

УДК 548.3+622.693

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ МІНЕРАЛОГІЇ В ДОНБАСІ

Ю. Проскурня

*Донецький національний технічний університет
83000 м. Донецьк, вул. Артема, 58
E-mail: geolog@dgtu.donetsk.ua*

Розглянуто окремі аспекти екологічної мінералогії, яка є новим напрямом мінералогічних досліджень в Україні, особливо в Донецькому вугільному басейні, де за 200 років промислової розробки накопичено 1257 териконів, більшість з яких горять. Унаслідок горіння таких териконів утворюються різноманітні за складом техногенні мінерали, у тім числі прості речовини (сірка), сульфідні (реальгар), галогеніди (нашатири), нітрати (амонієва селітра), оксиди (гематит), силікати (муліт), водні та безводні сульфати (масканьїт, пікерингіт та ін.). Дослідженнями виявлено 22 мінерали, три з яких (тамаругіт, летовіцит, селітра амонієва) – перші знахідки в Донбасі.

Ключові слова: екологічна мінералогія, терикон, техногенні мінерали, тамаругіт, летовіцит, селітра амонієва, псевдофумарольна діяльність, сірчаноокислотне розкладання, термальний метаморфізм, Донбас.

Екологія як наука сформувалась у ХХ ст. Це розділ біології, що вивчає взаємодію між організмами та середовищем їхнього існування. У ХІХ ст. екологи вивчали головні закономірності біологічної взаємодії в біосфері, причому людині в цих процесах відводили другорядну роль. У ХХ ст. ситуація змінилась, екологів щораз частіше стала хвилювати роль людини у зміні довкілля. В цей період біосфера поступово почала втрачати панівне значення і в населених людьми регіонах стала перетворюватися в техносферу, де виникли нові умови взаємодії живої і неживої матерії: людини з техносферою, техносфери з біосферою (природою) та ін. [1].

Тому головним завданням екології сьогодні є збереження і забезпечення життя на Землі шляхом глибокого вивчення взаємодії людини і суспільства з природою в умовах докорінних змін довкілля. Дослідження виконують у багатьох напрямках – екологія людини, тварин, рослин, урбо- і техноекологія, екологічна геологія тощо. Екологічні науки бурхливо розвиваються, охоплюючи щораз нові галузі знань, у тім числі й мінералогію. Останніми роками інтенсивно розвивають такий напрям геологічної науки, як вивчення умов утворення та існування мінералів у разі техногенезу, а також визначення взаємозв'язків між мінералом і середовищем, в якому існує мінерал. Таку науку назвали екологічна мінералогія. Вона є складовою частиною загальної мінералогії, а її основи закладені ще у працях про біосферу В.І. Вернадського.

Мінерали, які виникли в зонах техногенезу (на відвалах рудників і шахт, на стінках підземних і відкритих виробок, у трубопроводах, на складах руд і концентратів, під час змін давніх і сучасних металевих предметів), здавна є об'єктами досліджень. Багато сульфатів, карбонатів, арсенатів, хлоридів та інших мінералів уперше відшукали саме в таких умовах.

Сьогодні екологічний напрям у мінералогії цікавить багатьох учених із різних країн. Передусім це стосується дослідження мінеральних утворень, пов'язаних із видобутком і переробкою корисних копалин. Цікаві дослідження виконані на відвалах, що горять, зокрема, у Пенсільванії (США), Індії (район Іхарія), Франції, Чехії (Остравсько-Карвінський вугільний басейн і басейн Кладно), Сілезії, Монголії, на териконах Челябінського буровугільного басейну (Росія) і Львівсько-Волинського вугільного басейну (Україна) [5].

Головні положення екологічної мінералогії в Україні сформулював В.І. Павлишин [2]. Він виділив декілька найактуальніших для України напрямів досліджень екологічної мінералогії:

- мінералогія відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів, кар'єрів, териконів шахт;
- роль мінералогічних досліджень у створенні безвідходних технологій і розвитку сировинної бази України;
- створення мінералогічних музеїв і заповідників.

Найважливішим для Донецького вугільного басейну напрямом є мінералогія відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів і териконів вугільних шахт. За 200 років промислової розробки в Донбасі видобули понад 8 млрд т вугілля, внаслідок чого накопичено величезну кількість відходів виробництва у вигляді 1257 териконів загальним об'ємом 1 056 519,9 тис. м³, 35 % з яких можуть samozагорятись [3]. Сьогодні на териконах, що горять, відбуваються унікальні процеси сучасного мінералоутворення. Це фактично новий вид геологічних процесів у літосфері, зумовлених виробничою діяльністю людини. Ці мінерали не мають солідного віку, вони формуються і зникають майже на наших очах: тривалість їхнього існування від кількох днів до кількох років. Більшість таких мінералів легкорозчинні у воді, зникають і знову кристалізуються з водних або газових розчинів на поверхні відвалів чи поблизу них. Їх часто називають сезонними мінералами [7]. Тому вивчення неомінералізації відвалів має важливе значення для розуміння процесів утворення мінеральних індивідів та їхніх сукупностей (зародження, ріст, зміни, час формування, розпадання), фізико-хімічних умов середовища утворення (температура, тиск, хімізм), виявлення парагенезисів техногенних мінералів тощо.

З метою детальнішого вивчення новоутворених мінералів відвалів Донбасу ми виконали фізико-хімічні дослідження 100 проб мінералів, зокрема, рентгеноструктурний аналіз (рентгенівський дифрактометр ДРОН-2 – $\text{CuK}\alpha$ -випромінювання), сканувальне електронне мікрозондування (електронний мікроскоп-мікроаналізатор JSM-T300) та ін.* [5]. Діагностовано мінерали, з'ясовано кристалографічні та морфологічні особливості кристалів і агрегатів новоутворених мінералів, їхні фізичні властивості, типоморфні особливості, парагенетичні асоціації, особливості поширення та умови утворення.

Виявлено 22 техногенні мінерали: сірка S, нашатир NH_4Cl , реальгар AsS , гематит Fe_2O_3 , масканьїт $(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4]$, галотрихїт $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, пікерингіт $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, тамаругіт $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, алуноген $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$, епсоміт $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, гексагідрит $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, мелангерит $\text{Fe}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, халькангіт $\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, летовіцит $(\text{NH}_4)_3\text{H}[\text{SO}_4]_2$, сомольнокіт $\text{Fe}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$, ангїдрит $\text{Ca}[\text{SO}_4]$,

* Аналізи виконано в лабораторіях ІГМР НАН України (м. Київ), а також у лабораторії Донецького НДІ чорних металів (м. Донецьк).

гіпс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, чермігіт $\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, калієві галуни $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, натрієві галуни $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, селітра амонієва $\text{NH}_4[\text{NO}_3]$, муліт $\text{Al}_8[\text{O}_3(\text{O}_{0,5}\text{OH,F})] \text{Si}_3\text{AlO}_{16}$. Найпоширеніші сірка, нашатир, масканьїт і пікерингіт (виявлені на більшості вивчених відвалів). Такі мінерали, як тамаругіт (раніше знайдений лише на відвалах Остравсько-Карвінського вугільного басейну Чехії), летовіцит (виявлений лише у Франції й на териконах вугільного басейну Кладно в Чехії) та селітра амонієва – це перші знахідки в Донбасі [5].

Тамаругіт виявлено на териконі шахти 1-7 “Ветка”. Мінерал білий, ясно-жовтий, утворює кірочки товщиною до 1 см. Кристали мають різний ступінь кристалізації, в багатьох випадках без чітких кристалографічних обрисів. Окремі індивіди пластинчасті, таблитчасті, ромбічного обрису, утворюють паралельні зростки розміром до 20 мкм з розвиненими гранями пінакоїда. Головні лінії на рентгенограмі: 4,18 (100); 4,20 (80); 3,95 (50); 3,65 (60); параметри елементарної комірки: $a_0 = 7,353 \text{ \AA}$; $b_0 = 25,225 \text{ \AA}$; $c_0 = 6,097 \text{ \AA}$; $\beta = 95^\circ 12'$. Трапляється разом із пікерингітом і алуногеном.

Летовіцит відшукано на відвалі шахти ім. газети “Правда”, де він утворює нещільні кірочки товщиною 2–3 мм брудно-білого кольору, іноді з жовтуватим або рожевим відтінками. Обрис кристалів таблитчастий або пластівцевий. Головні лінії на рентгенограмі: 4,966 (28); 3,774 (100); 3,388 (42); 2,933 (20). Наявний у парагенезисі з масканьїтом, нашатирем, чермігітом.

Селітру амонієву виявлено лише в Донбасі у продуктах горіння на териконі шахти “Червоний партизан”. Утворює тонкозернисті пухкі скупчення білого кольору разом із нашатирем і масканьїтом. Головні лінії на рентгенограмі: 4,91 (50); 3,09 (100); 2,67 (80); 2,25 (80); параметри елементарної комірки: $a_0 = 5,76 \text{ \AA}$; $c_0 = 16 \text{ \AA}$.

З’ясовано, що сірка, нашатир, реальгар, масканьїт, летовіцит і селітра амонієва утворюються внаслідок псевдофумарольної діяльності під час сублімації газоподібних продуктів з осередків горіння (температура утворення мінералів – 80–300°C). Друга група мінералів (пікерингіт, тамаругіт, галотрихіт та ін.) більше поширена, формується у поверхневих шарах відвалів унаслідок гіпергенних змін порід, які зумовлені H_2SO_4 , що утворюється під час хімічного й біохімічного окиснення сульфідів. Температура утворення мінералів цієї групи – 10–80°C. За температури 800–1000°C породи зазнають термального метаморфізму (часткове плавлення, випалювання і спікання порід у вигляді брекчієподібних мас), утворюються гематит, магнетит, ільменіт, кристобаліт, муліт тощо. Для всіх цих процесів характерний парагенезис мінералів, який може значно змінюватися з часом та зі зміною теплового стану відвалів [4].

Під впливом атмосферних опадів на поверхні відвалів легкорозчинні азотовмісні мінерали (нашатир, масканьїт, амонієва селітра, чермігіт, летовіцит) руйнуються. Розкладання їх атмосферними опадами призводить до утворення нітритів і нітратів, які інфільтруються в ґрунтові води й забруднюють їх токсичними сполуками азоту [6]. З поверхні відвалів атмосферні води також вимивають сульфати, вміст яких у відвалах занадто високий. Унаслідок цього поблизу відвалів у ґрунті та водах, а також у породах териконів збільшується вміст солей, що небезпечно для здоров’я в разі використання води як питної, а породи – в господарстві.

Отже, техногенні мінерали, виявлені на шахтних териконах Донбасу, – це дуже рідкісні й унікальні мінеральні утворення. Їх дуже мало, і практичного значення вони не мають. Проте їхнє дослідження важливе з погляду мінералогії та кристало-

графії, для вивчення процесів углибині та на поверхні відвалів, тих процесів, які приводять до утворення і зникнення мінеральних видів та їхніх парагенетичних асоціацій. Виконані дослідження свідчать про те, що виявлені мінерали – не одноразові знахідки. Список техногенних мінералів, які утворюються внаслідок горіння породних відвалів вугільних шахт, можна продовжити.

З іншого боку, відходи вугледобувної промисловості є джерелом погіршення екологічного стану в Донбасі. Відвали зумовлюють потрапляння в атмосферу, ґрунти, води шкідливих і токсичних сполук не лише з видобутих на поверхню вуглевмісних порід, а й з осередків горіння териконів, у яких формуються деякі шкідливі новоутворення (нашатир, масканьїт, реалгар тощо), що містять токсичні елементи і сполуки [3].

Все це призводить до того, що навколо териконів утворюються великі ореоли забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод шкідливими речовинами, а це негативно впливає на здоров'я населення. Тому дослідження складу порід відходів вугледобутку, процесів самозаймання відвалів і техногенного мінералоутворення сьогодні надзвичайно актуальні.

1. *Кривошеин Д.А., Муравей Л.А.* и др. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие. М., 2002.
2. *Павлишин В.И.* Проблемы экологической минералогии // Минерал. журн. 1993. Т. 15. № 6. С. 8–10.
3. *Панов Б.С.* Некоторые вопросы экологической минералогии Донецкого бассейна // Минерал. журн. 1993. Т. 15. № 6. С. 43–50.
4. *Панов Б.С., Проскурня Ю.А.* Особенности генезиса некоторых техногенных минералов горящих отвалов угольных шахт Донбасса // Тр. Донецк. техн. ун-та. Сер. горно-геол. 2000. № 11. С. 141–145.
5. *Панов Б.С., Проскурня Ю.А., Мельников В.С., Гречановская Е.Е.* Неоминерализация горящих угольных отвалов Донбасса // Минерал. журн. 2000. Т. 22. № 4. С. 37–46.
6. *Панов Б.С., Шевченко О.А., Проскурня Ю.А.* и др. К геоэкологии Донбасса // Проблемы экологии. 1999. № 1. С. 17–26.
7. *Сребродольский Б.И.* Тайны сезонных минералов. М., 1989.

Yu. Proskurnya

*National Technical University of Donets'k
Artema St. 58, UA – 83000 Donets'k, Ukraine
E-mail: geolog@dgtu.donetsk.ua*

The paper is dedicated to the problems of ecological mineralogy in Donbas. This is the new trend of mineralogical researches in Ukraine, especially in Donets'k coal basin, where for 200 years of industrial development 1257 refuse heaps have been accumulated, moreover majority of them burn. Owing to this burning different technogenic minerals are formed, including simple substances (sulfur), sulphides (realgar), halides (sal-ammoniac), nitrates (ammonium nitrate), oxides (hematite), silicates (mullite), water and waterless sulphates (mascagnite, pickeringite etc.). During our investigations 22 minerals have been discovered, three of them (tamarugite, letovicite and ammonium nitrate) are the first finds in Donbas.

Key words: ecological mineralogy, refuse heaps, technogenic minerals, tamarugite, letovicite, ammonium nitrate, pseudo-fumarole activity, sulphate dissociation, thermal metamorphism, Donets'k basin.

Стаття надійшла до редколегії 21.04.2004

Прийнята до друку 12.05.2004