

## МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ В ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ КИЗЕЛОВСКОГО БАССЕЙНА

Разработка угольных месторождений сопровождается изменением физико-химических параметров природных сред, что ведет к образованию участков, где могут активно протекать процессы минералообразования. Как показывают работы Б. В. Чеснокова с коллегами, одним из компонентов формирующихся техногенно-геохимических систем где наиболее интенсивно протекают процессы, являются породы шахтных отвалов. Это обусловлено резкой сменой восстановительной обстановки на окислительную при извлечении пород на поверхность, значительной их дезинтеграции при физическом и химическом выветривании, наличием органики и микробиологическими процессами.

В лаборатории Геологии техногенных процессов Естественнонаучного института Пермского университета минералообразование в отвалах изучалось в связи с существенным вкладом этих процессов в трансформацию геологической среды. В качестве объектов исследования был выбран Кизеловский угольный бассейн, где деградация природной среды достигла угрожающих масштабов.

В процессе исследования отбирались пробы горелых и негорелых пород, стоки с отвалов и подземные воды районов их складирования. Породы изучались с помощью рентгеноструктурного, термического, химического валового анализов, под сканирующим электронным микроскопом, а также были проведены водные вытяжки.

В результате исследований обнаружено большое разнообразие вторичных минералов: самородные — сера; окислы — гематит, гетит; силикаты — муллит; сульфаты — ярозит, алунит, гипс, мелантерит, сомолюнокит, кокимбит, копиапит, силинит, алуноген, сидеротик, галотрихит, калинит, гиббсит; соединения  $MgAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$ ;  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ ;  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ ;  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ .

Проведенные исследования показывают, что ведущим минералообразующим процессом является серноокислотный, связанный с высокой сернистостью отвалов - от 3 до 8%. Сера содержится в основном в виде пирита и органических соединений, окисление которых сопровождается формированием кислой водной среды (рН 1-3) с содержанием сульфат-ионов до 50 г/л, железа до 4 г/л и минерализацией до 70 г/л. Окисление пирита проходит стадийно с образованием промежуточных фаз, из которых типоморфными являются пирит — мелантерит — кокимбит — ярозит — лимонит. В результате воздействия серноокислотной среды на силикаты, алюмосиликаты, карбонаты происходят такие процессы, как гидролиз, растворение, кислотное выщелачивание, метасоматоз и др. и обогащение растворов алюминием, железом, катионогенными металлами, подвижными в кислой среде. Осаждение их на щелочном барьере также ведет к активному минералообразованию.

При горении отвалов происходит плавление, обжиг пород, гидротермальные пневматолитовые процессы, близкие по характеру к эндогенным. Характерными продуктами являются как химически устойчивые минералы — муллит, гематит, тридимит, так и не вполне устойчивые сульфаты железа, калия, алюминия — ярозит, алунит, кокимбит и др., подверженные дальнейшему разложению. Процессы минералообразования в отвалах активно протекают в течение десятков — сотен лет и являются источником загрязнения окружающей среды.