

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА КИСЛОТООБРАЗОВАНИЯ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ СУЛЬФИД- СОДЕРЖАЩИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Т.Н. Лубкова, Д.А. Яблонская, Т.В. Шестакова, Я.В. Бычкова

Кислотный дренаж является одной из основных проблем при освоении сульфидных месторождений (в первую очередь, ликвационных медно-никелевых, колчеданных, меднопорфировых и др.). Выветривание сульфидсодержащих вмещающих пород и руд при их складировании на дневной поверхности может приводить к формированию кислотного стока с повышенной минерализацией и сверхнормативными содержаниями токсичных элементов. Инфильтрация и поступление дренажных вод в гидросеть в свою очередь может обуславливать деградацию водных экосистем, что особенно актуально для объектов рыбохозяйственного назначения.

Прогноз кислотного дренажа, таким образом, является важнейшей задачей ОВОС. Его реализация проводится с учетом геологических, геохимических, минералогических и петрографических характеристик сульфидсодержащих пород с привлечением методов термодинамического моделирования. Главным инструментом оценки потенциала кислотообразования и выщелачивания металлов (ПКВМ) являются статические и кинетические тесты, направленные на определение кислотно-основного потенциала пород и скоростей кислотообразования и выщелачивания из них токсичных элементов.

Наиболее широкое распространение соответствующие исследования получили в зарубежной практике. С середины 1980-х гг. ежегодно проводится Международная конференция по проблемам кислотного дренажа (ICARD). В рамках канадской Программы по нейтрализации кислотного дренажа (MEND) создаются и обновляются соответствующие Руководства. При поддержке крупнейших горнорудных корпораций США, Канады, Китая, Австралии, Европы, Индонезии, Южной Америки и Южной Африки функционирует Международная интернет-площадка по предотвращению кислотного дренажа (INAP), обобщающая и публикующая в открытом доступе результаты исследований в этой области в виде Методических рекомендаций (GARD Guide). Исследования кислотного дренажа поддерживаны Агентством по охране окружающей среды США (US EPA), Программой ООН по окружающей среде (UNEP), Международными финансовыми организациями (ЕБРР, МБРР).

В отечественной нормативной базе в явном виде отсутствуют требования к оценке ПКВМ, которая по факту выполняется зарубежными горнодобывающими компаниями, работающими на территории РФ, и отдельными научными коллективами. Исследования кафедры геохимии МГУ сосредоточены на перспективных рудных объектах,

расположенных в Чукотском автономном округе (меднопорфировые месторождения Баимской золото-меднорудной зоны, золотосеребряные рудопроявления Водораздельной и Верхне-Кричальской перспективных площадей).

Оценка ПКВМ базируется на исследованиях керна представительных типов вмещающих пород, для которых характерны обширные гидротермальные преобразования с образованием пропилитизированных, аргиллизированных, серицитизированных и кварц-калишпатовых метасоматитов, а также рядовых и убогих руд. Главными сульфидными минералами являются пирит и халькопирит, а также борнит и молибденит (Баимская площадь), арсенопирит, антимонит (Верхне-Кричальская площадь), блеклые руды.

Потенциал формирования кислотного стока оценивается по результатам анализа кислотно-основного баланса пород (АВА-тест), дополненного экспериментальным определением потенциала генерации кислоты (NAG-тест) [1]. В комплексе, методами потенциометрии, кондуктометрии, объемного титрования, ИСП-МС/ИСП-АЭС, проводится определение основных параметров пород в водных вытяжках в статическом режиме для оценки состава дренажных вод и подвижности токсичных элементов на начальном этапе складирования геологических материалов. Кинетические тесты по имитации выветривания реализуются в лабораторных условиях с использованием «влажных ячеек» (Humidity Cell Test) в соответствии со стандартом ASTM D5744-13 либо в упрощенном виде путем последовательного экстрагирования водой с последующим анализом недельных фильтратов вышеперечисленными методами.

В результате исследований ПКВМ установлено, что породы, вмещающие медные штокверки, характеризуются высоким потенциалом кислотообразования (категория PAG), при этом складирование руд и вмещающих пород из зоны пиритизации будет приводить к формированию кислых высокометалльных вод уже в краткосрочном периоде. В целом дренажные воды длительное время могут сохранять околонейтральные значения pH, что обуславливает более низкий потенциал выщелачивания основных металлов. Вероятность генерации кислоты вмещающими породами в районах золотосеребряных рудопроявлений, в связи с их значительно более низкой сульфидностью и высокой буферизирующей емкостью, заметно ниже. Дренажные воды в условиях гидролиза натрий-содержащих силикатов и карбонатов будут характеризоваться нейтральными и слабощелочными pH (по результатам тестирования в течение более 40 недель) и сверхнормативными содержаниями ряда элементов, подвижных в данных условиях (Al, Cu, Mo, Mn, V, W, а также As, Sb).

1. Lottermoser B.G. Mine Wastes. Characterization, Treatment and Environmental Impacts. 3rd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 400 p.