

УДК 548.3+622.693

Проскурня Ю.А.(ДонГТУ)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ КРИСТАЛЛОВ И АГРЕГАТОВ НОВООБРАЗОВАННЫХ МИНЕРАЛОВ ГОРЯЩИХ ТЕРРИКОНОВ

На горящих терриконах Донбасса в настоящее время происходят уникальные процессы современного минералообразования, которые представляют собой новый вид геологических процессов литосферы, доступных для непосредственного наблюдения и исследования. Изучение этих явлений представляет интерес для понимания процессов образования минеральных индивидов и их совокупностей — минеральных агрегатов, исследования процессов их зарождения, роста, изменения, длительности формирования, разрушения, физико-химических условий среды образования (температуры, давления, кислотности и др.), выявления парагенезисов техногенных минералов, особенностей распределения, зональности отложений. Все это требует, прежде всего, детального исследования кристаллографических и морфологических особенностей кристаллов и агрегатов новообразованных минералов.

С этой целью было проведено опробование 26 породных отвалов различных шахт Донецко-Макеевского района Донбасса: им. М.Горького, «Глубокая», «Запери-вальная», им. Газеты «Правда», «Панфиловская», «Лидиевка», им. Абакумова и др. Физико-химические исследования техногенных минералов — рентгеноструктурный анализ (рентгеновский дифрактометр ДРОН-2, $\text{CuK}\alpha$ -излучение), сканирующее электронное микронзондирование (электронный микроскоп-микроанализатор JSM-T300) и другие проводились в лабораториях Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины (г. Киев, зав. лабораторией Мельников В.С., аналитик Гречановская Е.Е.) и лаборатории Донецкого научно-исследовательского института черных металлов (г.Донецк, аналитик Бурховецкий В.В.) В результате проведения этих исследований были установлены следующие техногенные минералы: сера, нашатырь, масканьит, пиккерингит, алуноген, тамаругит, летовицит, эпсомит, халькантит, галотрихит, чермигит, квасцы, реальгар, муллит, гематит, аммонистая селитра. Установлено, что минералы образуются в результате возгонки из газов, выделяющихся из глубины отвалов ($t=80\text{--}300^\circ\text{C}$) — сера, нашатырь, реальгар, масканьит, летовицит и аммонистая селитра; в результате гипергенного изменения пород под воздействием серной кислоты, образующейся в результате химического и биохимического окисления пирита ($t=10\text{--}80^\circ\text{C}$) — пиккерингит, тамаругит, галотрихит, халькантит и др., а также в результате высокотемпературного изменения пород ($t=450\text{--}1000^\circ\text{C}$) — гематит, муллит, шпинель и др.

Морфология кристаллов и агрегатов техногенных минералов угольных шахт Донбасса самая разнообразная. Наиболее характерные формы выделения минералов — налеты, корки, выцветы, отдельные кристаллы и их сростки, землистые массы и зернистые, тонковолокнистые, натечные агрегаты. Естественная форма и огранка кристаллов зависят не только от сингонии соответствующих минеральных образований, но и в существенной мере от условий отложения (температуры, скорости роста и длительности образования, мест отложения). Состав газов и химический состав исходных пород не оказывают влияния на облик минеральных агрегатов.

В слабо парящих фумаролах на открытой поверхности образуются агрегаты в виде пушистого налета, тонких порошкообразных агрегатов, на стенках трещин и

пустот — плотные мелко- и среднезернистые агрегаты, иногда друзы. На слабо прогретых fumarольных площадках образуются выцветы различных форм. Температуры кристаллизации многих минералов близки между собой, поэтому многие возгоны представлены тонкой смесью различных минералов. Для минералов, образующихся в результате серноокислотного разложения пород терриконов, характерны тоненькие корочки на поверхности отвалов, распространенные на площадях в несколько квадратных метров, а также хлопьевидные, скорлупообразные, гроздьевидные агрегаты.

Можно выделить следующие типы агрегатов техногенных минералов:

Зернистые агрегаты - сплошные массы произвольно сросшихся зерен одного или нескольких минералов, с приведенными ниже характерными формами:

1) изометрическая — кубические кристаллы нашатыря, чермита, квасцов;

2) вытянутые в одном направлении (столбчатые, шестоватые, волосовидные, игольчатые) — сера, нашатырь, реальгар, сульфаты (пиккерингит, халькантит, галотрихит, мелантерит, ангидрит, чермит, эпсомит, гексагидрит), муллит;

3) пластинчатые и таблитчатые кристаллы — гипс, агрегаты моноклинной серы, тамаругит, халькантит, гексагидрит, летовицит;

4) сложные формы выделения кристаллов — кристаллические дендриты, скелетные формы, скипетровидные агрегаты (нашатырь, сера).

Скелеты — это вершинные и реберные формы роста кристаллов, которые образуются из сильно пересыщенных растворов. Дендриты являются также результатом вершинного и реберного роста, но идущего при неравномерной диффузии вещества к кристаллу. Основным элементом строения дендритных образований является сочетание отдельных лучей, исходящих из общего центра. В сростках один из лучей основной, вдоль него нарастают отдельные элементы сростков сложного строения [3]. При этом боковые кристаллики развиваются лишь в одну сторону от центра кристалла (в виде «елочек»). Иногда на вершинах дендровидных кристалликов образуются дипирамиды (сера) или октаэдры (нашатырь).

Кристаллы некоторых минералов имеют иногда своеобразную морфологию - они расщеплены с краев и образуются в том случае, если в среде имеются чужеродные микрочастицы, размер которых соизмерим с толщиной слоя нарастания кристаллов. В результате формируются расщепленные кристаллы разной морфологии — розетки, сноповидные образования и т.д. Были встречены образцы кристаллов серы, расщепленные вдоль определенной плоскости, по обе стороны от которой произошло загибание кристаллов, которые часто оканчиваются каплевидными утолщениями. Псевдопирамидальные кристаллы нашатыря, вершины которых нередко расщеплены, образуют многоголовые или скипетровидные агрегаты.

Плотные корочки образуются в хорошо защищенных местах, в трещинах и каналах истечения газов. Толщина корочек — до нескольких сантиметров (характерны для серы, нашатыря, масканьита, гипса, ангидрита).

Рыхлые скопления тонковолокнистых агрегатов широко распространены среди сульфатов (масканьит, сера, пиккерингит, тамаругит, алуноген, ангидрит, гексагидрит), иногда характерны для нашатыря. Они занимают значительные площади (до нескольких квадратных метров), мощность образований достигает нескольких сантиметров.

Волокнистые агрегаты обычно формируются в постепенно приоткрывающихся трещинах, когда скорость приоткрывания меньше или равна скорости роста индивидов (мелантерит, галотрихит, гипс). Волоконца мелантерита растут от двух стенок навстречу друг другу. Агрегаты изогнуты или располагаются косо по отношению к

стенкам, на которые они выросли, что свидетельствует о перемещениях стенок трещины во время формирования агрегатов.

Агрегаты натечной формы характерны для серы, нашатыря, галотрихита, чермита, эпсомита. Это тоненькие, слегка изогнутые сталактиты длиной до 2 мм, свисающие со стенок небольших жеод. Иногда сульфаты образуют скорлуповатые корочки, розеткоподобные или гроздьевидные сферические образования (пиккерингит, алуноген, гипс).

Землистые массы — мягкие мучнистые скопления с неразличимыми кристаллическими образованиями. Примером могут служить образования реальгара, гидроксидов железа, сульфатов (халькантит, эпсомит, квасцы).

Налеты и примазки встречаются в виде тонких пленок (толщиной до 1–2 мм), покрывающих поверхность горных пород. Характерны для масканьита, нашатыря, халькантита, галотрихита, алуногена, эпсомита, гексагидрита, квасцов.

Выпоты встречаются на слабопарящих фумарольных площадках в виде очень тонкой корочки или моховидных или пушистых образований. Характерны для водных сульфатов (чермит, эпсомит). Сведения о морфологии некоторых минеральных индивидов и агрегатов приведены в таблице.

Таблица. Морфология индивидуумов и агрегатов некоторых техногенных минералов угольных шахт Донбасса

Минерал	Морфология кристаллов и агрегатов техногенных минералов
Сера — S, моноклинная и ромбическая сингонии	Образует плотные корки (толщина 2–5 см), игольчатые, цветоподобные агрегаты, на поверхности и на глубине до 20–40 см; кристаллы моноклинной серы — пластинчатого и листоватого облика, размерами до 2 мм, иногда образуют крестообразные сростки. На них выявлены такие простые формы: {001}, {011}, {111}, {110}, {100}. Ромбическая сера образует дендритные сростки, оплавленные и натечные выделения, кристаллы относятся к дипирамидальному и пинакоидному габитусному типам, на кристаллах обнаружены следующие простые формы: {111}, {001}, {011}, {133}, {115}, {131}, {113}, {110}, {117}, {013} [4].
Нашатырь — NH ₄ Cl, кубическая сингония	Осаждается в местах выходов горячих газов в виде порошковатых налетов, плотных корочек, друзовидных щеток, натечных, игольчатых дендритных, скелетных, спутанноволокнистых агрегатов, хорошо образованных кристаллов размерами до 1,5 см. Форма кристаллов нашатыря — изометричные правильные тетрагон-триоктаэдры и их комбинации с ромбододекаэдром и пентагон-триоктаэдром или псевдопирамиды тетрагонального облика [2].
Масканьит — (NH ₄) ₂ [SO ₄], ромбическая сингония	Представлен в виде порошковатых налетов, пузыристых корочек толщиной в несколько мм, мелкозернистых агрегатов, мелких кристалликов длиной до 1 мм. Менее распространены волокнистые и натечные формы, маслянистые, жирные образования.
Пиккерингит — MgAl ₂ [SO ₄] ₄ ·22H ₂ O, моноклинная сингония	Образует корочки, налеты, хлопьевидные и сферические образования толщиной до 2–3 см, состоящие из радиальнолучистых, спутанноволокнистых и игольчатых агрегатов. Для кристаллов характерна различная степень кристаллизации — от слабораскристаллизованных до хорошо ограненных кристаллов изометрического, таблитчатого облика. Часто кристаллы срстаются друг с другом гранями призм, образуя своеобразные неправильные агрегаты. В огранении кристаллов участвуют, в основном, комбинации пинакоидов и ромбических призм.

Продолжение таблицы

Тамаругит — $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, моноклинная сингония	Образует хлопьевидные агрегаты и корочки толщиной до 1 см, состоящие из игольчатых агрегатов таблитчатого, пластинчатого облика, различной степени кристаллизации, образуют агрегаты ромбической формы, вытянутые по оси в, параллельные сростки размерами до 20 мкм с развитыми гранями пинакоидов.
Мелантерит — $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, моноклинная сингония	Образует натечные и зернистые агрегаты, порошокватые массы, щетки мелких кристалликов размерами до 3 мм на стенках трещин почти у самой поверхности. Кристаллы игольчатого, столбчатого облика, часто образуют скрученные и спиральные формы, габитус кристаллов — удлиненно-призматический, ромбоэдрический; характерные формы: пикоиды $\{010\}$, $\{001\}$, $\{101\}$, ромбические призмы $\{110\}$, $\{111\}$, $\{011\}$ [1].
Халькантит — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, триклинная сингония	Представлен в виде порошокватых налетов, корочек и землистых агрегатов с радиальноволоконистым строением, пластинчатого и таблитчатого облика. Габитус кристаллов — короткопризматический, характерные простые формы: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{111\}$, $\{110\}$, $\{121\}$.
Алуноген — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, триклинная сингония	Минерал образует налеты, натечные образования, сплошные тонкие скорлупоподобные или хлопьевидные корки, мелкочешуйчатые агрегаты вблизи очагов горения пород. Облик кристаллов пластинчатый, волокнистый. Кристаллы призматического габитуса с преобладающими простыми формами: $\{010\}$, $\{100\}$.
Гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, моноклинная сингония	Образует плотные щетки, грозди, радиально-волоконистые агрегаты, пластинчатые, таблитчатые формы в виде «розеток», иногда индивиды призматического габитуса размерами до 5 мм. На кристаллах выявлены такие простые формы: пинакоиды $\{010\}$, ромбические призмы $\{110\}$, $\{111\}$
Ангидрит — CaSO_4 , ромбическая сингония	Распространен в виде зернистых корок (кристаллики размером менее 1 мм), порошокватых образований. В полостях часто встречаются игольчатые, волокнистые кристаллики и их скопления изометрического, толстотаблитчатого облика. На кристаллах установлены следующие простые формы: пинакоид $\{010\}$, ромбические призмы $\{101\}$, $\{011\}$ [1]
Чермигит — $\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, кубическая сингония	Распространен в виде небольших сталактитов, пушистых налетов, натечных корок, покрывающих поверхность отвалов. Образует столбчатые и волокнистые кристаллы изометрического (октаэдры) габитуса. Встречаются кристаллы с четырехугольным и шестиугольным сечением, которые представляют собой, по-видимому, аномально развитые грани куба с подчиненными гранями октаэдра. Размеры кристалликов достигают 1–2 мм в длину и 0,1–0,2 в ширину.
Эпсомит — $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ромбическая сингония	Образует пушистый налет, тонкие корочки, стяжения, плотные натечные или землистые образования, состоящие из мелких игольчатых или волокнистых кристаллов длиной в несколько мм. Натечные выделения минерала образуют бугорки и столбики, часто с боковыми ответвлениями. Обычны также гроздьевидные и клубнеобразные агрегаты на стенках пустот и ниш. Формы кристаллов следующие: призмы — $\{110\}$, $\{111\}$, пинакоиды — $\{100\}$, $\{010\}$, $\{001\}$ [1].

Минералы встречаются на поверхности или в нескольких сантиметрах ниже поверхности отвалов и занимают площади до нескольких квадратных метров, концентрируясь в прикрытых площадях, возле отверстий, в трещинах и впадинах, небольших пе-

щерах. Отложение минералов в защищенных от ветра и осадков площадях объясняется негативным воздействием погоды на хрупкие минеральные образования, а также более высокой концентрации выделяющихся газов в этих местах по сравнению с открытыми площадками. Понижение температуры может привести к прекращению отложения минералов или их переотложению на уже образовавшихся минеральных видах. Совершенные кристаллы характеризуются правильной внешней симметрией, что указывает на их рост при всестороннем и равномерном подтоке вещества ко всем частям растущего кристалла. Искаженные многогранники, грани которых то ровные блестящие, то неровные, искривленные и тусклые, отражают процесс роста на участках, где эти условия не соблюдаются. Явления замедления или ускорения кристаллизации, прерывистого роста и дорастивания кристаллов выразились в разной степени кристалличности и в появлении скипетровидных и других сложных форм выделения минералов.

На основании изучения морфологии кристаллов и агрегатов минералов можно определить их относительный возраст, выделить минералы ранние, поздние и одновременно образовавшиеся, определить скорость роста, длительность образования, установить физико-химические условия среды минералообразования, что имеет большое значение для решения прикладных и теоретических задач минералогии, при разработке вопросов теории минералообразования и в целом при изучении минеральных тел техногенного происхождения.

Библиографический список

1. Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. — М.: Недра, 1980. — 292 с.
2. Панов Б.С., Дорфман М.Д., Смолянинова Н.Н. О нашатыре из Донецкого бассейна // Новые данные о минералах СССР. — М.: Наука, 1974. — Вып.23. — С.220–223.
3. Серафимова Е.К. Минералогия возгонов вулканов Камчатки. — М.: Наука, 1979. — 168 с.
4. Сребродольский Б.И. Типоморфные особенности самородной серы // Минерал. журнал, 1982. — Вып.4. — №6. — С. 48–54.

© Проскуря Ю.А., 2001

УДК 538.55:622.831.327

Пак В.В., Ехилевский С.Г., Василец А.А. (ДонГТУ)

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ И КРИТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ СОГЛАСИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПРИ ВСКРЫТИИ КРУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ. (Ч.П. ВЛИЯНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И УЩЕРБА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫБРОСА НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ШПУРОВ)

При вскрытии крутопадающих угольных пластов возможны три ситуации. Первая (рисунок, а) заключается в том, что граница выбросоопасной области пересекает поперечное сечение горной выработки. Во второй — все поперечное сечение выработки принадлежит безопасному участку угольного пласта. И, наконец, в третьей — поперечное сечение выработки попадает в опасную зону. Пусть гипотезы H_1 , H_2 и H_3 заключаются в том, что собственно реализуются описанные ситуации.

Очевидно, выброс происходит, если справедлива гипотеза H_1 , или H_3 . Для прогнозирования выбросоопасности при вскрытии крутых угольных пластов применяется способ, предложенный ДонГТУ [1], основанный на измерении изменения