо і РЬ. Також необхідно вивчити розподіл цих хімічних елементів у вертикальному перерізі.

Щодо північної і східної частин та західного схилу терикону тут теж слід детально вивчити поширення рухомих форм Мо і РЬ. Автори вважають імовірним надходження Мо і РЬ у суміжні з териконом породи зони аерації та воду р. Рата в понадфонових кількостях. Це припущення обґрунтоване низкою фактів. По-перше, вміст Мо і РЬ на окремих ділянках терикону в понад 20 разів перевищує кларк для осадових порід та гранично допустимі концентрації для ґрунтів. По-друге, на ділянках терикону частка рухомих форм Плюмбуму і Молибдену може досягати 45–48 % від загального вмісту. По-третє, терикон розташований на високопроникних алювіальних відкладах р. Рата за 500 м до її русла. Для запобігання ймовірному надходженню цих металів у суміжні з териконом породи зони аерації та воду р. Рата треба відгородити терикон канавою та заповнити її сорбентом.

Механізм поширення забруднення від терикону до ріки дуже складний. Забруднювачі, що надходять в іонній і колоїдній формах (сульфати, алюміній, залізо, важкі метали) шляхом осадження, сорбції, можуть переходити в тверду фазу і мігрувати механічно. Продукти, що потрапляють у ріку у твердій фазі через стирання, десорбцію, хімічне перетворення, частково переходять у рідку, мігрують, знову осідають і переносяться механічно. Ці процеси можуть повторюватися багаторазово і сприяти збільшенню зони забруднення вниз за течією ріки. Зменшення забруднення ґрунтів, поверхневої і підземної води потребує впровадження низки природоохоронних заходів.

Базуючись на теорії геохімічних бар'єрів, розробленій А. І. Перельманом (1972) і розвинутій В. А. Алексеєнко (Алексеєнко 2000), Є. М. Ємельяновим (Ємельянов, 1998), Н. С. Касімовим (Перельман, Касімов, 2000) та ін., можна сформулювати принцип стратегічного підходу до захисту навколишнього середовища від забруднення. Для цього найбільш оптимальними є методи, що ґрунтуються на прискоренні природної трансформації забруднювальних речовин у безпечні форми або їхній цілеспрямованій концентрації на окремих обмежених площі ділянках літосфери, тобто створення штучних геохімічних бар'єрів (лужних, сульфатних, кисневих, адсорбційних, біо-геохімічних).

Для створення бар'єрів залежно від складу забруднювачів треба застосувати природні утворення (ґрунти, гірські породи і т. д.) або інші речовини, наприклад, виробничі відходи. Досвід роботи за останні роки свідчить про можливість використання бар'єрів за різних ситуацій.

До прикладу, у Кизеловському басейні (Росія) складування відходів вугледобування призводить до інтенсивного забруднення навколишнього середовища (Максимович, Блинов, 2000). Для нормалізації складу поверхневої, ґрунтової води та якості ґрунтів у районах териконів як реагент для зниження інтенсивності забруднення запропоновано використовувати сполуки барію, а також подрібнені карбонатні породи, які треба укладати в траншеї в зоні

стоку з териконів. Натурні дослідження засвідчили, що в результаті застосування цього методу на дослідній ділянці водневий показник підземної води підвищився з 1,8 до 6,4 і мав майже однакові значення протягом року спостережень. Значно знизилася мінералізація води – із 24 до 3 г/дм<sup>3</sup>, а також вміст головних забруднювальних компонентів.

Ще одним дієвим природоохоронним заходом є рекультивація схилів і поверхні терикону. З метою відновлення територій у Західному Донбасі проводили рекультивацію з підсипкою шахтної породи і покриттям її захисним шаром ґрунту. Для зниження забруднення важкими металами ґрунтів та сільськогосподарських рослин на Павлоградському дослідному стаціонарі площею 140 м<sup>2</sup> запропоновано використання лесоподібного суглинку. Перекриття порід терикону екранувальним шаром такого суглинку удвічі знижує міграцію Cu, Zn, Pb, Cd, Co. Унаслідок цього вміст у люцерні цинку, заліза, міді знижується у 2 рази, кобальту, нікелю, свинцю і кадмію – 1,2–1,3 рази. Отже, тришарова модель рекультивації дає змогу виростити екологічно чисту сільськогосподарську продукцію (Кроїк, 2004).

Для запобігання забрудненню ґрунтів і поверхневої води в зоні впливу териконів пропонуємо: 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 терикону, перехоплення і локалізації потоку забрудненої води; використання порід териконів як будівельних матеріалів і за необхідності введення в них домішок, що знижують рухливість забруднювальних компонентів.

**Висновки.** Породи терикону копальні Межирічанська представлені аргілітами (78 %), алевролітами (14 %), пісковиками (6 %) та вугіллям (2 %). Зольність суміші порід терикону коливається від 41 до 98 % і в середньому становить 70 %. Середній вміст сірки – 2,5 %.

Вугілля копальні – гумусового типу, збіднене мікроелементами, окрім Молібдену, Плюмбуму та Ітербію.

Породи терикону, порівняно з кларком осадових пелітових порід (глини, аргіліти), мають вищий вміст Молібдену та Плюмбуму на 71 та 39 % площі терикону відповідно.

З'ясовано парагенетичні асоціації хімічних елементів та інших показників порід терикону:

- P, Sr, Mn, Ni, Ba, V, Cu, Zr, Sn, Cr, Zn, Ge, Co, зольність порід;
- сидерит, пірит, халькопірит, аргіліт;
- перегорілі породи, алевроліт, пісковик;
- негорілі породи, аргіліт;
- вугілля, Молібден, негорілі породи, пірит, халькопірит.

Площа терикону, у межах якої всі досліджені нами хімічні елементи не перевищують безпечного рівня, становить 23 %. Наступні дослідження на цих ділянках терикону мають з'ясувати вміст розчинних форм Молібдену і Плюмбуму. Також треба вивчити поширення цих хімічних елементів у вертикальному перерізі. Результати таких досліджень дадуть змогу прийняти

рішення щодо використання порід південно-західної частини терикону копальні Межирічанська.

Надходження Плюмбуму і Молібдену в суміжні з териконом породи зони аерації та воду р. Рата в понадфонових кількостях є ймовірним. Оскільки з'ясовано високий вміст Плюмбуму на поверхні терикону, можливим є збільшення частки рухомих форм цих елементів до 45–48 % та розташування терикону на високопроникних алювіальних відкладах р. Рата за 500 м до її русла. Для запобігання ймовірного надходження цих металів у суміжні з териконом породи зони аерації та воду р. Рата треба відокремити терикон канавою і заповнити її сорбентом.

*Александров А. А.* Охрана окружающей среды при подземной добыче угля. – М. : ЦНИЭИуголь, 1979. – 48 с.

*Алексеев В. А.* Экологическая геохимия. – М. : Логос, 2000. – 627 с.

*Барна Т. В.* Ассоциации сопутствующих элементов и их связь с органической и минеральной составляющими углей Львовско-Волынского бассейна // Проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых запада УССР : тез. докл. конф. (2–6 окт. 1989 г.). – Львов, 1989. – Т. 1. – С. 8–19.

*Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде : справ. – Л. : Химия, 1985. – 528 с.

*Важкі метали у ґрунтах Поліського заповідника* / Е. Я. Жовинський, А. І. Самчук, В. Й. Манічев, Г. В. Петріченко // Мінерал. журн. – 2004. – Вип. 26. – № 2. – С. 47–53.

*Василев С., Василева Х.* Минералогия и геохимия териконов и продукты техногенного горения и пиролиза // Сб. науч. ст. Центр. лаб. по минералогии и кристаллографии. – София, 2005. – С. 33–40.

*Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М. : Изд. АН СССР, 1957. – 257 с.

*Виноградов А. П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.

*Геохимия окружающей среды* / Ю. Я. Саєт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. – М. : Недра, 1990. – 335 с.

*Григорьева Т. И.* Переход свинца из почвы в растения как один из критериев гигиенического нормирования // Тр. II Всесоюз. совещ. по исследованиям миграции загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Обнинск, 1980. – С. 203–207.

*Емельянов Е. М.* Барьерные зоны в океане. – Калининград : Янтарный сказ, 1998. – 416 с.

*Кортенски Й.* Елементи-примеси в пепелта от въглища от Софийския плиоценски басейн // Сп. Бълг. геол. д-во. – 1998. – Т. 47. – С. 165–172.

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

*Кроїк Г. А.* Фізико-хімічні процеси в природно-техногенних системах як основа оцінки захисних властивостей геологічного середовища : автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – К., 2004. – 38 с.

*Лелик Б. И.* Геологические особенности распространения редких и рассеянных элементов в угленосных отложениях Львовско-Волынского бассейна : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Львов, 1990. – 28 с.

*Лукашев К. И.* Геохимическое поведение элементов в гипергенном цикле миграции. – Минск : Наука и техника, 1964. – 461 с.

*Максимович Н. Г., Блинов С. М.* Использование геохимических барьеров для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения // Сергеевские чтения :

матер. годич. сес. науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М. : ГЕОС, 2000. – Вып. 2. – С. 224–231.

Минчев Д., Ескенази Г. Елементи-примеси във въглищните басейни на България. Елементи-примеси във въглищата от басейна Марица Изток // Год. СУ, ГГФ. – 1972. – Т. 64. – № 1. – С. 263–291.

Оцінка ступеню екологічного ризику територій гірничо-промислових агломерацій за забрудненням важкими металами / Е. Я. Жовинський, І. В. Кураєва, А. І. Радченко, В. Ж. Білик // Пошукова та екологічна геохімія. – 2003. – № 2/3. – С. 95–101.

Паишков Г. Л. Золы природных углей – нетрадиционный сырьевой источник редких элементов // Сорос. образоват. журн. – 2001. – Т. 7. – № 11. – С. 67–72.

Петрова Л. О. Вплив на навколишнє середовище відходів вуглевидобування і вуглепереробки // Геол. журн. – 2002. – № 2. – С. 81–87.

Перельман А. И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – М. : Недра, 1972. – 288 с.

Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. – М. : Астрей, 2000. – 768 с.

Шпирт М. Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых / под. ред. Б. Н. Ласкорина. – М. : Недра, 1986. – 255 с.

Юдович Я. Э. Геохимия ископаемых углей. – Л. : Наука, 1978. – 262 с.

Юдович Я. Э. Грамм дороже тонны : Редкие элементы в углях. – М. : Наука, 1989. – 160 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Мерц А. В. Элементы-примеси в ископаемых углях. – Л. : Наука, 1985. – 233 с.

Юровский А. З. Минеральные компоненты твердых горючих ископаемых. – М. : Экономика, 1984. – 214 с.

Beaton A., Goodarzi F., Potter J. The petrography, mineralogy and geochemistry of a Paleocene lignite from Southern Saskatchewan, Canada // Int. J. Coal Geol. – 1991. – 17. – P. 117–148.

Trace elements in coal-occurrence and distribution / H. J. Gluskoter, R. R. Ruch, W. G. Miller et al. – Illinois, 1977. – 154 p.

Harvey R. D., Ruch R. R. Mineral matter in Illinois and other U. S. coals // Mineral matter and ash in coal / ed. K. S. Vorres. – Washington, 1986. – P. 10–40.

Radenovic A. Inorganic Constituents in Coal // Kem. Ind. – 2006. – 55 (2). – P. 65–71.

Taylor S. R. Trace elements abundances and the chondritic Earth model // Geochemica et Cosmochimica Acta. – 1964. – Vol. 28. – P. 1989–1998.

Стаття надійшла  
27.04.10



Ivan KNYSH, Vasyl KARABYN

**GEOCHEMISTRY OF MICROELEMENTS IN THE ROCKS  
OF WASTE PILE OF MEZHIRICHANSKA MINE  
OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN**

Studied is geochemistry of rocks of waste pile of Mezhirichanska mine of the Lviv-Volyn coal basin. Rocks are presented by argillites (78 %), aleurolites (14 %), sandstones (6 %) and coal (2 %). Ash level of mixture of rocks of waste pile hesitates from 41 to 98 % and on the average is 70 %. Middle content of sulphur is 2.5 %.

Coal of Mezhirichanska mine is of humus type and it is impoverished by microelements, except molybdenum, plumbum and ytterbium.

The rocks of waste pile comparatively with clarke of pelite siltages (clays, argillite) have higher content of molybdenum and plumbum by 71 but 39 % areas of waste pile accordingly. In separate areas content of Y, Mn, Yb, V, Co, Sc, P, Be, Cu exceeds clarke in siltages 5 times.

Explored separately burnt out and unburnt rocks assert that burnt out rocks comparatively with unburnt have higher ash level (1.6 times) and concentration of chemical elements 1.4–2.6 times. Clearly, that main reason of concentration of metals in burnt out rocks is an increase of their ash level as a result of burnt down of coal.

As a result of factor analysis, we found out the associations of heavy metals in mixture of rocks of waste pile. The paragenic associations of chemical elements and other indices of rocks of waste pile are found out: 1. P, Sr, Mn, Ni, Ba, V, Cu, Zr, Sn, Cr, Zn, Ge, Co, Ash level of rocks; 2. siderite, pyrite, chalcopyrite, argillite; 3. burnt rocks, aleurolite, sandstone; 4. unburnt rock, argillite; 5. coal, Mo, unburnt rocks, pyrite, chalcopyrite.

As it was found out by authors, in the rocks of waste pile of Mezhirichanska mine, as a result of factor analysis, that Mo is concentrated within the limits of areas with the promoted content of coal and pyrite in mixture of rocks. Unlike Mo and partly Pb content all other elements explored by us are correlated with ash level of rocks.

Area of waste pile, within the limits of which all chemical elements are explored by us, does not exceed safe levels, is 23 %. Subsequent researches in these areas of waste pile must find out content of soluble forms of molybdenum and plumbum. It is also necessary to learn distribution of these chemical elements in a vertical cut. The results of such researches will enable us to make decision in relation to the use of rocks of south-western part of waste pile of Mezhirichanska mine.

Grounded is high probability of receipt of plumbum and molybdenum in contiguous with the waste pile of rock of area of aeration and water of the river of Rata in background amounts. The proper measures of reduction of ecological risks are offered. For prevention of credible receipt of these metals in contiguous with the waste pile of rock of area of aeration and in water of the river of Rata it is necessary to enclose a waste pile with a ditch and to fill it with sorbent. Grounded is necessity of subsequent research of waste pile.