

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ СУЛЬФИДНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТА-АКТИВАТОРА ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ЦИАНИРОВАНИИ»,

представленной на соискание степени доктора философии (PhD)

по специальности 6D070900 – «Металлургия»

СУРИМБАЕВА БАУЫРЖАНА НУРЖАНОВИЧА

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы

Золотой резерв Казахстана на конец марта 2017 г. составляет 267,7 т. По запасам золота Республика Казахстан занимает 15-е место в мире, 3-е среди стран СНГ, после России и Узбекистана.

Сырьевая база золотодобывающей промышленности республики представлена в основном мелкими (с запасами до 25 т) и средними (от 25 до 100 т) месторождениями, на которых добывается около 70 % производимого в стране золота. По уровню запасов лидирующее положение занимают Восточный (около 52 %), Северный и Центральный Казахстан (30 %). По данным журнала «Kazakhstan Business Magazine», в стране насчитывается 293 месторождений золота, из которых 38 % комплексных, 60 % золоторудных и 2 % россыпных.

Практически все известные технологии переработки золотосодержащего сырья предусматривают использование гравитационных методов обогащения с целью выделения свободного крупного, среднего и мелкого золота. Однако гидromеталлургическая переработка золотосодержащих концентратов традиционными методами цианирования является затруднительной, в связи с отсутствием оборудования небольшой производительности и значительными потерями металла с кеком. В последние годы для переработки гравитационных концентратов все большее применение находит метод интенсивного цианирования. Для этой цели созданы специальные аппараты, позволяющие выщелачивать цианистыми растворами крупные зерна металлического золота. Реактор интенсивного цианирования Акация (Acacia) был разработан компанией AngloGold Australia для завода Юнион-Риф (ЮАР) в 1999 г. В середине 2003 г. эти реакторы применяли на 22 заводах ведущих зарубежных золотодобывающих компаний в Австралии, Зимбабве, Канаде, ЮАР, Папуа-Новой Гвинее, Монголии и России. В 1997 г. в Австралии (Gekko Systems) был разработан аппарат интенсивного цианирования InLine Leach Reactor (ILR), первоначально внедренный на ряде африканских заводов компании Ashanti Goldfields, а в настоящее время используемый более чем на 20 зарубежных заводах.

Многие отечественные золотодобывающие компании, все еще использующие традиционную технологию обогащения золота, начинают проявлять интерес к процессу интенсивного цианирования. Так, реактор

интенсивного цианирования Акация для обогащения золотосодержащих концентратов установлен и работает на месторождениях Пустынное и Акбакай. На сегодняшний день включение в технологическую схему процесса интенсивного цианирования является одним из основных решений для переработки золотосодержащих гравитационных концентратов.

Технологические схемы переработки золотосодержащего сырья отличаются большим разнообразием. Выбор той или иной технологии зависит от многих факторов, из которых главными являются химический состав золотосодержащего материала, характер золота в нем и свойства минералов, с которыми ассоциировано золото, присутствие других ценных составляющих, а также наличие в сырье компонентов, осложняющих технологию его переработки.

Довольно часто частицы золота покрыты пленками из оксидов железа или марганца, аргентита, ковеллина, галенита и некоторых других минералов. Пленки на мелких зернах золота могут образоваться также в результате наклепа минеральных частиц в процессе измельчения руды. Сплошные и плотные пленки препятствуют растворению золота при цианировании. Если покрытия пористы или занимают только часть поверхности, то цианирование золотосодержащего материала возможно, но оно протекает с меньшей скоростью. При гравитационном обогащении крупное, покрытое пленками золото, попадает в концентрат, однако дальнейшее извлечение его из концентрата требует применения специальных методов. Наличие пленок на крупинке золота необходимо учитывать при выборе технологической схемы переработки руды.

В настоящее время широко известно использование для интенсификации процесса цианирования путем растворения пленок соединений, пассивирующих поверхность благородного металла, различных химических добавок, называемых активаторами. Преимуществом использования реагентов-активаторов является их высокая технологичность, простота применения, не требующая установки дополнительного оборудования, и, кроме того, не требуется замена оборудования устоявшегося технологического процесса.

Осуществление процесса интенсивного цианирования гравитационных концентратов в присутствии реагентов-активаторов позволит значительно повысить эффективность переработки золотосодержащего сырья.

Основание и исходные данные для разработки темы

Основанием для разработки темы диссертационной работы является создание технологии извлечения золота из сульфидных руд с использованием эффективного реагента-активатора при осуществлении процесса интенсивного цианирования гравитационных концентратов.

В качестве исходных данных для разработки темы исследований выбраны: сульфидные золотосодержащие руды месторождения Райгородок (компания «RG Gold»), объем запасов которых по стандартам JORC относит данное месторождение к крупнейшим в Казахстане.

Актуальность темы

Гравитационное обогащение широко используют при переработке золотосодержащих руд. Схемы переработки гравитационных концентратов позволяют получить более богатый золотосодержащий продукт, отправляемый на плавку. При этом извлечение золота в «золотую головку» не превышает 70 % (чаще всего на уровне 50 %).

Одним из эффективных способов переработки золотосодержащих гравитационных концентратов является процесс интенсивного цианирования, позволяющий достигнуть высокого извлечения золота за приемлемое технологическое время. Известно, что помимо использования высоких концентраций цианида натрия, в процессе интенсивного цианирования также применяют химические добавки, разрушающие пассивирующие пленки на поверхности крупинки золота. Однако известные реагенты-активаторы, используемые в технологии золота для интенсификации процесса цианирования, помимо разрушения блокирующей поверхность золота пленки приводят к разложению свободных циан-ионов и цианистых комплексов золота, что способствует значительным затратам дорогостоящего реагента растворителя – цианида натрия. Кроме того, известные реагенты-активаторы отличаются экологической опасностью, что приводит к увеличению экологической нагрузки на окружающую среду.

В свете изложенного, поиск эффективного реагента-активатора, приводящего к интенсификации процесса выщелачивания золота из золотосодержащего сырья, значительно снижающего продолжительность операции выщелачивания и повышающего степень извлечения ценного металла в продуктивные растворы является актуальной и важной технологической задачей производства золота.

Новизна темы заключается в разработке технологии извлечения золота из сульфидных руд интенсивным цианированием выделяемого гравитационного концентрата с использованием в качестве реагента-активатора растворов уксусной кислоты.

Установлено и экспериментально доказано, что уксусную кислоту можно использовать в качестве активатора интенсивного цианидного выщелачивания гравитационных концентратов в щелочной окислительной среде, что обусловлено растворением сульфидных минералов и продуктов их разложения, пассивирующих поверхность золота, с образованием растворов ацетатов металлов.

В работе получены следующие новые научные результаты:

– термодинамически обоснована вероятность взаимодействия уксусной кислоты с пассивирующими соединениями на поверхности золота при рН растворов выше 10;

– установлены кинетические закономерности цианидного выщелачивания золота в присутствии уксусной кислоты. Показано, что выщелачивание протекает в диффузионном режиме и имеет многостадийный характер;

– на основании результатов исследований предложена новая технология интенсивного цианирования гравитационных концентратов в присутствии уксусной кислоты.

Цель исследований – обоснование и разработка технологии извлечения золота из сульфидных руд месторождения Райгородок с использованием в качестве реагента-активатора растворов уксусной кислоты при интенсивном цианировании гравитационного концентрата, ее лабораторная и укрупненно-лабораторная проверка.

Объект исследований – сульфидные руды месторождения Райгородок и полученные из них гравитационные концентраты, перерабатываемые далее способом интенсивного цианидного выщелачивания в присутствии реагента-активатора.

Предмет исследований – термодинамическое обоснование, кинетика и механизм действия уксусной кислоты в качестве реагента-активатора при интенсивном цианировании гравитационных концентратов, а также изучение условий проведения процесса интенсивного цианирования гравитационного концентрата в присутствии реагента-активатора, а также комплексные исследования состава равновесных фаз.

Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом:

– провести анализ литературных сведений по возможному использованию химических реагентов, интенсифицирующих процесс цианирования золота;

– провести технологическую оценку исходной золотосодержащей руды и гравитационного концентрата месторождения Райгородок Республики Казахстан;

– термодинамически обосновать выбор реагента-активатора с целью растворения соединений, пассивирующих поверхность золота; выявить основные закономерности, механизм и кинетику влияния реагента-активатора на процесс интенсивного цианирования гравитационного концентрата; построить математическую модель процесса;

– изучить условия проведения интенсивного цианирования; разработать технологию переработки сульфидной золотосодержащей руды с использованием реагента-активатора и провести лабораторные испытания в аппаратах интенсивного цианирования различных типов, имитирующих промышленные установки; провести экономическую оценку предлагаемой технологии.

Каждая решаемая задача логически связана с остальными и направлена на достижение поставленной цели исследований.

Методологическая база исследований

К числу основных методов исследований и анализов, применяемых при выполнении диссертационной работы, относятся:

– расчет термодинамических характеристик возможных реакций взаимодействия уксусной кислоты с пассивирующими соединениями, входящих в состав пленок на поверхности золота, выполняли с помощью

программы термодинамических расчетов HSC Chemistry 8.0 компании Outokumpu Technology Engineering Research;

- анализ металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии проводили на приборе модели SavantAA;

- рентгенодифрактометрический анализ исходных проб и промежуточных продуктов разрабатываемой технологии проводили на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3;

- рентгенофлуоресцентный анализ гравитационного концентрата проводили на портативном анализаторе марки Alpha InnovXSystems;

- кристаллооптический метод анализа исходных проб и концентратов проводили на поляризационном микроскопе марки LEICA DM 2500 P;

- ИК-спектроскопический метод исследования хвостов после интенсивного выщелачивания осуществляли на приборе ИК-Фурье спектрометр Thermo Scientific Nicolet iS5;

- мониторинг воздушной среды осуществляли в автоматическом режиме с помощью сигнализатора синильной кислоты ССК-4.

Исследования проводили с использованием приборов и средств измерений, прошедших государственную метрологическую поверку.

Положения, выносимые на защиту

На защиту диссертационной работы выносятся следующие положения:

- результаты анализа литературных данных, обоснование выбора применения в качестве реагента-активатора уксусной кислоты;

- результаты термодинамического анализа вероятности применения уксусной кислоты в качестве активатора цианидного выщелачивания золотосодержащего сырья;

- результаты кинетических исследований и моделирования процесса цианидного выщелачивания золота в присутствии уксусной кислоты;

- результаты исследований по интенсивному выщелачиванию золота из гравитационных концентратов;

- результаты укрупненных испытаний разработанной технологии интенсивного цианирования золотосодержащего гравитационного концентрата в присутствии уксусной кислоты.

Практическая значимость диссертации:

- разработаны условия интенсивного цианидного выщелачивания золота в присутствии реагента-активатора (уксусной кислоты) из золотосодержащего гравитационного концентрата;

- показана гравитационная обогатимость золотосодержащих руд месторождения Райгородок;

- предложены условия проведения цианидного выщелачивания золотосодержащего гравитационного концентрата в аппаратах барабанного и конусного типов;

- разработана и испытана в укрупненно-лабораторном масштабе технологическая схема интенсивного цианирования золотосодержащего гравитационного концентрата, которая рекомендована для проведения

полупромышленных испытаний с целью возможного ее использования на золотоизвлекательных предприятиях Республики Казахстан.

Публикации и апробация работы

По результатам диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, в том числе:

– 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus (Известия НАН РК, серия геологии и технических наук с импакт-фактором 0,06);

– 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Основные положения и результаты работы докладывались на международных конференциях:

– The International Scientific-Practical Conference «Prospects for the development of modern science» (Jerusalem, Israel, 2016 г);

– 49th International October Conference on Mining and Metallurgy (Bor, Serbia, 2017 г);

– Международная научно-практическая конференция «Интенсификация гидрометаллургических процессов переработки природного и техногенного сырья. Технологии и оборудование» (Санкт-Петербург, РФ, 2018 г);

– Международная научная конференция «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья» (Плаксинские чтения) (Красноярск, РФ, 2017 г);

– Международная научно-практическая конференция «Инновации в комплексной переработке минерального сырья» (Абишевские чтения) (Алматы, 2016 г);

– Международная научная-практическая конференция «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» (Алматы, 2018 г);

– Международная научная конференция «Инновации в комплексной переработке минерального сырья», секции «Стратегия развития производства металлов в Республике Казахстан и оценка минерального сырья на обогатимость» (Алматы, 2018 г).

По результатам исследований подана заявка на изобретение РК на тему «Способ переработки золотосодержащих гравитационных концентратов» № 2018/0134.1 от 28.02.2018 г, подтвержденная положительным результатом формальной экспертизы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и приложений. Работа содержит 51 таблицу и 40 рисунков. Список использованных источников включает 135 наименований.