

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кожевникова Георгия Алексеевича на тему:
«Разработка флотационно-химической технологии переработки эвдиалитового концентрата»,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)»

Редкоземельные элементы (РЗЭ) и цирконий (Zr) относятся к третьей группе самых дефицитных полезных ископаемых, минерально-сырьевая база которых в России характеризуется низким качеством, а внутреннее потребление обеспечивается в основном вынужденным импортом. Данное обстоятельство обуславливает, как справедливо отмечено автором, необходимость обеспечения минеральным сырьем потребностей высокотехнологичных отраслей промышленности страны. Одним из перспективных источников в РФ для производства Zr и РЗЭ являются эвдиалитовые руды Ловозерского месторождения с запасами оксидов циркония 300 млн. т., а РЗЭ – 60-70 млн. т. При этом РЗЭ в эвдиалите со слабой активностью представлены иттрием и среднетяжелыми лантаноидами, а содержание циркония достигает 9.6 %. Поэтому научное обоснование и разработка технологических решений по совершенствованию процессов обогащения и химической переработки эвдиалитового концентрата весьма актуальны.

Несмотря на достижения отечественных и зарубежных ученых в области переработки руд, содержащих редкие и редкоземельные элементы, предложенные технологии переработки эвдиалитового концентрата обладают существенными недостатками.

Поставленная диссертантом цель работы – научное обоснование и разработка флотационно-химической малоотходной и экономически эффективной (рентабельной) технологии переработки эвдиалитового концентрата, обеспечивающей высокое извлечение Zr и РЗЭ – важна, актуальна и своевременна. Сформулированы плодотворная идея, заключающаяся в использовании физико-химических и химических процессов для модифицирования поверхностных свойств минералов, элементного и фазового составов твердых продуктов и ионного состава продуктивных растворов при переработке эвдиалитового концентрата, обеспечивающих высокое извлечение Zr и РЗЭ, и конкретные задачи исследований.

В качестве объектов исследований служили технологии обогащения и химической переработки эвдиалитового концентрата, включая процессы: флотационного обогащения и выщелачивания; переработки силикатного геля с доизвлечением ценных компонентов; переработки продуктивных растворов; получения дополнительных товарных продуктов. Предметами исследований являлись: теоретические основы физико-химических и химических процессов для модифицирования и направленного изменения поверхностных свойств минералов, элементного и фазового составов твердых, кислотно-основных свойств и ионного состава жидких

продуктов химической переработки эвдиалитового концентрата; минеральный, химический, фазовый составы, текстурно-структурные и физико-химические свойства получаемых твердых продуктов; ионный состав и кислотно-основные свойства продуктивных растворов; технологические показатели извлечения Zr и PЗЭ в процессах обогащения и химической переработки эвдиалитового концентрата; материальный баланс потоков в процессах обогащения и переработки эвдиалитового концентрата.

При выполнении работы автором использованы современные физико-химические методы исследований и сертифицированное оборудование, в том числе: рентгенофлуоресцентный анализ (ARL ADVANT'X, Thermo Scientific, США); атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (сплавление с метаборатом лития) (Agilent 725 ICP-OES, Agilent Technologies, США); аналитическая растровая электронная микроскопия (LEO 1420VP, JEOL, Япония) и др.

Выполненные диссертантом исследования позволили установить новые научные закономерности и явления, позволившие:

- впервые без использования процессов высокотемпературной сушки разработать способ переработки силикагеля, образующегося в процессе азотнокислого выщелачивания эвдиалита, включающий процессы промывки, получения метасиликата натрия и силикатов ценных компонентов (Zr, PЗЭ), возвращаемых в процесс выщелачивания, что в комплексе обеспечивает извлечение из силикагеля 97,3 % Zr и 97,1 % PЗЭ;

- впервые разработать способ переработки получаемого в первой стадии химического осаждения Zr-содержащего тетрагидрата нитрата кальция в фосфат циркония и карбонат кальция, возвращаемый на первую стадию химического осаждения, что обеспечивает снижение потерь PЗЭ с Zr концентратом на 11.26 % и регенерации до 98 % наиболее расходуемого реагента – карбоната кальция;

- впервые разработать рентабельную технологию переработки эвдиалитового концентрата за счет регенерации используемых реагентов, получения товарных метасиликата натрия (из силикагеля), аммиачной селитры (из отработанных нитратных растворов) и закрытия водяных контуров;

- научно обоснованы высокие потери циркония и PЗЭ с силикагелем при азотнокислом выщелачивании эвдиалитового концентрата, обусловленные образованием связей ценных металлов, характеризующихся высоким отношением их заряда к ионному радиусу, с атомами кислорода депротонированной кремниевой кислоты и методы решения этой проблемы.

Следует отметить практическую значимость выполненной автором работы и полученных закономерностей, в том числе:

– разработан реагентный режим флотации эвдиалитового концентрата, обеспечивающий снижение содержания в нем оксида кремния с 29.2 % до 21.2 % за счет уменьшения содержания силикатных минералов пустой породы и повышение качества эвдиалитового концентрата с 71.7 % до 79.4 % при извлечении эвдиалита 91.3 %. Оптимальные параметры флотации эвдиалитового концентрата: расход собирателей ЖКТМ – 1000 г/т, ИМ-50 – 800 г/т, пенообразователя МИБК – 150 г/т, значение рН пульпы – 4, крупность минеральной фракции – -80 мкм;

– на основе комплексных исследований морфологии поверхности частиц эвдиалитового концентрата, процесса гелеобразования и показателей извлечения Zr и P3Э при выщелачивании азотной, серной и соляной кислотами научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования азотной кислоты в качестве основного растворителя. Оптимальные параметры азотнокислого выщелачивания эвдиалитового концентрата (температура суспензии – 80 °С, продолжительность выщелачивания – 1.5 часа, Т:Ж = 1:20, C_{HNO_3} – 450 г/дм³) обеспечивают извлечение P3Э в продуктивный раствор 84 %, Zr – 91 %;

– разработана и апробирована энергоэффективная и ресурсосберегающая технология переработки эвдиалитового концентрата, обеспечивающая итоговое извлечение Zr – 89 % и P3Э – 82 %. Технологическая схема обеспечивает высокое (более 97.6 %) извлечение Zr и P3Э из продуктивного раствора, полное закрытие водяных контуров и получение дополнительной товарной продукции в виде аммиачной селитры и метасиликата натрия;

– предварительными расчетами показана экономическая целесообразность переработки эвдиалитового концентрата с учетом получения дополнительной товарной продукции. Получение аммиачной селитры и метасиликата натрия обеспечивает рентабельность технологии: валовая прибыль ориентировочно составит около 145 тыс. руб. на 1 тонну перерабатываемого концентрата.

По автореферату имеются замечания:

1. Флотационная активность собирателей в значительной мере зависит от строения углеводородного фрагмента. Это доказано экспериментально в работе Митрофановой Г. В., Ивановой В. А. и Никитиной И. В. “Оценка свойств комплексообразующих реагентов-собирателей флотации эвдиалита” Вестник МГТУ, том 18, № 2, 2015 г. Проводилась ли работа по выбору флотационных собирателей с учётом строения углеводородного радикала и, если да, то какая длина принималось за оптимальную.

2. При использовании жирно-кислотных реагентов их собирательные свойства могут быть усилены образованием гидроксокомплексов с металлами активаторами Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и

другими. В качестве пожелания автору рекомендуется изучить возможность повышения эффективности флотационного передела применением металлов активаторов.

3. Работа посвящена разработке конкретной флотационно-химической технологии переработки эвдиалитового концентрата (продукт гравитационного и магнитоэлектрического обогащения) Ловозерского месторождения. Автором перечислены затраты, связанные с предлагаемой технологией, но не указана стоимость дополнительной товарной продукции. В связи с этим по представленным в автореферате сведениям трудно оценить её рентабельность.

4. На стр. 21-22 указаны статьи с Вашим участием в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Под номерами 1, 2, 4, и 5 приведены статьи, опубликованные в журнале «Физико-химические проблемы разработки полезных ископаемых». Вероятно, Вы имели в виду журнал «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых».

Указанные замечания носят характер рекомендаций и уточнений, не снижая научной ценности и практической значимости представленных в диссертационной работе результатов.


В целом работа содержит новые научные результаты и имеет практическое значение. Ее содержание достаточно полно отражено в 12 работах, в том числе в 5 статьях в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, одной заявки на патент РФ.

С учетом вышесказанного считаем, что диссертация Кожевникова Георгия Алексеевича на тему: «Разработка флотационно-химической технологии переработки эвдиалитового концентрата», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)» отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Кожевников Георгий Алексеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».

Главный научный сотрудник лаборатории
обогащения полезных ископаемых и технологической
экологии, зав. лабораторией ИГД СО РАН, д.т.н.

 С.А. Кондратьев

Ведущий научный сотрудник лаборатории
обогащения полезных ископаемых и технологической
экологии ИГД СО РАН, д.т.н.

05.12.2024
 В.И. Ростовцев

Подписи С.А. Кондратьева и В.И. Ростовцева ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь ИГД СО РАН, к.т.н.

 К.А. Коваленко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)
Телефон: 8 (383) 205-30-30; E-mail: mailigd@misd.ru

