

УДК 622.342.1

Возможности переработки золотоносного труднообогатимого глинистого сырья

**В.В. Коростовенко,
В.А. Гронь, А.Г. Степанов,
Н.М. Капличенко*, М.В. Чуфырина**
*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 07.12.2012, received in revised form 14.12.2012, accepted 21.12.2012

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 полиминеральны 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.

Ключевые слова: месторождение, глинистое, труднообогатимое сырье, выщелачивание, цианирование руды, сланцы, окружающая среда.

Эксплуатация месторождений золота (аллювиальные пески, кора выветривания) в Южно-Енисейском 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 террогенными метаморфизированными породами верхнего протерозоя. 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

* Corresponding author E-mail address: natkapl@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

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 включениях 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 (SiO_2 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 золотинок 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 Южно-Енисейского 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 мраморизированные 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 прожилков, в которых присутствуют скопления лимонита и бурой глины. Отмечаются единичные включения 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-бурю 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.

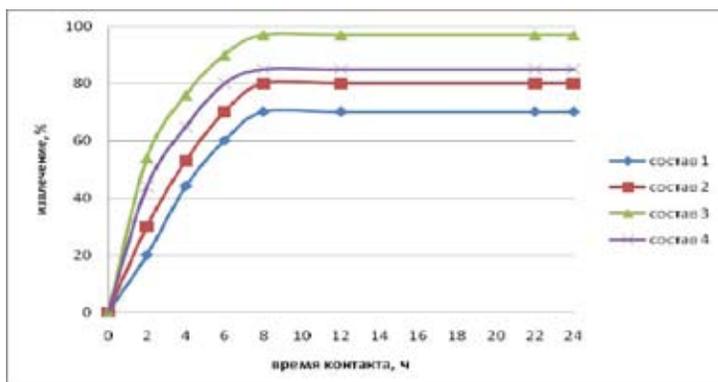


Рис. 1. Зависимость извлечения золота от времени выщелачивания. Состав растворов: 1 – 12,5 г/л S + 100 г/л Ca(OH)₂; 2 – 25 г/л S + 100 г/л Ca(OH)₂; 3 – 50 г/л S + 100 г/л Ca(OH)₂; 4 – 100 г/л S + 100 г/л Ca(OH)₂

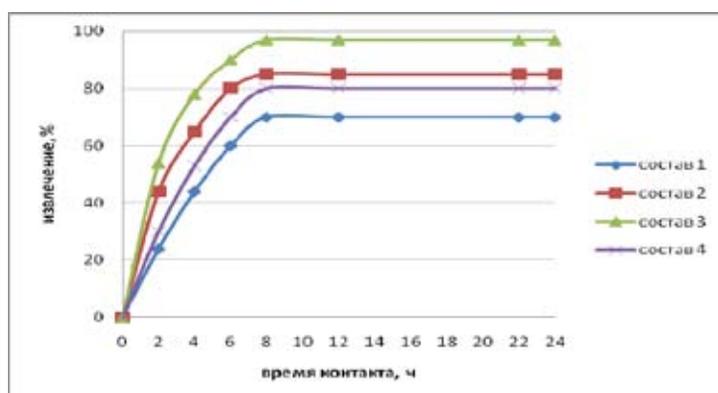


Рис. 2. Зависимость извлечения золота от времени выщелачивания. Состав растворов: 1 – 12,5 г/л S + 200 г/л Ca(OH)₂; 2 – 25 г/л S + 200 г/л Ca(OH)₂; 3 – 50 г/л S + 200 г/л Ca(OH)₂; 4 – 100 г/л S + 200 г/л Ca(OH)₂

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 аспек-

тах, 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

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

[2] *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.

[3] *Гронь В.А.* Извлечение золота из глинистых руд // Материалы Международной конференции «Золото Сибири». Красноярск, 2000. С. 75–76.

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

[5] Пат. 1788768 Российская Федерация, МПК С22В3/04. 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.

[6] *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 сентября 2011. Красноярск, 2011. С. 255–259.

Possibility of Recycling Gold-Bearing Refractory Clay Raw Materials

**Vyacheslav V. Korostovenko,
Vera A. Gron', Alexander G. Stepanov,
Natalya M. Kaplichenko and Marina V. Chufirina**
*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

In this paper studied gold-bearing refractory weathering crusts and alluvial sands Angara region. Ore minerals in the studied ores are present in small quantities. The chemical composition of samples indicates of silicate nature the ores, which represent several varieties and consist of unconsolidated detrital material grayish-brown color. For textural and structural characteristics ores are polymineralic and have significant differences in composition, size of fragments of minerals and rocks. Detrital material covered by clay face. One of directions of refining such ores is the processing them with lime-sulfur reagent. Leaching gold of such solution was carried out on the sands of various sizes. Extraction of gold in solution was 97-98 %. The proposed technology has the undoubted advantage over the cyano technology.

Keywords: deposit, clay, refractory raw materials, leaching, cyanidation of ore, shale, the environment.
