

УДК 548.3+622.693

Докт.геол.-мин. наук ПАНОВ Б.С., канд.геол.наук ПРОСКУРНЯ Ю.А. (ДонНТУ)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ КАК НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДОНБАССЕ**

Экология как наука сформировалась в прошлом веке и представляет собой раздел биологии, изучающий взаимоотношения (взаимодействия) между организмами и средой их обитания. В XIX веке экологи изучали, в основном, закономерности биологического взаимодействия в биосфере, причем роль человека в этих процессах считалась второстепенной. В XX веке ситуация изменилась, экологов все чаще стала беспокоить роль человека в изменении окружающего нас мира. В этот период биосфера постепенно утрачивала свое господствующее значение и в населенных людьми регионах стала превращаться в техносферу, где возникли новые условия взаимодействия живой и неживой материи: взаимодействие человека с техносферой, взаимодействие техносферы с биосферой (природой) и др. [2]

Поэтому главной задачей экологии в настоящее время является сохранение и обеспечение жизни на Земле путем глубокого изучения взаимодействия человека и общества с природой в условиях коренного изменения окружающей среды. Исследования проводятся по многим направлениям — экология человека, животных, растений, урбозэкология, техноэкология, экологическая геология и др. Экологические науки в настоящее время бурно развиваются, охватывая все новые области знания, в том числе и минералогия.

В последнее время широкое развитие получила геологическая наука об изучении условий образования и существования минералов в условиях техногенеза, а также определении взаимосвязей между минералом и средой, в которой существует минерал. Такая наука получила название экологической минералогии. Экологическая минералогия является составной частью общей минералогии, а ее основы были заложены еще в учении о биосфере В.И.Вернадского.

Минералы, возникшие в зонах техногенеза (на отвалах рудников и шахт, на стенках подземных и открытых выработок, в трубопроводах, в складах руд и концентратов, при изменении древних и современных металлических предметов) издавна являются объектами исследований. Много сульфатов, карбонатов, арсенатов, хлоридов и других минералов было впервые найдено в этих условиях.

В настоящее время экологическое направление в минералогии привлекает многих ученых из разных стран мира — в основном, это исследования минеральных образований, связанных с добычей и переработкой полезных ископаемых. Выделяются исследования, проведенные на горящих отвалах Пенсильвании (США), в Индии (район Ихария), Франции, Чехии (Остравско-Карвинских угольных бассейнов и бассейн Кладно), Силезии, Монголии, на терриконах Челябинского бурогоугольного бассейна (Россия) и Львовско-Волынского бассейна (Украина) [3].

Основные положения экологической минералогии на Украине были сформулированы Павлишиным В.И. [4]. Он выделил несколько наиболее актуальных для Украины направлений исследований экологической минералогии: 1) минералогия отвалов горно-обогатительных комбинатов, карьеров, терриконов шахт; 2) роль минералогических исследований в создании безотходных технологий и развитии сырьевой базы Украины; 3) создание минералогических музеев и заповедников.

Наиболее актуальным для Донецкого угольного бассейна является первое из предложенных направлений — это минералогия отвалов горно-обогатительных ком-

бинатов и терриконов угольных шахт. За 200 лет промышленной разработки в Донбассе добыто свыше 8 млрд. т угля и накоплено громадное количество отходов производства в виде 1257 терриконов общим объемом 1056519,9 тыс.м<sup>3</sup>, 35% которых склонны к самовозгоранию [5].

В настоящее время на горящих терриконах происходят уникальные процессы современного минералообразования, которые представляют собой новый вид геологических процессов литосферы, вызванных производственной деятельностью человека. Эти минералы не имеют солидного возраста, они рождаются и исчезают, чуть ли не на наших глазах — продолжительность их жизни от нескольких дней до нескольких лет. Большинство таких минералов легко растворяются в воде, исчезают и вновь кристаллизуются из водных или газовых растворов на поверхности отвалов или вблизи нее. Такие минералы часто называют «сезонными» минералами [7]. Поэтому изучение неоминерализации отвалов имеет важное значение для понимания процессов образования минеральных индивидов и их совокупностей (зарождение, рост, изменение, длительность формирования, разрушение); физико-химических условий среды образования (температура, давление, химизм среды), выявления парагенезисов техногенных минералов и т.д.

С целью более детального изучения новообразованных минералов горящих терриконов угольных шахт Донбасса нами были проведены исследования около 100 проб техногенных минералов. Применялся рентгеноструктурный анализ (рентгеновский дифрактометр ДРОН-2 —  $\text{CuK}\alpha$ -излучение), сканирующее электронное микронзондирование (электронный микроскоп-микроанализатор JSM-T300) и другие методы исследований, выполненные в лабораториях Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины (г.Киев) и в лаборатории Донецкого научно-исследовательского института черных металлов (г.Донецк) [3]. Была проведена диагностика минералов, установлены кристаллографические и морфологические особенности кристаллов и агрегатов новообразованных минералов, парагенетические ассоциации, физические свойства, типоморфизм, особенности распределения, условия образования.

В результате проведения данных исследований было выявлено 22 техногенных минерала: сера — S, нашатырь —  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , реальгар —  $\text{AsS}$ , гематит —  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , масканьит —  $(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4]$ , галотрихит —  $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ , пиккерингит —  $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ , тамаругит —  $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , алуноген —  $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ , эпсомит —  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , гексагидрит —  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , мелантерит —  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , халькантит —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , летовицит —  $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$ , сомольнокит —  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , ангидрит —  $\text{CaSO}_4$ , гипс —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , чермигит —  $\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , калиевые квасцы —  $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , натриевые квасцы —  $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , селитра аммониевая —  $\text{NH}_4[\text{NO}_3]$ , муллит —  $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ . Наиболее распространенными минералами являются сера, нашатырь, масканьит и пиккерингит, встреченные на большинстве изученных терриконов. Такие минералы, как тамаругит (установленный лишь на отвалах Остравско-Карвинского угольного бассейна Чехии), летовицит (найденный только во Франции и на отвалах угольного бассейна Кладно — Чехия) и аммонистая селитра в Донбассе были установлены и изучены впервые [3].

Тамаругит встречен на терриконе шахты 1–7 «Ветка», где образует белые, светло-желтые корочки толщиной до 1 см. Кристаллы пластинчатого, таблитчатого облика, часто образуют параллельные сростки размерами до 20 мкм с развитыми гранями пинакоидов. Основные линии на рентгенограмме: 4,18(100)-4,20(80)-

3,95(50)-3,65(60), параметры элементарной ячейки:  $a_0=7,353\text{Å}$ ,  $b_0=25,225\text{Å}$ ,  $c_0=6,097\text{Å}$ ,  $\beta=95^\circ 12'$ . Встречается совместно с пиккерингитом и алуногеном.

Пиккерингит установлен на терриконах шахт 1–7 «Ветка», «Глубокая», им. Газеты «Правда» и др., где образует корочки и налеты толщиной до 2–3 см, состоящие из спутанно-волокнистых, игольчатых и призматических агрегатов. Цвет минерала — светло-серый, зеленовато-серый, желтовато-серый, белый. Кристаллы пиккерингита — изометричного, таблитчатого облику, иногда в виде деформированных ромбододекаэдров. Часто кристаллы сростаются гранями призм, образуя своеобразные неправильные сростки. Главные линии на рентгенограмме: 6,73(30)-4,78(100)-4,36(30)-3,75(60)-3,49(95). Параметры кристаллической решетки:  $a_0=20,8\text{Å}$ ,  $b_0=24,2\text{Å}$ ,  $c_0=6,18\text{Å}$ . Встречается в парагенезисе с тамаругитом, галотрихитом, мелантеритом и алуногеном.

Летовицит — образует не очень плотные корочки толщиной 2–3 мм грязно-белого цвета, иногда с желтоватыми или розоватыми оттенками. Облик кристаллов таблитчатый или пластинчатый. Основные линии на рентгенограмме: 4,966(28)-3,774(100)-3,388(42)-2,933(20). Встречается в парагенезисе с масканьитом, нашатырем, чермигитом.

Аммонистая селитра установлена только в Донбассе в продуктах горения террикона шахты «Красный партизан». Образует тонкозернистые рыхлые скопления белого цвета вместе с нашатырем и масканьитом. Основные линии на рентгенограмме аммонистой селитры: 4,91(50)-3,09(100)-2,67(80)-2,25(80), параметры элементарной ячейки —  $a_0=5,76\text{Å}$ ,  $c_0=16\text{Å}$  [3].

Установлено, что часть минералов образуется в результате псевдофумарольной деятельности, при возгонке из газов, выделяющихся из глубины отвалов (сера, нашатырь, реальгар, масканьит, летовицит и аммонистая селитра), температура образования этой группы минералов — 80–300°C. Другая, наиболее многочисленная группа минералов, сформировалась в результате гипергенного изменения пород под воздействием серной кислоты, образующейся в результате химического и биохимического окисления пирита (пиккерингит, тамаругит, галотрихит, халькантит и др.), температура образования этой группы минералов — 10–80°C. В результате высокотемпературного изменения пород ( $t=450\text{--}1000^\circ\text{C}$ ) образуются гематит, муллит, кристобаллит и др. Для всех этих процессов характерен определенный парагенетический комплекс минералов, который может значительно изменяться со временем и с изменением теплового состояния отвалов [6].

Под влиянием кислородсодержащих атмосферных осадков на поверхности отвалов происходит разрушение азотсодержащих минералов — нашатыря, масканьита, летовицита, чермигита, аммонистой селитры. Растворение этих минералов атмосферными осадками приводит к образованию нитритов и нитратов, которые инфильтруются в грунтовые воды, загрязняя их токсичными соединениями азота [1]. С поверхности терриконов атмосферными осадками также вымываются легкорастворимые сульфаты, содержания которых в отвалах довольно высокие. Поэтому вблизи терриконов, которые находятся в стадии окисления и вымывания, происходит загрязнение поверхностных вод и почв на глубину до 0,2 солями (загрязнение сульфатного типа), что представляет собой опасность для здоровья при использовании воды в бытовых целях, а пород отвалов — в народном хозяйстве.

Таким образом, найденные и изученные нами техногенные минералы шахтных терриконов Донбасса являются очень редкими и уникальными минеральными образованиями. И, хотя их количества очень малы и практического значения с целью использования этих минералов в качестве вторичного минерального сырья они не

представляют, их исследования важны с точки зрения минералогии и кристаллографии, для изучения процессов, происходящих внутри и на поверхности отвалов, приводящих к образованию и исчезновению минеральных видов и их паргенетических ассоциаций. Проведенные нами исследования 22 минералов свидетельствуют о том, что данные минералы не являются единственными и список техногенных минералов, которые образуются в специфических условиях в результате горения породных отвалов угольных шахт может быть продолжен.

Но, с другой стороны, отходы угледобывающей промышленности, представленные многочисленными терриконами и отвалами углеобогащительных фабрик, являются источником ухудшения экологической обстановки в Донбассе. Отвалы обеспечивают поступление в атмосферу, почву, воды вредных и токсичных веществ не только из извлеченных на поверхность углевмещающих пород, но также из очагов горения терриконов, в которых формируются многие опасные новообразованные минералы (нашатырь, масканьит, реальгар и др.), содержащие в своем составе токсичные элементы и соединения [5]. Все это приводит к тому, что вокруг терриконов образуются обширные ореолы загрязнения почв, поверхностных и подземных вод токсичными элементами и их соединениями, что непосредственно сказывается на здоровье населения. Поэтому рассмотренные обстоятельства подчеркивают актуальность исследований химического состава пород отходов угледобычи, процессов самовозгорания отвалов и техногенного минералообразования, являющихся одними из важнейших задач нового направления в науке — экологической минералогии.

### **Библиографический список**

1. **К геоэкологии** Донбасса / Б.С.Панов, О.А.Шевченко, Ю.А.Проскурня, Е.С.Матлак, М.Дудик // Проблемы экологии. — Донецк: ДонГТУ, 1999. — №1. — С. 17–26.
2. **Кривошейн Д.А., Муравей Л.А. и др.** Экология и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов. — М.:ЮНИТИ-ДАИА, 2002.
3. **Неоминерализация** горящих угольных отвалов Донбасса / Б.С.Панов, Ю.А.Проскурня, В.С.Мельников, Е.Е.Гречановская // Минерал. Журнал, 2000. — Т. 22. — № 4. — С. 37–46.
4. **Павлишин В.П.** Проблемы экологической минералогии // Минерал. Журнал, 1993. — Т. 15. — № 6. — С. 8–10.
5. **Панов Б.С.** Некоторые вопросы экологической минералогии Донецкого бассейна // Минералогический журнал, 1993. — Т. 15. — № 6. — С. 43–50.
6. **Панов Б.С., Проскурня Ю.А.** Особенности генезиса некоторых техногенных минералов горящих отвалов угольных шахт Донбасса // Труды ДонГТУ. Сер. горно-геологическая, 2000. — № 11. — С. 141–145.
7. **Сребродольский Б.И.** Тайны сезонных минералов. — М.: Наука, 1989. — 144 с.

*© Панов Б.С., Проскурня Ю.А., 2004*

УДК 658.567.1/506:006

Канд. техн. наук БРОЙДЕ З.С., инж. МАКАРОВ Е.А., инж. БРОЙДЕ Г.З. (ГосНТЦ «Экоресурс»).

### **ВЫЯВЛЕНИЕ, УЧЕТ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЕМ С ОТХОДАМИ ОТ ИХ ГЕНЕЗИСА ДО СЕРТИФИКАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Виду отсутствия унифицированной терминологии, основные понятия в настоящей работе применяются в следующих значениях, выработанных для проекта межгосударственного ГОСТ [1]: