

## **ОТЗЫВ**

официального рецензента на диссертационную работу

Алтынбек Шынар Чайбекқызы

на тему: «**Разработка комбинированной технологии десорбции золота из насыщенных смол в присутствии металлов-примесей**»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности: 6D070900 – «Металлургия»

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)**

Выполненная Алтынбек Шынар Чайбекқызы диссертационная работа посвящена актуальной теме исследований – созданию технологии отдельной десорбции золота и металлов-примесей из насыщенного сорбента при переработке продуктивных растворов кучного выщелачивания золотосодержащих руд. Проведенные исследования по выбору селективного анионита, обладающего высокими технологическими свойствами при сорбционном способе переработки продуктивных золотосодержащих растворов, а также изучению влияния состава растворов на показатели сорбции благородных металлов, несомненно, вызывают практический интерес.

Широко известные и подробно изложенные в литературном обзоре технологии по десорбции золота и регенерации ионита не обеспечивают в полной мере потребность получения готового продукта высокого качества. Причиной этого является вовлечение в переработку бедного и некондиционного сырья, в результате переработки которого получают продуктивные растворы с высоким содержанием примесных элементов, накапливаемых в ионитах и негативно влияющих на весь технологический цикл до получения товарной продукции.

Таким образом, разработка селективных методов последовательного разделения золота и примесей на стадии элюирования ионов металлов из фазы насыщенного сорбента АМ-2Б является своевременной и актуальной задачей в технологии переработки золотосодержащего сырья.

Работа выполнялась в соответствии с международными исследовательскими проектами, обозначенными в Стратегии «Казахстан-2050», концепцией инновационного развития Республики Казахстан до 2020 года и планами научно-исследовательских работ кафедры металлургических процессов, теплотехники и технологии специальных материалов КазННТУ имени К.И. Сатпаева.

**2. Научные результаты и их обоснованность**

Обоснованность выносимых на защиту научных положений, содержащих совокупность достаточно глубокой проработки имеющихся литературных данных и теоретических исследований, подтверждается результатами большого объема эмпирических исследований.

Таким образом, установлена и экспериментально подтверждена возможность отдельной десорбции золота и примесных металлов из анионита АМ-2Б. При этом предложено в первую очередь из смолы извлекать основную часть металлов примесей слабощелочными растворами роданида натрия, что способствует сохранению устойчивости цианидного комплекса золота в фазе смолы, а во вторую очередь десорбировать золото слабокислыми растворами тиокарбамида, который образует тиомочевинный комплекс, не удерживаемый ионитом вследствие его положительного заряда.

Наиболее существенными научными результатами, полученными соискателем, являются следующие положения:

– на основании результатов исследований предложена комбинированная двухстадийная десорбция ионов металлов из насыщенного ионита марки АМ-2Б, обеспечивающая отделение золота от металлов-примесей посредством применения различных десорбирующих растворов, влияющих на образование и устойчивость комплексных соединений в фазе ионита;

– изучены кинетические закономерности сорбционного извлечения золота макропористым анионитом марки АМ-2Б; показано, что сорбция золота из цианидных щелочных растворов протекает в диффузионном режиме.

### **3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключений, сформулированных в диссертации**

Выносимые на защиту научные положения и сформулированные выводы обоснованы проведенными исследованиями с использованием современных, достаточно точных, физико-химических методов анализа и контроля. Кроме того, достоверность результатов подтверждена соблюдением требований при выполнении исследовательских работ, воспроизводимостью результатов при проведении экспериментов в различных масштабах.

### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации**

Из обзора и анализа патентной литературы, публикаций в научных журналах, тезисов конференций можно выделить, как отличающиеся новизной, следующие результаты:

на основании термодинамического анализа устойчивости цианидных комплексов золота и металлов-примесей, присутствующих в продуктивных цианидных растворах, показано, что цианидный комплекс золота  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  отличается высокой устойчивостью ( $\beta_{\text{Au}} = 2,0 \cdot 10^{38}$ ), что в свою очередь оказывает положительное воздействие на селективное элюирование ионов металлов-примесей путем их перевода в роданидные комплексы на первой стадии десорбции растворами роданида натрия; в то время как цианидный комплекс золота сохраняет свою устойчивость в фазе смолы.



Рассчитанные кинетические параметры сорбционного извлечения золота из цианидных растворов анионитом АМ-2Б указывают на протекание процесса в диффузионной области. Следовательно, повышение эффективности процесса может быть достигнуто увеличением скорости перемешивания и применением смолы мелкозернистой структуры.

В результате проведенных исследований, предложена новая технология двухстадийной последовательной десорбции золота и примесных металлов.

### **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов**

Диссертационная работа обладает внутренним единством. Все исследования направлены на достижение цели селективного извлечения золота и примесных металлов из ионита, а также решения задач, сформулированных автором, носят целенаправленный характер и логически взаимосвязаны между собой.

### **6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи**

Научные результаты, полученные в работе, направлены на решение ряда теоретических и прикладных задач, связанных с разработкой технологии, обеспечивающей селективное извлечение золота и металлов примесей на стадии десорбции из насыщенного анионита марки АМ-2Б. Предлагаемая технология рекомендована к апробации на месторождениях Республики Казахстан, работающих по схеме кучного цианидного выщелачивания золотосодержащих бедных и забалансовых руд.

### **7. Подтверждение достаточной полноты публикации основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации**

По результатам диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ, в том числе:

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

– 5 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 49<sup>th</sup> 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.

По результатам исследований 15.11.2018 г. № 3229 получен патент РК на полезную модель по теме «Способ регенерации ионообменных смол в присутствии металлов-примесей».

#### **8. Соответствие аннотации (автореферата) содержанию диссертации**

Аннотация диссертационной работы соответствует содержанию диссертации, в ней приведены основные цели и задачи работы, результаты исследований, научная новизна и практическая значимость работы. Описаны актуальность темы, объект и предмет исследований. Кроме того, приведены основные положения, выносимые на защиту. Указаны публикации и апробация работы и связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

#### **9. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации**

По представленной для рецензирования работе имеются следующие замечания и пожелания:

– в разделе 3.1 сравниваются сорбционные свойства сильноосновных анионитов АВ-17-8, Purolite A-500, а также слабоосновных анионитов Purolite A 100/2412 и Purolite A93, активированного угля марки Haucarb YA00-60 и полифункционального анионита АМ-2Б по отношению к золоту и примесям металлов, но из практики и литературных источников хорошо известно, что аниониты смешанной основности, содержащие одновременно сильноосновные и слабоосновные функциональные группы и проявляющие свойства одновременно сильного и слабого оснований, проявляют большее сродство к золоту в присутствии цианидных комплексов примесных металлов по сравнению с монофункциональными сорбентами. В связи с этим, целесообразнее было бы проводить сравнительные исследования между бифункциональными ионитами, например, исследуя сорбционные зависимости между сорбентами: АМ-2Б, АП-2 и АП-3 и т.д.. Кроме того, для различных смол определялись в одном случае статическая обменная емкость, в другом, динамическая обменная емкость, что затрудняет сопоставление результатов исследований;

– прорабатывалась ли возможность создания технологии, в которой для извлечения золота можно было бы использовать активированный уголь, а для удаления примесей из маточного раствора проводить сорбцию



непосредственно на ионите?

– в рамках выполненной работы, следовало бы провести исследования по определению механической устойчивости анионита АМ-2Б, поскольку стадийное элюирование рекомендуется проводить, поочередно, щелочными и кислыми растворами при нагревании до 60-80 °С, это может повлиять на механическую прочность сорбента и как следствие, отразиться на экономической эффективности предлагаемой технологии;

– в разделе 5.2 в таблицах 21-23 приведены данные по десорбции ионов металлов Au, Cu, Ni, Zn и Co. Ниже, в таблице 24 представлены результаты рентгенофлуоресцентного анализа ионита после каждой стадии элюирования, в которой помимо вышеупомянутых примесей металлов указано содержание железа, удаляющегося на 70 % за обе стадии десорбции. Принимая во внимание высокую степень сродства ионов железа к иониту, изучение поведения комплексов железа в фазе ионита, наравне с другими примесями, может представлять научный интерес и являться продолжением изучаемой темы;

– в технологической схеме (стр. 124) указано, что десорбаты, содержащие примеси металлов, должны быть направлены на переработку. Целесообразным было бы раскрытие вопроса предлагаемой переработки в рамках данной работы.

Указанные замечания не снижают положительной оценки работы, результаты и выводы по диссертации имеют теоретическое и прикладное значения.

#### **10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по надзору и аттестации в сфере образования МОН РК**

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа Алтынбек Шынар Чайбекқызы на тему: «Разработка комбинированной технологии десорбции золота из насыщенных смол в присутствии металлов-примесей» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора философии (PhD) в области металлургии, и полностью соответствует требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, а ее автор – Алтынбек Шынар Чайбекқызы заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия».

Официальный рецензент  
к.т.н., доктор PhD, академик МАИН,  
эксперт/директор по науке  
ТОО «Dala Mining»

Генеральный директор  
ТОО «Dala Mining»



Гражданова Я.В.

Исламова Э.К.