

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ОКПО 02068249, ОГРН 1023801756120
ИНН/КПП 3812014066/381201001

на № _____ от _____

2017 г



на диссертацию Бобозода Шавката на тему «Интенсификация технологии извлечения золота цианированием смешанных золотосодержащих руд месторождений Таджикистана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В первой главе представлен аналитический обзор современных способов интенсификации процесса цианирования золотосодержащих руд, таких как предварительная механохимическая активация, ультразвуковое воздействие, цианирование в цикле измельчения, цианирование в присутствии реагентов-ускорителей и насыщением пульпы кислородом. Оценено их состояние, сформулированы основные задачи для решения проблемы и высказана научная идея о возможности вовлечения в переработку смешанных руд месторождения Бургунда путем последовательного измельчения дробленной руды в щелочной и щелочно-циансодержащей оборотной воде, предварительно насыщенной кислородом.

000615

Во **второй главе** приведена характеристика смешанной руды месторождения Бургунда. На основе полученных данных по вещественному составу руды и результатов исследования на обогатимость установлено, что данная руда относится к категории упорных руд по отношению к процессу цианирования. Определено, что упорность обусловлена низкой концентрацией кислорода в пульпе и скоростью перемешивания.

В **третьей главе** проведены сравнительные исследования по автоклавному и гидроакустическому насыщению оборотной воды кислородом. Установлено, что гидроакустическое насыщение является наиболее эффективным, так как при нем растворенный кислород не выделяется бурно из раствора в атмосферу и расходуется на окисление минералов и на растворение золота.

Представлено описание и принцип работы гидроакустического излучателя широкого спектра частот «веерного» типа. Изучено влияние давления подачи раствора в гидроакустический излучатель на изменение концентрации растворенного кислорода. Экспериментально установлено влияние концентрации солевых ионов на поведение образующихся пузырьков в процессе гидроакустического насыщения. Для выбранного излучателя определен оптимальный уровень давления подачи оборотной воды, при котором идет диссоциация цианистых комплексов тяжелых цветных металлов, содержащихся в оборотной воде. Кроме того, обнаружено образование сильнейших окислителей радикальных основ, способствующих растворению золота.

Установлено, что технология гидроакустического насыщения кислородом растворов позволяет довести концентрацию растворенного кислорода в оборотной воде до 15,8 мг/л. Использование насыщенного кислородом оборотной воды в цикле измельчения увеличило степень извлечения золота с 27,3 до 63,4 % только на стадии рудоподготовки.

В **четвертой главе** на основе экспериментальных данных проведены кинетические расчеты, которые показали, что за счет совмещения процессов цианирования и измельчения путем подачи предварительно насыщенной кислородом оборотной воды при гидроакустической обработке, растворение золота переходит из диффузионной в кинетическую область.

В **пятой главе** приведены результаты полупромышленных испытаний на действующем производстве по технологии прямого цианирования (базовая технология) и предложенной технологии с применением гидроакустических излучателей, которые подтвердили результаты лабораторных исследований цианирования в цикле измельчения. Далее по предложенной технологии слив гидроциклона с извлечением золота на уровне 62,2 % был подвергнут сорбционному выщелачиванию. Установлено,

что при этом извлечение достигает 83,2 % за 12 часов, что на 15,4 % выше, чем при технологии прямого цианирования. Показано, что экономический эффект за вычетом себестоимости от переработки 1 т смешанной руды месторождения Бургунда составит 9 долларов.

В заключении приведены общие результаты и выводы, полученные в работе.

Актуальность темы выполненной работы.

Последние 10-15 лет проблемам упорных руд к процессу цианированию уделяется много внимания. Это в первую очередь связано с истощением в мире запасов легкообогатимых руд. В настоящее время в переработку все чаще вовлекаются два типа упорной руды к процессу цианирования. Первый тип – упорные комплексные руды с высоким содержанием целевых компонентов, для переработки которых применение современных методов кондиционирования (обжиг, автоклавное и бактериальное окисление, сверхтонкое измельчение) экономически оправдано. Второй тип – руды, переработка которых прямым цианированием, несмотря на высокую себестоимость получаемой продукции вследствие длительности процесса и низкой степени извлечения золота, экономически целесообразно; к таковым относятся смешанные руды месторождения Бургунда. В связи с этим диссертационная работа Бобозода Ш., посвященная интенсификации процесса извлечения золота цианированием из смешанных руд месторождения Бургунда, является актуальной.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Экспериментально выявлены особенности образования пузырьков в поле гидроакустического воздействия в процессе наклороживания растворов, обусловленные тем, что пузырьки в зависимости от содержания ионов Na^+ и Mg^{2+} в растворе, становятся стабильными, долгоживущими и способными препятствовать выделению уже растворенного кислорода из раствора в атмосферу за счет создаваемого ими избыточного давления в объеме раствора.

Обнаружено увеличение концентрации циан-иона в насыщенной кислородом оборотной воде. В процессе наклороживания в поле акустических воздействий комплексы металлов диссоциируют в соответствии с их константой нестойкости до циан-иона, который при последующей подаче насыщенной кислородом оборотной воды в цикл измельчения способствует растворению золота.

Разработан новый способ переработки смешанных золотосодержащих руд, включающий последовательное измельчение в щелочной и щелочно-циансодержащей оборотной воде, предварительно насыщенной кислородом при гидроакустической обработке с последующим сорбционным выщелачиванием активным углем. В ходе

лабораторных исследований установлено, что извлечение золота только на стадии рудоподготовки составляет 63,4 %.

Значимость для науки и производства полученных результатов.

Разработанная и предложенная технология прошла полупромышленные испытания на ООО СП «Апрелевка» (Таджикистан), в результате которых извлечение золота составило 63,2 % на стадии рудоподготовки и 83,2 % – при последующем сорбционном выщелачивании, соответственно. Прирост извлечения по сравнению с процессом прямого цианирования составило 15,4 %, что говорит о практической значимости полученных результатов для производства.

Расчет ожидаемого экономического эффекта от использования предложенной технологии на ООО СП «Апрелевка» по данным предприятия составил 9 долларов на 1 т руды.

Установленные технологические режимы процесса наислороживания и разработанные аппаратурно-технологические решения по применению гидроакустического излучателя могут быть использованы для формулировки новых научно-технологических задач с целью интенсификации процессов на различных стадиях технологической линии золотоизвлекательных фабрик, что представляет интерес для ряда научно-исследовательских организаций и золотоперерабатывающих предприятий, таких как ОАО «Иргиредмет», ООО «НИиПИ «ТОМС», ЦНИГРИ, АО «ЮГК», ПАО «Полюс» и др.

Полученные научно-технологические результаты имеют значение для развития науки и существующих лекционных курсов, лабораторных и практических занятий при подготовке обучающихся по направлению «Металлургия» и могут быть использованы при обучении аспирантов.

Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения, выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации, подтверждена значительным объемом экспериментов, использованием современных методов и методик физико-химических исследований, а также сходимостью экспериментальных данных с результатами полупромышленных испытаний, которые являются убедительными и не вызывают сомнений.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для развития золотодобывающей и золотоперерабатывающей промышленности.

Работа представлена в виде рукописи, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты. Имеет

внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенное автором технологическое решение по интенсификации процесса цианирования строго аргументировано и критически оценено по сравнению с другими известными решениями.

Текст изложения материала в диссертации – технически грамотный, научный. В работе имеются соответствующие ссылки на источники, откуда автором заимствованы материалы и отдельные результаты для обоснования и выбора направления исследований.

Результаты работы опробованы в промышленном масштабе и подтверждены соответствующим актом; достаточно широко апробированы на конференциях различного уровня. Основное содержание работы опубликовано в периодических изданиях, в том числе 8 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Автор имеет 2 патента РФ.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации и автореферата.

При ознакомлении с авторефератом и диссертацией возникли некоторые вопросы и замечания:

1. Использование единиц измерения не по системе СИ (атм.); на с. 12 – ошибки (опечатки) в терминах (измельчаемость), отсутствие необходимых запятых и точек (сс. 13, с. 14 (табл. 4) автореферата).
2. В табл. 2.5 диссертации и табл. 1 автореферата представлены результаты рационального анализа золота в руде. Не указано, при каком увеличении и крупности руды проводился данный анализ.
3. На сс. 70-72 диссертации указано, что экспериментально установлено, что в процессе наклороживания образуются дополнительные окислители, такие как ОН-радикалы и перекись водорода, что следовало бы внести в пункт научной новизны.
4. В мельницу второй стадии подаются насыщенные кислородом щелочные оборотные воды с высокой концентрацией цианида – 0,06 %. Какова остаточная концентрация циан-иона на выходе из мельницы?
5. В ходе исследования степень разряжения пульпы принята как отношение жидкого к твердому, а в ходе полупромышленных испытаний и в технологической схеме данный параметр указан как плотность пульпы. Следует пояснить данное разночтение.

6. Одним из главных достоинств предложенной технологии является тот факт, что её внедрение не требует изменения технологических параметров и дополнительного оборудования по технологической линии. Кроме того, предложенную установку можно внедрить при интенсификации процесса кучного выщелачивания, что является также актуальной проблемой; данный способ автором запатентован. Но в работе отсутствуют исследования относительно решения данной проблемы.

Однако указанные недостатки не снижают теоретической и практической значимости выполненных исследований, а полученные в диссертации результаты соответствуют поставленным целям. В целом кандидатская диссертация Бобозода Ш. является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные решения задачи по интенсификации процесса цианирования смешанных руд месторождения Бургунда с применением гидроакустического воздействия.

Заключение

Диссертационная работа по своему содержанию, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Бобозода Шавкат - заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Работа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Металлургия цветных металлов», протокол № 8 от «26» января 2017 года

Заведующая кафедрой «Металлургия цветных металлов», доктор технических наук, профессор

В.И.И.



Ученый секретарь кафедры «Металлургия цветных металлов», кандидат технических наук, доцент

Ольга

Ольга Викторовна Белоусова
Тел: +7(3952)405664
E-mail: zvfl@istu.edu