

ПРИНЦИПЫ ГЕОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЕДНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

Д.А. Пашкевич

Льежский Университет, Льеж, Бельгия

В условиях снижения содержания полезных компонентов в руде и усложнения морфологии тел месторождений, в последние десятилетия происходит внедрение геометаллургических принципов в традиционную схему горнорудного бизнеса. Геометаллургия представляет собой междисциплинарное направление, призванное ликвидировать производственный разрыв между геологией, горной инженерией и металлургией. В узком смысле, геометаллургия – это геологически-информированный отбор определенного количества проб для выяснения металлургических параметров и их распространения по всему рудному телу. Это позволяет прогнозировать свойства руды, поступающей на обогатительный комбинат. Таким образом, геометаллургия предназначена для создания пространственно-ориентированной модели геолого-металлургической информации [1].

Согласно традиционному подходу, геологическая часть проекта основывается на генетической интерпретации минералого-петрографических материалов, и заканчивается построением геологической модели месторождения. Горная инженерия выполняет геостатистическую обработку данных, производит оценку запасов и блочное моделирование месторождения, что влечет за собой планирование эксплуатационных работ. В результате, руда, поступающая в металлургический цикл, изучается на микроскопическом уровне для выяснения основных параметров, влияющих на обогатимость, с целью усовершенствования схемы производства. Основным недостатком традиционного подхода является отсутствие пространственно-привязанных металлургических параметров в модели рудной залежи, что влечет за собой неполное использование ресурсов, неоптимизированную производственную схему, и, как следствие, неэффективное управление рисками [2].

Медные месторождения мира испытывают продолжающееся падение в качестве и количестве. Только за прошедшее столетие среднее содержание меди в руде разрабатываемых месторождений упало с 4 до 1,5 %. Кроме того, следует принимать во внимание тот факт, что наиболее простые и неглубоко залегающие месторождения уже давно открыты и разработаны. Большинство оставшихся могут быть охарактеризованы как содержащие крайне неравномерные концентрации многочисленных минералов (со сложной морфологией, непостоянством параметров и небольшими размерами). В то же время, потребление металла на мировом рынке неуклонно растет. [3]. Именно поэтому медная промышленность особенно нуждается в геометаллургических подходах. В настоящее время геометаллургическое тестирование внедрено в производство на медном месторождении Каллауази (Чили), золото-медно-серебряном месторождении Канауире (Перу), медно-золотом месторождении Дегрусса (Австралия) и других местах [2].

В основе построения геометаллургической модели лежит выделение доменов и их разделение на блоки (рис. 1). Гомогенность, необходимая для выделения структурной единицы модели, основывается на геологических, геохимических, минералогических, текстурно-структурных и обогатительных свойствах породного массива.

Это позволяет создать модель очередности разработки (сценарии планирования работ). Существует около десятка геолого-минералогических факторов, несущих принципиальное значение для металлургического цикла (рис. 1), например: структурно-текстурные особенности, твердость, хрупкость, содержание глинистых минералов (для дробления

и измельчения); растворимость, минералого-петрографический состав, гидрофобность (для флотации и выщелачивания); и т. д. [4].



Тип породы	Минерализация	Критические параметры	Эко- риски
Риолиты	Хлоритизация	Соотношение пирита, пирротина, и рудных сульфидов	
Андезиты	Серицитизация	Рудные минералы	
Базальты	Оталькование	Соотношение Cu/Zn	
Туффиты	Аргиллитизация	Au, Ag, Pt	
Брекчии	Филлитизация	Труднообогатимые минералы	
Порфиры	Калишпатизация	Содержание As, Bi, Hg, Se	
Мраморы	Скарнизация	Упорное золото	

Рис. 1. Геометаллургическая матрица [4]

На примере данных, предоставленных лабораторией Льежского Университета (для рудопроявления в Чилийском медном поясе), была построена геостатистическая модель (программное обеспечение SGeMS) для медно-порфирирового месторождения (рис.2).

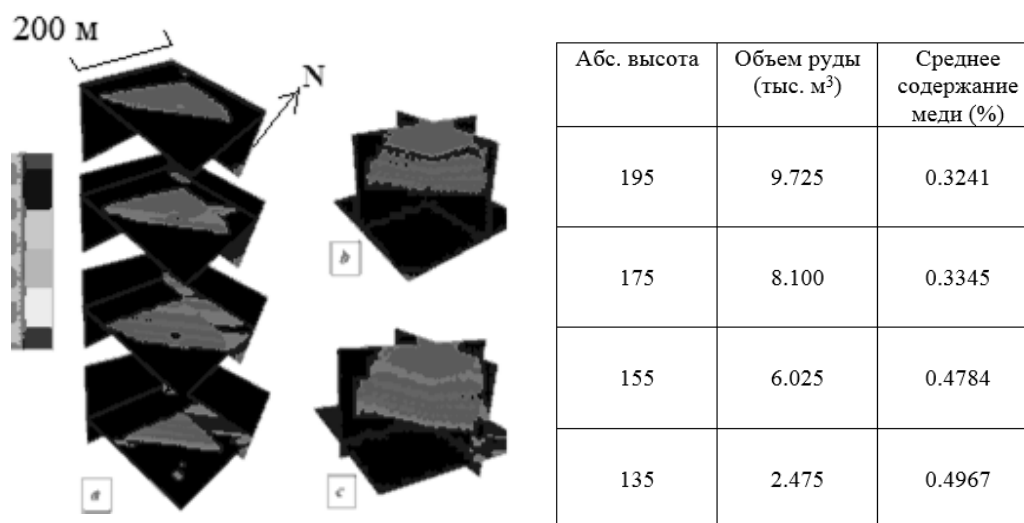


Рис. 2. 3D модель рудного тела: фрагмент слева – горизонтальные срезы (интервал – 20 м), пороговое значение меди 0,3 %; фрагмент по центру – 3D вид с пороговым значением 0,2 % и 0,3 % (сверху и снизу соответственно); фрагмент справа – таблица со статистическими данными по каждой секции фрагмента слева

Модель базируется на концентрации химических элементов в пробах, взятых из 15 скважин. С геологической точки зрения рудопроявление можно считать перспективным. Средние содержания меди по выбранным четырем секциям колеблются от 0,32 до 0,49 %, что выше порогового значения в 0,3 %. Дополнительным преимуществом рудного тела является его приповерхностное залегание (десятки метров). Простирание жильного тела составляет около 200 м. Тем не менее, принимая во внимание мизерные запасы руды (3 тыс. т), и используя комплексную оценку рудопроявления (факторы технологического процесса), и расчеты капитальных (CAPEX) и операционных (OPEX) расходов, данный проект можно охарактеризовать как нерентабельный при текущих рыночных условиях.

Особенно важными факторами при расчёте прибыльности проекта и составлении геометаллургической модели медных месторождений являются флотационные параметры. Флотация позволяет концентрировать зерна медных минералов на основе трехфазной физико-химической сепарации (как результат – достижение 20-30 % меди в сырье).

Важным компонентом, пронизывающим всю концепцию геометаллургии, является производственная минералогия, которая на разных этапах цикла руды дает объективную информацию (высвобождение зерен рудного минерала, их морфологию, номенклатуру), что помогает выявить источник возникших производственных проблем. Так, на рис. 3 представлен классифицированный автором снимок (программное обеспечение MultiSpec) концентрата флотации, полученного при выполнении лабораторного опыта по физико-химической сепарации руды медного пояса Копакуйре (Чили). При анализе снимка становится очевидным большое содержание пирита в полученном концентрате халькопирита. Решением проблемы является осаждение пирита депрессантами при флотации. Построение геометаллургической модели дает прогноз на сырьевые риски, что позволяет заранее подобрать сепарационные параметры.

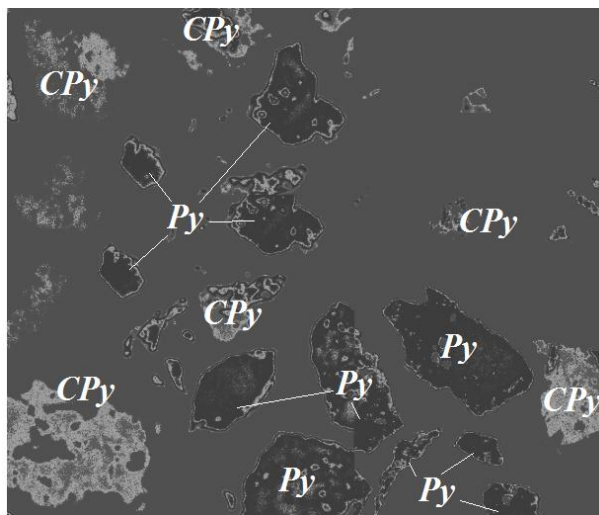


Рис. 3. Флотационный концентрат с неотрегулированными параметрами (Py - пирит, CPy - халькопирит)

Основные перспективные на медь рудопроявления на территории Беларуси - это колчеданные руды, приуроченные к центральной и западной частям Белорусской антеклизы (Мир, Унихово, Рудьма, Раевщина, Рубежовичи и др.). На данный момент выявлены медные, медно-свинцово-цинковые разновидности. Содержание меди неустойчиво и колеблется в пределах от 0,1 до 5 %. Молибден-медные рудопроявления (Шнипки, Лашевичи) установлены в крутопадающей жиле гранитоидов, с доминирующей пирит-халькопиритовой минерализацией (Cu 1-6 %, Mo > 1 %). Медно-никелевое рудопроявление в небольшой интрузии ультрабазитов и базитов расположено также в пределах Белорусской антеклизы (основные минералы: халькопирит, пирротин). Содержание меди колеблется от 0,2 до 0,8 % [5]. Применение геометаллургического картирования для установления порядка возможного освоения в будущем (при благоприятной конъюнктуре рынка меди), имеющихся на территории Беларуси рудопроявлений, является ключом к устойчивой разработке рудных тел (минимизация производственных рисков в условиях сложной морфологии рудопроявлений, высокой вариативности содержания металла и значительных глубин возможной эксплуатации).

Литература

1. SGS Minerals Services. Geometallurgy. SGS Minerals Services. [Electronic resource]. <http://www.sgs.com/mining/> (date of access: 13.01.2016).
2. Lamberg P. Geometallurgy. [Electronic resource]. http://www.emerald.ulg.ac.be/sites/default/files/Geometallurgy_Lund_Lamberg_14.pdf/ (date of access: 10.01.2016).

3. *Thoughts* S. Steve Todoruk explains where he's speculating now. [Electronic resource]. <http://www.mining.com/web/steve-todoruk-explains-where-hes-speculating-now/> (date of access: 27.02.2016).

4. SGS Minerals Services. Geometallurgical mapping: a new approach that reduces technical risks. Minerals Services. [Electronic resource]. <http://www.sgs.com/> (date of access: 05.01.2016).

5. Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ / редкол.: П.З. Хомич и др – Минск, 2002. - 527 с.