# Возможности переработки золотоносного труднообогатимого глинистого сырья

В.В. Коростовенко, В.А. Г ронь, А.Г. Степанов, Н.М. Капличенко, М.В. Чуфырина

Сибирский федеральный университет

В данной статье изучены золотосодержащие труднообогатимые коры выветривания и аллювиальные пески Приангарья. Рудные минералы в исследованных рудах присутствуют в незначительных количествах. Химический состав проб свидетельствует о силикатном характере руд, которые представляют несколько разновидностей и состоят из рыхлого обломочного материала серовато-бурого цвета. По текстурно-структурным особенностям руды многоминеральны и имеют существенные различия по составу, размерам обломков минералов и горных пород. Обломочный материал покрыт глинистой рубашкой. Одним из направлений переработки таких руд является обработка их известково-серным реагентом. Выщелачивание золота таким раствором проводилось на песках различной крупности. Извлечение золота в раствор составило 97-98 %. Предложенная технология обладает несомненным преимуществом по сравнению с циантехнологией.

Эксплуатация месторождений золота (аллювиальные пески, кора выветривания) в ЮжноЕнисейском горно-рудном регионе ведется на протяжении многих лет. К настоящему времени наиболее богатые россыпи полностью отработаны. Но известные месторождения золота зачастую содержат запасы пониженного качества, труднообогатимы, глинисты и расположены в труднодоступных местах. Однако вследствие относительно невысокой (в сравнении с рудными объектами) капиталоемкости разработки песков (коры выветривания, аллювиальных) и быстрой отдачи вложенных средств они остаются привлекательными объектами для золотодобычи.

Исследованию подвергались руды Приангарья. Районы отбора проб расположены в пределах центрального антиклинария Енисейского кряжа, слагающегося преимущественно терро- генными метаморфизированными породами верхнего протерозея. Кайнозойские золотоносные отложения представлены плиацен-четвертичным аллювием террас.

Взятые на исследование руды Южно-Енисейского района состоят из кварц-слюдистых сланцев, представленных слюдяными микрокварцитами и турмалинизированным с жилами кварцем, прожилками кварц-полевошпатного хлористого, карбонатного и смешанного составов.

В исследованных рудах рудные минералы присутствуют в незначительных количествах - от 0,50 до 4,2 %. Содержание сульфидов колеблется от 0,2 до 5,0 %. В составе сульфидов преобладают пирротин, пирит и марказит, к встречающимся в незначительных количествах относятся халькопирит и арсенопирит, в единичных вкраплениях содержатся сфалерит, висмут, галенит.

Среди оксидов наиболее распространены ильменит и рутил, в меньшей степени магнетит и гематит. Руды практически не несут следов окисления. Среди нерудных минералов преобладают кварц, биотит, мусковит. Минералами-примесями являются графит, циркон, апатит.

Химический состав ряда проб свидетельствует о силикатном характере руд (SiO2 от 66,4 до 81,9 %) при незначительном содержании углекислоты и серы, преобладании калия над натрием. Содержание примесей не превышает, %: Pb - 0,02; Zn - 0,1; Cu - 0,02; Bi - 0,093; Mn - 0,25. В единичных рудах встречаются As, Mo, W. Особенностью руд служит присутствие висмута в количествах больших, чем количество мышьяка, свинца и меди, при полном отсутствии сурьмы.

Формы включений золота разнообразны. Размеры отдельных золотин не превышают 0,05 мм. Чаще золото встречается в сростках с кварцем, в отдельных пробах - со слюдой, пиритом, висмутом, а также в глинистых составляющих пробы.

Исследованные руды представляют собой несколько разновидностей руд ЮжноЕнисейского района и состоят из рыхлого обломочного материала серовато-бурого цвета. По текстурно-структурным особенностям они многоминеральны и имеют существенное различие по своему составу, размерам обломков и горных пород: от грубообломочной 7-160 мм в поперечнике до пиелитовой с размером частиц менее 0,01 мм.

Количественные соотношения обломков и песчано-глинистой связующей массы в рудах различны и составляют 20-88,5 и 10,5-79 % соответственно. Состав обломков горных пород существенно отличается друг от друга. В некоторых пробах присутствуют обломки гранитов, амфиболитов, кристаллических сланцев, диабазов, в незначительном количестве находятся обломки мраморизированных известняков, песчаных кварцитов.

В исследуемом материале преобладают мраморизированые известняки, песчаники, глинистые сланцы, кварциты, в незначительном количестве встречаются корки лимонита. Большинство обломков руд выветрены и на поверхности имеют ячейки, выемки, углубления, заполненные глинистым веществом.

Руды представлены метаморфизированными горными породами, основную часть которых составляют обломки серицитхлоритовых сланцев, а также единичные окатанные обломки жильного кварца. Сланцы избирательно пропитаны лимонитом с наличием корок гематита, тонких кварцевых прожилок, в которых присутствуют скопления лимонита и бурой глины. Отмечаются единичные вкрапления пирита и халькопирита. В рудах присутствуют обломки желто-бурой, красноватой плотной глинистой коры выветривания, сохранившей в отдельных случаях текстурно-структурные особенности первичных сланцев.

Обломочный материал покрыт пленкой глины, пропитанной гидроксидами железа (глинистая рубашка), что придает руде серовато-охряно-бурую окраску. Основным ценным компонентом глинистых пород выступает золото, размер частиц которого составляет 1-10 мкм.

Характерной особенностью сырья является то, что количество золота, находящегося в свободном состоянии, не превышает 2-3 %. В основном оно связано с лимонитом, а также с сильно окисленными сульфидами, образуя включения между гематитом и сланцами.

Извлечение золота из подобных продуктов представляет собой достаточно сложную задачу.

Применение флотации и капиллярно-пленочной сепарации для обогащения данных руд не обеспечивает эффективной концентрации золота в каком-либо продукте. В настоящее время в качестве реагентов для переработки труднообогатимых золотосодержащих руд и концентратов используются, как правило, различные окислители и комплексообразователи.

Экологические издержки такого подхода известны, кроме того, не обеспечивается достаточная селективность процесса извлечения благородных металлов, в частности золота.

Извлечение мелкого золота из руд выщелачиванием цианистыми растворами применяют в мировой практике. Альтернативные цианидам реагенты, хорошо зарекомендовавшие себя при извлечении золота, в основном и используются в опытном масштабе. Основными преимуществами цианистых соединений перед другими растворителями благородных металлов являются высокая селективность, низкий расход реагентов, высокое извлечение золота в раствор, а также последующее выделение из цианистых растворов. При несомненных достоинствах процесс цианирования имеет и существенные недостатки. Основным недостатком выступает высокая продолжительность процесса выщелачивания. Кроме того, необходимость высоких затрат на природоохранные мероприятия делает разработку новых труднообогатимых месторождений малорентабельной. Необходимо учитывать также и тот факт, что цианистые соединения чрезвычайно токсичны и относятся к первому классу опасности.

Одним из направлений совершенствования указанной технологии является использование известково-серного реагента, получаемого путем растворения серы в водной суспензии гидроксида кальция. Реагент нетоксичен и экологически безопасен.

Авторы исследовали труднообогатимые руды приведённого выше состава с содержанием золота до 3 г/т.

Была изучена возможность извлечения золота раствором известково-серного реагента. Концентрацию серы в растворе изменяли от 12,5 до 100 г/л, а концентрацию гидроксида кальция в водной суспензии, в которой растворяли серу, от 100 до 200 г/л. Процесс выщелачивания проводили при комнатной температуре в течение 24 ч, отношение Ж:Т= 5:1.

Полученные результаты выщелачивания представлены на рис. 1, 2.

Оптимальным составом известково-серного реагента следует считать тот, в котором концентрация серы составляет от 50 до 100 г/л, а концентрация гидроксида кальция от 100 до 200 г/л в зависимости от вида перерабатываемого сырья. Время выщелачивания составило от 6 до 8 ч. При увеличении времени выщелачивания результаты не изменились.

Выщелачивание золота таким раствором проводили из глинистых руд крупностью -4, -3, -0,1, -0,074 мм, а также из некондиционных гравитационных и флотационных концентратов. Установлено, что извлечение золота в раствор практически не зависит от крупности материала и составляет 97-98 %.

Отмывка кеков водой позволяет снизить до минимума потери серы, гидроксида кальция в хвостах и улучшить в целом показатели предлагаемой технологии в экологическом аспекте.

Рис. 1. Зависимость извлечения золота от времени выщелачивания. Состав растворов: 1 - 12,5 г/л S + 100 г/л Ca(OH).; 2 - 25 г/nS + 100 г/л Ca(OH)2; 3-50 г/л S + 100 г/л Ca(OH).; 4 - 100 г/л S -в 100 г/л Ca(OH)2

Рис. 2. Зависимость извлечения золо-а от времени выщел-чивания. Состав растворов: 1 - S2,5 г/л S + 200 г/л Ca(OH)2; 2 - 25 г/л S + 200 г/л Ca(OH)2; 3 -50г/л S + 200 г/л Ca(OH)2; 4 - 100 г/л S + 200 г/л Ca(OH)2

Данные химического анализа по вещественному составу кеков свидетельствуют об избирательном характере действия реагента на исходную руду. Реагент растворяет золото, не вступая в химическое взаимодействие с другими находящимися в исходной руде элементами (серой, мышьяком, титаном и др.), которые переходят в отвальные кеки.

Результаты анализов показывают, что при содержании элементарной серы в исходной руде до 0,8 % ее содержание в отвальных кеках изменяется от 0,14 до 1,14 %, составляя в среднем 0,64 %, т.е. фактически соответствует содержанию в исходном сырье.

Из этого следует, что в процессе выщелачивания не происходит перехода серы из технологического реагента в виде сульфат-ионов в отвальные кеки. При этом кеки не являются экологически вредными и могут складироваться как некондиционные руды на специально подготовленных площадках. По итогам проведённых исследований составлен технологический регламент на извлечение золота из труднообогатимых руд Приангарья.

Вывод: предложенная технология выщелачивания золота обладает несомненным преимуществом по сравнению с циантехнологией как в технологическом, так и в экологическом аспектах, поскольку исключает из процесса переработки руды такой элемент, как складирование и хранение хвостов цианирования, необходимость разработки особых мер безопасности при работе с цианидами. В экологическом плане данная технология не представляет опасности для окружающей среды и может быть рекомендована для использования в производстве.

Список литературы

Гронь В.А. Извлечение золота из глинистых руд //Материалы Международной научнотехнической конференции «Металлургия XXI века - шаг в будущее». Красноярск: ИХХТ СО РАН, 1998. С. 25-26.

Гронь В.А. Особенности вещественного состава золотосодержащих руд Енисейского и Южно-Енисейского районов и опробование способов их переработки// Материалы Международного первого Сибирского симпозиума «Геология, геохимия, технология, экономика». Красноярск: ИХХТ СО РАН, 1999. С. 101-102.

Гронь В.А. Извлечение золота из глинистых руд // Материалы Международной конференции «Золото Сибири». Красноярск, 2000. С. 75-76.

Гронь В.А. Гидрометаллургическая переработка золотосодержащих руд Енисейского и Южно-Енисейского районов // Цветные металлы. 2000. № 8. С. 113-114.

Пат. 1788768 Российская Федерация, МПК С22ВЗ/04. Способ извлечения золота из золотосодержащих продуктов выщелачиванием/ В.А. Гронь, А.Д. Михнев, В .Я. Семенов, А.В. Нечепуренко, С.В. Мазур, В.Н.Пепешев, В.А. Лисин; № 4910868/02 заявл. 12.02.1991; опубл. 27.01.1995.

Коростовенко В.В., Гронь В.А., Капличенко Н.М. Особенности вещественного состава золотосодержащих руд Енисейского и Южно-Енисейского районов и опробование способов их переработки // Сборник материалов 3 Международного конгресса «Цветные металлы 2011». 6-10 сентября2011. Красноярск, 2011. С. 255-259.