

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЕСОРБЦИИ ЗОЛОТА ИЗ НАСЫЩЕННЫХ СМОЛ В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛОВ-ПРИМЕСЕЙ»,

представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности 6D070900 – «МЕТАЛЛУРГИЯ»

АЛТЫНБЕК ШЫНАР ЧАЙБЕКҚЫЗЫ

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы. В настоящее время положение золоторудной промышленности Казахстана осложняется ухудшением качественного состава золотосодержащего сырья, что переводит более 50 % запасов золота в категорию неактивных. Ограниченность ресурсной базы золота сокращает возможности сохранения показателей добычи золота на должном уровне. Доля золотовалютного резерва Казахстана составляет 26,3 %. Количество добытого золота из россыпей снижается в связи с истощением запасов, а также изменением экономических условий. Разработка золоторудных месторождений характеризуется, преимущественно, двухстадийной выемкой запасов: богатые в первую стадию, бедные – во вторую. Нарращивание конкурентоспособного и рентабельного производства золота основывается на комбинировании традиционной горной технологии с новыми технологиями: кучным и электросорбционным выщелачиванием, электрохимическим извлечением, гидрометаллургическим переделом растворов.

Анализ опыта работы золотодобывающих предприятий во всем мире свидетельствует о том, что более 70 % золота получают из коренных золотосодержащих руд. В настоящее время основным процессом извлечения золота из легкообогатимых коренных руд является цианидное выщелачивание с последующей его сорбцией из пульп активированным углем либо ионообменной смолой. «За 110 лет своего существования этот процесс усовершенствован, с его использованием извлечено 75 %, а за последние 30 лет – 92 % золота из руд», – так отмечается в американском журнале «Mining Engineering». Таким образом, если раньше добыча золота была делом «старателей», то теперь она стала делом не столько обогатителей, сколько химиков и металлургов.

Установлено, что одним из эффективных методов извлечения золота из золотосодержащих руд является кучное выщелачивание с дальнейшей сорбцией. Однако, кроме золота в получаемые продуктивные растворы переходят и металлы-примеси.

Использование активированных углей для таких поликомпонентных растворов приводит к накоплению в оборотных растворах примесей, что связано с большей селективностью углей к ионам золота. Для таких растворов целесообразно использовать ионообменные смолы, которые могут коллективно сорбировать ионы металлов и при десорбции можно их разделить.

Одним из сдерживающих факторов широкого использования активированных углей вместо ионообменных смол является их сложная технология регенерации. В связи с этим, оценка современного состояния решаемой научной проблемы является своевременной и актуальной.

Основание и исходные данные для разработки темы.

Основанием для разработки темы диссертационной работы является поиск способов последовательного разделения золота и примесей на стадии элюирования ионов металлов из фазы насыщенного сорбента АМ-2Б, широко используемого в золотоперерабатывающей промышленности. В качестве исходных данных выбраны: условия сорбционного извлечения золота из продуктивных растворов цианидного выщелачивания руд месторождения Жалтырбулак, макропористый анионит АМ-2Б, насыщенный металлами в производственных условиях.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы.

Постоянное снижение содержания золота в перерабатываемых рудах и вовлечение в производство бедного и забалансового золотосодержащего сырья послужили причиной использования эффективного и экономически целесообразного метода кучного цианидного выщелачивания. Однако известно, что при таком методе переработки в получаемые продуктивные золотосодержащие растворы, кроме основного металла, переходят и металлы-примеси, которые в целом отрицательно влияют на все дальнейшие переделы. Существующие технологии в направлении десорбции золота и регенерации ионита не позволяют добиться получения растворов требуемой чистоты для дальнейшего получения высококачественного продукта. В связи с этим, обоснованием необходимости проведения данной научно-исследовательской работы послужило требование обеспечить практически полную десорбцию как благородных металлов, так и примесей, что позволяет длительно использовать сорбенты в цикле сорбция-десорбция, так как остающиеся в смоле металлы уменьшают емкость смолы при повторном ее использовании.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них.

Проведен анализ литературных данных и патентных исследований в области способов извлечения золота из синтетических ионитов, регенерации ионообменной смолы и десорбции золота.

Патентно-лицензионное и метрологическое сопровождение научных исследований по тематике диссертационной работы были обеспечены при поддержке специалистов соответствующих служб Казахского национального исследовательского технического университета К.И. имени Сатпаева и Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.

Анализ патентных исследований показал, что в данном направлении имеется ряд запатентованных работ в Казахстане и за рубежом (Приложение Б). Получен патент на полезную модель РК на тему: «Способ

регенерации ионообменных смол в присутствии металлов-примесей» №3229 (Приложение В).

Актуальность темы. Казахстан обладает крупными запасами золота, которые ориентировочно оцениваются в 6 тыс. т. В стране имеется более 130 первичных реальных месторождений, на которые приходится ~ 60 % всех казахстанских природных запасов этого металла, 38 % запасов золота сосредоточено в месторождениях полиметаллических руд [2].

В настоящее время все шире в производство вовлекается низкосортное золотосодержащее сырье, перерабатываемое прогрессивным методом кучного выщелачивания цианистыми растворами с последующим сорбционным извлечением и концентрированием золота. При разработке эффективного сорбционного метода переработки продуктивных золотосодержащих растворов является важным не только выбрать селективный анионит, обладающий высокими технологическими свойствами, но и изучить влияние состава растворов на показатели сорбции благородных металлов.

В свете изложенного, исследования и разработка технологии сорбционного извлечения золота из продуктивных растворов процесса кучного цианидного выщелачивания рудного сырья эффективным макропористым анионитом промышленной марки АМ-2Б, изучение поведения сопутствующих примесей с их концентрированием в промежуточных продуктах и условий селективного элюирования ценного металла с последующей регенерацией сорбента являются актуальными и своевременными.

Новизна темы заключается в разработке комбинированной технологии десорбции золота из насыщенных смол в присутствии металлов-примесей. Выполненный анализ литературных источников в области элюирования золота и регенерации насыщенных ионитов позволяет сделать вывод о том, что существующие технологии не позволяют получить растворы требуемой чистоты, что снижает качество готового продукта. В связи с этим, предложена комбинированная технология последовательного элюирования золота и сопутствующих примесей из насыщенной смолы.

Установлена и экспериментально доказана возможность разделения золота и примесных металлов, сорбированных анионитом АМ-2Б, на стадии десорбции: на первом этапе процесса предложено извлекать из фазы смолы основную часть металлов-примесей растворами роданистых солей концентрацией не более 1 % из-за сохранения высокой устойчивости цианидного комплекса золота в фазе смолы, а на втором этапе – десорбировать золото и оставшуюся часть металлов-примесей растворами тиомочевины, благодаря которым образуются положительно заряженные тиомочевинные комплексы золота, не удерживаемые в фазе ионита.

Цель исследований – разработка комбинированной технологии десорбции золота и металлов-примесей из насыщенного ионита марки АМ-2Б при переработке продуктивных растворов кучного выщелачивания золотосодержащих руд.

Объект исследований – золотосодержащие руды месторождения Жалтырбулак и насыщенная в производственных условиях смола марки АМ-2Б. Для проведения исследований была использована представительная проба АСЖ-5 окисленных золотосодержащих руд трех участков (Актау, Жильный и Северо-Восточный) и средняя представительная проба насыщенной смолы.

Предмет исследований – термодинамические условия устойчивости цианидных комплексов золота и металлов-примесей с привлечением теоретических представлений о природе комплексообразования, изучение кинетики сорбции золота, механизма десорбции ионов золота и примесных металлов растворами роданида натрия и тиомочевины, а также условия осуществления комбинированной технологии последовательной десорбции золота и металлов-примесей из фазы насыщенной смолы АМ-2Б.

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

- провести выбор эффективного сорбента из числа анионообменных смол промышленных марок;
- изучить условия сорбции золота выбранным сорбентом и распределение сопутствующих примесей по равновесным фазам;
- исследовать кинетику сорбции золота выбранным ионитом;
- обосновать выбор реагентов для селективного последовательного элюирования металлов-примесей и золота;
- провести термодинамический анализ устойчивости комплексных соединений золота и металлов-примесей в цианидных, роданидных и тиомочевинных системах;
- построить математическую модель и оптимизировать процесс десорбции золота;
- обосновать выбор аппаратного оформления процесса десорбции золота и сопутствующих примесей;
- обосновать и разработать комбинированную технологическую схему последовательного элюирования из фазы смолы золота и сопутствующих примесей с возвратом в цикл сорбции регенерированного ионита;
- выполнить экономическую оценку разработанной комбинированной технологии десорбции золота и сопутствующих примесей из насыщенной смолы марки АМ-2Б.

Задачи, представленные выше и решаемые в настоящей диссертационной работе, логически связаны между собой и направлены на достижение поставленной цели исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты термодинамического анализа устойчивости цианидных комплексов золота и металлов-примесей с привлечением теоретических представлений о природе комплексообразования;
- результаты кинетических исследований сорбции золота на смоле марки АМ-2Б;

- результаты исследований по выбору элюирующих растворов для раздельной десорбции золота и примесных металлов;
- результаты исследований по установлению механизма десорбции ионов золота и примесных металлов растворами роданида натрия и тиомочевины;
- результаты разработки комбинированной технологии десорбции золота и металлов-примесей из фазы ионита АМ-2Б с последующей регенерацией смолы;
- результаты сравнения гидродинамических характеристик аппаратов для осуществления процесса регенерации смолы;
- результаты укрупненных испытаний разработанной комбинированной технологии последовательного элюирования золота и металлов-примесей из фазы анионита АМ-2Б в интенсивном режиме в аппарате конусного типа.

Практическая значимость диссертации:

- разработаны условия сорбционного извлечения золота ионитом промышленной марки АМ-2Б из продуктивных растворов процесса кучного выщелачивания золотосодержащих руд месторождения Жалтырбулак;
- разработана и испытана в укрупненном лабораторном масштабе комбинированная технология десорбции золота и металлов-примесей из фазы макропористого анионита марки АМ-2Б с дальнейшей регенерацией сорбента;
- разработана и сконструирована установка конусного типа для последовательной десорбции золота и металлов-примесей, позволяющая значительно повысить кинетические показатели процесса, снизить металлоемкость используемых установок и расход реагентов;
- результаты исследований используются на лекционных занятиях курсов «Теория и практика рафинирования и разделения металлов», «Комплексообразование в металлургических системах и процессах» для бакалавров специальности 5В070900 – «Металлургия» и докторантов специальности 6D070900 – «Металлургия» в КазНУТУ имени К.И. Сатпаева.

Публикации и апробация работы. По результатом диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ, в том числе:

- две статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus (Известия НАН РК, серия геологии и технических наук с импакт-фактором 0,06);
- пять статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК;

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.;
- Научно-практическая конференция «Инновации в комплексной переработке минерального сырья» (Абишевские чтения) Алматы, 2016 г.;
- «The 49th International October Conference on Mining and Metallurgy» Bor – Serbia, 2017 г.;

– Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 9), Караганда, 2017 г.;

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

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

Получен патент на полезную модель РК №3229 на тему «Способ регенерации ионообменных смол в присутствии металлов-примесей».

Работа выполнялась на кафедре «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, в лабораториях благородных металлов ГНПОПЭ «Казмеханобр» Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами. Работа выполнялась в соответствии с международными исследовательскими проектами, обозначенными в Стратегии «Казахстан-2050», концепцией инновационного развития Республики Казахстан до 2020 года.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и 7 приложений. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц и 59 рисунков. Список использованных источников включает 119 наименований.