

УДК 622.7

А.Г. Секисов, В.П. Мязин, А.Ю. Лавров, В.Ю. Шкатов
ОБОСНОВАНИЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ ОСВОЕНИИ УДОКАНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ

Рассмотрена возможность применения технологии активационного кюветного и кучного выщелачивания металлов из минерального сырья позволяющей получить максимальный экономический результат и минимизировать экологический ущерб. В качестве активирующих воздействий рассматривается использование фотоэлектрохимических процессов в пульпе. Основу используемых выщелачивающих реагентов составляет активный кислород и хлоридный комплекс.

Ключевые слова: активный кислород, фотоэлектрохимическая подготовка, выщелачивание, хлоридный комплекс.

При разработке Удоканского месторождения, учитывая его местоположение, масштабы и существенно различные условия залегания рудных тел, а также минеролого-геохимические особенности сульфидных, окисленных и смешанных руд, должен быть использован гибкий подход при выборе технологических решений.

Мировая практика разработки медно-порфириновых месторождений и месторождений медистых песчаников показывает, что использование традиционных и физико-химических геотехнологий обеспечивает максимальный экономический результат и минимизацию экологического ущерба. В качестве примеров можно привести нестандартные решения, принятые на карьере Биг Майк (Невада) по извлечению меди из 475 тыс. т прибортовых запасов смешанных руд, сульфидная составляющая которого в основном, как и на Удокане, представлена халькозином (Cu_2S).

При этом осуществлялась взрывная подготовка руд к выщелачиванию

(средняя крупность куска 230 мм), орошение сернокислотными растворами производилось 1 раз в неделю, а откачка продуктивных растворов через скважины, пробуренные в днище карьера. При использовании выщелачивания из законтурных запасов на предприятиях Огайо, Коппа Бьют, Квин, использованы сернокислотные растворы с добавлением сульфата железа и сульфата окиси железа. Определенную роль в выщелачивании меди в летний период играют и тионовые бактерии.

Аналогичные технологии могут быть использованы при извлечении меди из бедных Удоканских руд, оставаемых в межбортовых целиках (верхнюю часть месторождения целесообразно отрабатывать системой малых карьеров в два этапа).

При переработке руд такого качества и некондиционной рудной массы, извлекаемых при формировании выработанного пространства карьеров, могут быть использованы технологии кучного и кюветного выщелачи-

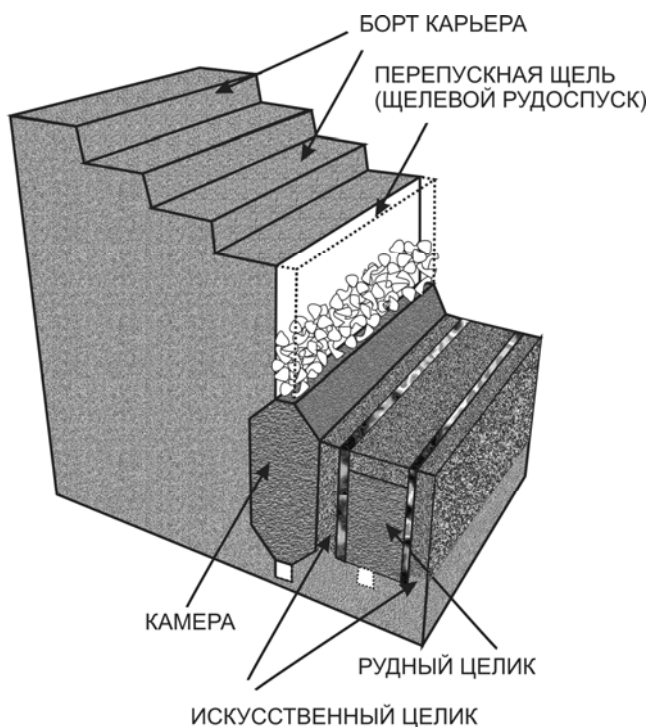


Рис. 1. Предлагаемая схема разработки Удоканского месторождения

вания металлов. Эти решения имеет преимущества по сравнению с технологией скважинного выщелачивания для руд, содержащих кроме меди серебро и золото.

Для выщелачивания металлов из сульфидных и смешанных руд могут быть применены другие новые традиционные и физико-химические геотехнологии (рис. 1)

В соответствие с предлагаемой технологической схемой разработки Удоканского месторождения, наиболее богатые халькозин-борнитовые руды с повышенным содержанием золота и серебра извлекаются системой с закладкой, а рядовые руды после взрывоинъекционной подготовки орошаются активными выщелачивающими растворами. При этом между искусственными целиками помещается

«сухая закладка» из агломерированных хвостов обогащения богатых руд и дробленной кондиционной руды, добытой в карьере. Таким образом, богатая руда подвергается рудоподготовке и флотационно-электрофлотационному обогащению (в силу значительной доли тонко вкрапленных минералов), а рядовые и бедные руды, хвосты флотации служат сырьем для извлечения металлов методами кучного, кюветного, скважинного выщелачивания. Флотоконцентрат может быть также переработан на месте методом чанового выщелачивания.

Основу используемых выщелачивающих реагентов составляет активный кислород, являющийся сильным окислителем сульфидных

минералов.

Под активным кислородом многими специалистами в России и США понимается не только атомарный кислород и озон, но и комплекс реакционно-активных соединений кислорода и водорода (перекиси, гидроксил-радикала, диоксида водорода и т.д.), а также производных от них ион-радикальных комплексов. Для синтеза этих соединений в промышленных масштабах с обеспечением полной безопасности для рабочих и окружающей среды, нами разработан и апробирован для извлечения из упорных руд и хвостов обогащения меди, молибдена, золота, вольфрама, металлов платиновой группы, фотоэлектрохимический способ, запатентованный в США. Сущность этого способа принципиально заключается

в облучении активируемых растворов определенного состава и выделяемых при этом из них атомарного и двух атомарного кислорода приповерхностной зоны анодов электролитической ячейки ультрафиолетовыми лучами. При этом формируется озон, атомарный кислород, образующие активные клатраты в растворе, переходящие далее в ион-радикальные кластеры.

Полученный вторичный раствор, содержащий рассмотренный выше реакционный комплекс, при обеспечении определенных параметров взаимодействия с сульфидной минеральной матрицей, обеспечивает ее переход в сульфатную форму и, соответственно, возможность растворения содержащихся в них металлов в течение нескольких часов. Нами, в рамках гранта, выделенного ЧитГУ филиалу ИГД СО РАН, изготовлена лабораторная установка для фотоэлектрохимического выщелачивания меди и сопутствующих компонентов как для кюветного и чанового выщелачивания из измельченных, так и кучного из дробленых халькозинборнитовых руд Удоканского месторождения.

В результате было достигнуто достаточно высокое извлечение металлов по двум из испытанных 5-ти технологических схем-СБХ-2-1, СБХ-2-2 (табл. 1). Как видно, эти схемы обес-

печивают самое высокое извлечение золота при приемлемых содержаниях в жидкой фазе меди, которая доизвлекается при продолжении выщелачивания по сульфатной схеме. Серебро по этим схемам в основном выщелачивается в форме коллоидов хлоридных соединений, которые извлекаются путем осаждения. Серебро в последствие может извлекаться из осадка осаждением на гранулах цинка. Для условий Удоканского месторождения может быть использована технологическая схема кюветно-кучного активационного выщелачивания металлов из мелкодробленых (до 3.5 мм) руд с разделением их по технологическим типам и промышленным сортам при содержании меди от 0.п до, как минимум, 10%, соответствующими выщелачивающими растворами, приготовленными на основе серной кислоты. Конкретные значения границ сортов могут быть установлены после опытно-промышленных испытаний и технико-экономических расчетов. В зимнее время выщелачивание может проводиться в закрываемых пленкой кюветах (траншеях) с подогревом растворов, подаваемых в их донную часть и складированием крупной (+3.5 мм) фракции хвостов кюветного выщелачивания в штабели в нерабочих участках карьеров для последующего кучного довыщелачи-

Таблица 1

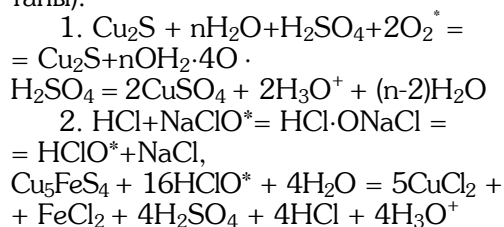
Извлечение металлов по двум из испытанных 5-ти технологических схем (результаты количественного анализа)

№ проб	Определяемые элементы			
	Аu, мг/л	Аg, мг/л	Сu, г/л	Fe, мг/л
СБХ-2	0,57	0,04	7,88	–
СБХ-2-1	1,10	0,81	5,53	4281,20
СБХ-2-2	1,53	0,82	6,95	5365,40
СБХ-2-3	1,03	0,42	3,69	–
СБХ-2-4	1,04	1,26	3,91	–
Кличка-141-143	0,76	0,06	0,0147	17132,70

вания в летнем сезоне. При этом в процессе хранения крупно фракционного материала в зимний период в минеральных агрегатах будут формироваться новые микротрещины. Расчетное конечное извлечение меди, по предлагаемой схеме составит не менее 80 %.

Поскольку, медные руды Удоканского месторождения представлены преимущественно халькозин-борнитовым и борнит-халькозиновым минеральным парагенезисом, при наличии борнит-халькопиритового и в меньшей степени халькопирит-пиритового, т.е. различными по элементному составу и «выщелачиваемости» рудными минералами, более целесообразно использовать стадийную схему выщелачивания: на первом этапе медь из сульфидных минералов и самородное серебро выщелачиваются сернокислотными растворами с нехлоридным окислителем – активным кислородом, полученным в фотоэлектролитическом реакторе, на втором - с использованием хлоридного комплекса, полученного в результате процессов электросинтеза и фотосинтеза выщелачиваются остаточная медь из борнита и других, сложно растворяемых

рудных минералов, а также золото (возможно с подразделением на подэтапы).



Существенное повышение скорости химических реакций второй (хлоридной) стадии и степени извлечения меди и золота обеспечивается при дополнительном использовании метастабильной перекиси водорода и сопутствующей ей группы пероксидов, синтезируемых в фотоэлектрохимическом реакторе.

Извлечение металлов из рабочих растворов может быть осуществлено с использованием электросорбционного способа, успешно апробированного в опытно-промышленном варианте для доизвлечения золота из хвостов сорбционного выщелачивания или электроосаждением меди непосредственно в процессе выщелачивания на катодный железосодержащий осадок (последний метод разрабатывается в ЧФ ИГД СО РАН).

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Секисов А.Г. – доктор технических наук, Читинский филиал ИГД СО РАН, sekisovag@mail.ru

Мязин В.П. – доктор технических наук, профессор, Читинский филиал ИГД СО РАН, ЧитГУ, myazinvpchita@mail.ru

Лавров А.Ю. – кандидат технических наук, профессор, Читинский филиал ИГД СО РАН, ЧитГУ, lavrov_2002@mail.ru

Шкатов В.Ю. – кандидат технических наук, e-mail: shkatovvu@mail.ru, Читинский филиал ИГД СО РАН, ЧитГУ,

