

УДК 662.7: 662.342(571.56)

**В.Р. Ларионов, Ф.М. Федоров, А.И. Матвеев,
П.Б. Нечаев, А.С. Ларионов**

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗДЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ГЛУБОКО ПОГРЕБЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА РЕКИ Б. КУРАНАХ

Приведены результаты лабораторных исследований по обогащению имитаторов золота из водного раствора.

Ключевые слова: выщелачивание, йод и бром, минерал, раствор цианида.

Учитывая истощение сырьевой базы золотодобывающей промышленности, все более широкое включение в эксплуатацию забалансовых месторождений и отходов горно-обогатительных предприятий, применение традиционных технологий извлечения золота, в том числе и цианирования, зачастую становится экономически невыгодно, а то и невозможно. Для такого типа руд и продуктов наиболее перспективными являются способы кучного и подземного выщелачивания, а это, в свою очередь, предъявляет более жесткие требования к токсичности используемых растворителей.

В последние годы вновь возник интерес к использованию соединений йода и брома в процессах выщелачивания золота. Это обусловлено высокой скоростью растворения золота в растворителях на основе йода и брома, низкой токсичностью используемых для приготовления растворителей химических соединений, а также широким диапазоном кислотности, при котором возможно растворение золота, что позволяет использовать растворитель для выщелачивания различного по типам рудного сырья [1].

Целью работы является оценка максимальной возможности извлечения мелких, тонких частиц золота с привлечением известных физико-химических способов обогащения.

Золото россыпи реки Б. Куранах, по геологическим данным, содержится в трёх видах: свободное гравитационное золото (до 45 % от общего); свободное золото, не извлекаемое современными методами (до 27 % от общего); золото кристаллически связанное рудными минералами (до 33 % от общего). В настоящее время промышленную ценность определяет только свободно извлекаемое золото гравитационными методами, доля которых колеблется от 51 % в верхних россыпях и до 44,8 % в средней части (средняя доля которых всего месторождения — 47,8 %). Связанное и тонкое золото являются объектом исследований и разработки специальными методами их извлечения.

Специфика и принципиальное отличие технологий предполагает использование отдельных способов разработки при последовательном извлечении золота: гравитационное обогащение (дражная отработка) — извлечение в магнитно-флокуляционных аппаратах — кучное выщелачивание.

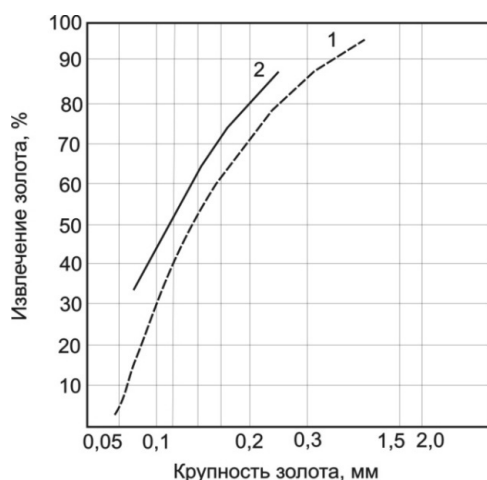


Рис. 1. Кривые зависимости извлечения золота от крупности (1) по литературным данным, (2) с шлюзом с дополнительной магнитной системой

В настоящее время глубоко погребенные россыпи золота реки Б. Куранах разрабатываются дражной технологией (драги 250 и 380 м). Данная технология позволяет извлекать гравитационное золото в пределах 78-79%.

Учитывая литературные данные авторов, гравитационными технологиями эффективно извлекается (не более 80%) частиц золота выше 0,34 мм, а извлечение частиц металлов в интервале 0,1—0,2 мм, составляет лишь 30—70% [2]. Для повышения эффективности извлечения россыпей в потоке с учетом изобретения к патенту Н.А.Иларова [3] нами разработан новый способ с дополнительной передвижной магнитной системой размещенной на крышке с внутренней стороны шлюза. При этом эффективность повышается соответственно от 35 до 80 % [4] рис. 1.

Достижение полноты извлечения золота, из данного месторождения, не возможно без применения гидрометаллургических технологий.

Традиционный метод кучного выщелачивания предусматривает укладку руды на специальную, водонепрони-

цаемую площадку и орошение растворами цианидов, которые просачиваясь через толщу породы, растворяют золото. Метод цианирования основан на реакции золота с цианидами в присутствии кислорода воздуха: измельченная золотосодержащая порода обрабатывается разбавленным (0.3-0.03 %) раствором цианида натрия, золото из образующегося раствора цианоаурата натрия $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ осаждается либо цинковой пылью, либо на специальных ионообменных смолах [5].

В условиях отрицательных температур Севера, и в наличии многолетней мерзлоте разрабатываются новые методы кучного выщелачивания учитывающие эти особенности. Применительно к рассматриваемому месторождению, так же необходимо вести учет наличия высокого содержания глинистых фракций. формируется котлован-траншея с уклоном соответствующий объему выщелачиваемых пород и выщелачивание продуктивных пород проводится на антифильтрационное перекрытие. Способы кучного выщелачивания из труднопроницаемых, высокоглинистых пород, формирование антифильтрационных оснований, укладка выщелачиваемых пород, условия и режим подачи выщелачиваемых растворов описаны в патентах [6, 7, 8]. На основе анализа и с учетом особенностей перечисленных патентов нами разработан новый способ кучного выщелачивания металлов из труднопроницаемых, высокоглинистых пород, отличающихся тем, что выщелачивание ведется в штабеле, выщелачиваемых пород, тщательно перемешанных с фирном, после наступления теплого времени года рис. 2 [9].

Преимуществами данного способа является:

- возможность выщелачивания круглый год;

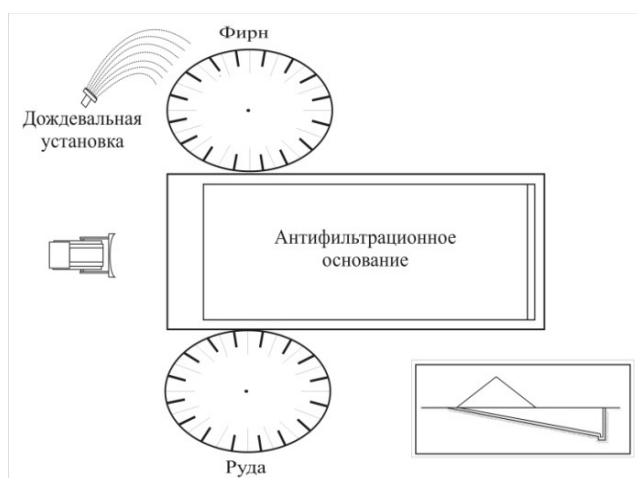


Рис. 2. Схема формирования штабеля из фирна

- экологическая чистота процесса выщелачивания;
- резкое увеличение коэффициента фильтрации и как следствие ускорение процесса выщелачивания.

Переработка золотосодержащих растворов обычно проводится в золотоизвлекательных установках, где установлена технология доукрепления отработанных растворов цианистым натрием и возврат их в орошение кучи. Такая система оборота выщелачивающих растворов вполне приемлема для минерального сырья с относительно бедным и окисленным химическим составом. Для извлечения золота из сульфидных руд в особенности при высоком содержании арсенидов, цианиды вступают в сложные химические реакции, которые в конце приводят к чрезмерной минерализации выщелачивающих растворов и снижению эффективности выщелачивания. По этому, для сульфидных руд на практике используются сложные, многоступенчатые технологии. Минерализация растворов приводит к снижению качества конечных продуктов электролитического осаждения, что так же создает про-

блему для технологий высокой очистки, которые производятся на аффинажных заводах.

Сама технология цианирования оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, а необходимое для нее оборудование и реагенты зачастую весьма дорогостоящие.

На конечной стадии гидрометаллургического процесса извлечения золота после операций основного цианирования и сорбционного выщелачивания,

доводка и получение золота осуществляются сернокислотной обработкой десорбцией золота из донасыщенной ионообменной смолы АМ-2Б, раствором тиомочевины, дорогостоящим и экологически вредным электролитическим осаждением. В качестве альтернативного варианта нами предлагается способ извлечения золота из растворов сорбцией его на кристаллах метастабильных молекулярных соединений воды (кристаллогидратах) с газами или с низкокипящими органическими веществами [10, 11].

Предлагаемая нами методика направлена на упрощение и удешевление процесса извлечения драгоценного металла, а также снижения его отрицательного воздействия на окружающую среду.

Извлечение золота из раствора проводится с помощью сорбента, представляющего собой кристаллогидрат второй структуры (КС-2). Газы с крупными молекулами или низкокипящие органические вещества образуют с водой кристаллическую структуру КС-2 с идеальной формулой $8M1-16M2-136 H_2O$, где M1 и M2

соответственно большие и малые полости. Крупные молекулы указанных гидратообразователей размером 0.59—0.66 нм при образовании гидратов, заполняют только восемь больших полостей, а 16 малых полостей с параметрами пентадодекаэдра менее и со свободным диаметром их «окон» 0.20-0.28 нм остаются вакантными (рис. 3).

В соответствии с исследованиями Ю.А. Дядина и А.Л. Гушина малые полости должны заполняться молекулами «вспомогательного гостя». Атомы золота с эффективным диаметром 0.144 нм и молекулами воды длиной связи О-Н 0.0957 нм и с валентным углом равнобедренного треугольника Н-О-Н 104.5 способны пройти через «окна» в малую полость и в растворе образуют первичную гидратацию атомов золота с координационным числом 4. Параметры данной первичной гидратации составляют приблизительно 0.35 нм, т.е. больше параметров свободного, хотя и метастабильного диаметра «окон» полости, что позволяет атомам золота первоначально концентрироваться внутри малой полости структуры пентадодекаэдра. При накоплении внутри этой полости 14-ти атомов золота они образуют стабильную кубическую гранецентрированную структуру с параметрами 0.407 нм. Параметры данной структуры позволяют ей являться искомым «вспомогательным гостем», способным заполнять малые полости гидрата.

Свойства кристаллической решетки золота позволяют предположить, что для ее устойчивого существования необходимо лишь образование элементарной ячейки данной структуры (рис. 4), т.е. накопление всего 4 атомов золота, что резко повышает ожидаемую вероятность успешной сорбции [12].

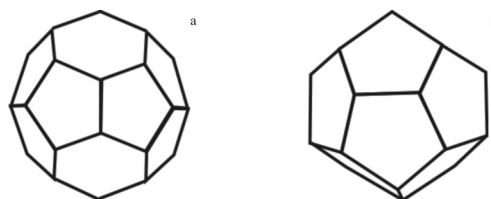


Рис. 3. Идеальная структура 16-ти вакантных малых полостей КС-2 (а), и 8 вакантных больших полостей КС-2(б)

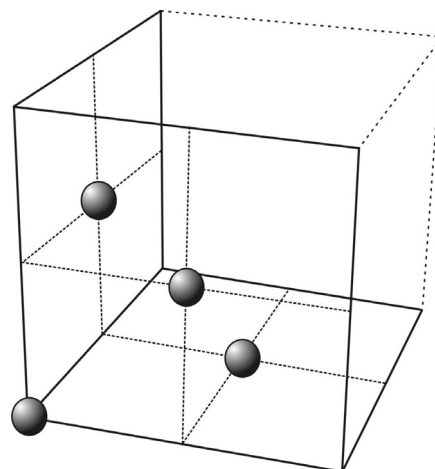


Рис. 4. Элементарная ячейка кубической гранецентрированной структуры из 4 атомов металла

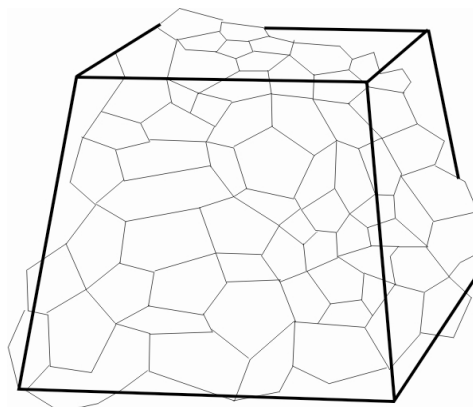


Рис. 5. Гранецентрированная кубическая решетка, типа алмаза из 136 молекул воды

Таким образом, гранецентрированные решетки типа алмаз (5.14919 нм), состоящие из 136 г-молей (2448 г)

воды (рис. 5), при полном заполнении полостей способна (теоретическая возможная сорбционная емкость 16 малых полостей) могут отсорбировать более 224 г-атома золота.

Если из этого теоретически возможного количества будет сорбировано лишь ~1 % (по массе), то это означает, что 2.5 литра гидратной воды способны улавливать 200—300 г золота. При этом селективность сорбции золота обеспечивается тем, что из-за больших размеров структурные единицы железа и его соединений, а также большинства других металлов не могут быть отсорбированы в малых полостях гидрата.

Исключением являются металлы по своим физико-химическим параметрам схожие с золотом. Например, медь обладает такой же, как и у золота, плотнейшей гранцентрированной упаковкой атомов в кристалле, теми же параметрами элементарной ячейки. Предварительные лабораторные эксперименты показали, что линейные размеры его атомов и структур первичной гидратации позволяют сорбироваться в кристаллогидратах и для подтверждения наших исследований использовались атомы меди в качестве имитаторов золота. В процессе обогащения сорбция действительно происходит, и эффективность сорбции возрастает при повторных цик-

лах. Наибольший интерес вызывает практическая возможность селективной сорбции золота на кристаллогидрат и его емкостные характеристики. При подтверждении теоретических представлений новый способ сорбции может оказаться высокоэффективным методом извлечения золота из растворов приводящий к резкому сокращению объемов переработки и упрощению получения высококонцентрированных золотосодержащих продуктов (обычная оттайка кристаллогидратов).

Выводы

Показана необходимость последовательного отдельного обогащения золотосодержащих песков Б. Куранахского месторождения по схеме: гравитационное обогащение (дражная отработка) — извлечение в магнитно-флокуляционных аппаратах — кучное выщелачивание.

Для полноты извлечения свободного, но труднообогащаемого тонкого и мелкого золота предлагается использование магнитно-флокуляционного обогащения с использованием шлюза дополнительной передвижной магнитной системой.

Для окончательного извлечения химически связанного золота из песков требуется применение метода кучного выщелачивания, где предлагается новый способ сорбции золота на кристаллогидратах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пинигин С.А. Иодиды как малотоксичные заменители цианида в процессах выщелачивания золотосодержащего сырья/(Глаксинские чтения) Часть III. — Чита: 2002. — С. 101—109 (16—19 сентября 2002 г.)

2. Шокин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения/ Учебник для ВУЗов. — М.: Недра, 1980 г. — С. 284, 360.

3. Патент. Заявка: 96123617/13. Устройство Иларова для извлечения концентрата тяжелых металлов/ Иларов Н.А. бюл. 1998.11.10.

4. Патент 115243 РФ. Шлюз для обогащения россыпей в потоке/ В.Р. Ларионов, С.М. Федосеев, Е.С. Слепцова, Л.Н. Горхова, П.Б. Нечаев; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 27.04.2012, бюл. №12.

5. Новоселов В.А., Болотова Л.С. Практика проектирования и эксплуатации золотоизвлекательных фабрик и установок кучного выщелачивания. // Горный Журнал, 2002. — № 2. — С. 53—56.

6. Патент 2183743 РФ. Способ кучного выщелачивания металлов в условиях многолетней мерзлоты/ П.Н. Васильев, В.С. Якупов, В.П. Зубков; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 20.06.2002, бюлл. №17

7. Патент 2186207 РФ. Способ кучного выщелачивания металлов/ В.С. Якупов, С.В. Якупов, М.В. Якупов, П.Н. Васильев; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 27.07.2002, бюлл. №21.

8. Патент 2186964 РФ. Способ кучного выщелачивания металлов из труднопроницаемых высокоглинистых пород/ В.С. Якупов, С.В. Якупов, М.В. Якупов, П.Н. Василь-

ев; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 10.08.2002, бюлл. № 22.

9. Патент 2398961 РФ. Способ кучного выщелачивания металлов из труднопроницаемых высокоглинистых пород/ В.Р. Ларионов, В.П. Назаров, А.И. Матвеев, Л.Н. Горохова; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 10.09.2009, бюлл. №25.

10. Патент 2447948 РФ. Устройство для обогащения тонкодисперсных шлихов, содержащих магнитные минералы/ В.Р. Ларионов, С.М. Федосеев, Л.Н. Горохова, П.Б. Нечаев; Институт горного дела Севера СО РАН. Опубликовано 20.04.2012, бюлл. №11.

11. Дядин Ю.А. Супрамолекулярная химия: Клатратные соединения // Соросовский Образовательный Журнал, 1998. — № 2.

12. Карапетянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. — М.: Химия. 1981. **ИДБ**

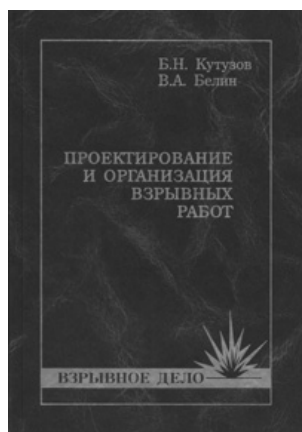
КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ларионов В.Р. — кандидат технических наук,
Федоров Ф.М., Матвеев А.И. — доктор технических наук,
Нечаев П.Б., Ларионов А.С.

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского Отделения РАН, igds@ysn.ru



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Проектирование и организация взрывных работ

Кутузов Б.Н., Белин В.А.

Год 2012

Страниц: 416

ISBN: 978-5-98672-283-2

UDK: 622.233:622.235

Книга для практиков о проектировании взрывных работ в горно-добывающей промышленности, гидротехническом, промышленном и гражданском строительстве. В ней приведены данные по расчету опасной зоны, параметров расположения зарядов, а также по подготовке проектной документации с учетом последних изменений.

«Горная книга» благодарит компанию Atlas Copco за участие в книжном проекте.