



## Научная проблема

- Компания Barrick занимается поиском экономически эффективного способа увеличить извлечение серебра из золотосодержащих руд, добываемых на месторождении Веладеро в Аргентине. Известные на сегодняшний день процессы и технологии оказались неуспешными.
- Золото и серебро на месторождениях Веладеро откладывалось в течение различных геологических событий и потому представлено в кварцевых рудах по-разному. Золото представлено, в основном, в качестве самородного минерала и находится в порах руды. Использование традиционного цианирования и кучного выщелачивания позволяет высвободить более 80% золота.
- В целом, рудные запасы Веладеро содержат около 180 миллионов унций серебра. Использование современных технологических приемов позволяет высвободить только 6.7% серебра.
- Минералогический анализ показал, что большая часть серебра представлена в виде маленьких частиц (1 - 2 микрона) акантита ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), тогда как кераргирит ( $\text{AgCl}$ ) является вторым часто встречающимся минералом. Руда с повышенным содержанием акантита характеризуется пониженным уровнем извлекаемого серебра. И наоборот, руда с повышенным содержанием кераргита характеризуется повышенным уровнем извлекаемого серебра. Только ограниченные участки рудного тела отличаются повышенным содержанием кераргита.
- Акантит, который является сульфидным минералом, растворяется гораздо медленнее, чем простое серебро или его сплавы. Как правило, данное обстоятельство можно преодолеть, используя более сильный цианистый раствор, но в случае с рудой в Веладеро это не срабатывает.
- Микроскопический анализ показал, что акантит инкапсулирован в кремнии. Инкапсулирование частиц означает, что они окружены непроницаемой оболочкой, образовавшейся вокруг частицы, предотвращающей ее соприкосновение, а следовательно, растворение цианистым раствором или другим растворами, предназначенными для растворения серебра.
- Тесты, проведенные над синтетическим акантитом, показали, что данный минерал более податлив к растворению при добавке катализатора в цианистый раствор. При повторном проведении теста с рудой, измельченной ниже 40 микрон, благоприятное воздействие катализатора не наблюдалось. Это еще раз указывает на то, что инкапсулирование акантита в кремнии, а не тип серебряного минерала, является главной причиной низкого извлечения серебра.

- Анализ руды не выявил органического углерода, глины, повышенного содержания сульфидов или других элементов, препятствующих извлечению золота и серебра. Извлечение серебра не увеличилось при известковом кипении, окислении под давлением, использовании азотной кислоты, хлорного железа или раскисляющих систем. Улучшенное извлечение наблюдалось только при использовании фтороводородной кислоты, общеизвестного реагента для растворения кремния. Однако полномасштабное использование фтороводородной кислоты не представляется выполнимым в данном случае, так как руда содержит более 90% кварца.
  - Снижение размеров частиц с 1,7 мм до 75 микрон увеличивает степень извлечения серебра до 20%. Дальнейшее снижение размеров частиц менее 10 микрон приводит к увеличению извлечения серебра приблизительно до 40%. Руда, по своей природе, твердая и абразивная, а высокая стоимость измельчения приводит к тому, что данный метод является нерентабельным.
  - Предварительные попытки обогащения руды с помощью флотации, гравитации и магнитной сепарации не оказались удачными. Успех данных технологий по обогащению полезных ископаемых, в большинстве своем, основан на выделении акантита, что достигается только в частичной форме путем тонкого измельчения.
  - Были вкратце изучены другие методы выделения акантита из среды кремния, включая различные механизмы дробления, а также нагрев-резкое охлаждение и микроволновая обработка для дестабилизации кварцевой среды. Ни один из различных использованных способов не привел к значительному увеличению количества извлекаемого серебра.
  - Компания Barrick занимается поиском технологии или метода, позволяющего значительно повысить извлечение серебра из данного типа руды.