

**Отзыв**  
**официального оппонента,**  
**кандидата химических наук Украинцева Ильи Валерьевича**  
**о диссертационной работе Сагдиева Вадима Насыровича**  
**«Сорбционное извлечение галлия из щелочных алюминатных растворов»,**  
**представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по**  
**специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов**

Одним из важнейших направлений научно-технического прогресса является повышение комплексности использования сырья. В первую очередь, это относится к переработке полиметаллических руд, содержащих широкую гамму редких и цветных металлов. Кроме того, следует отметить четко выявившуюся в последние годы тенденцию вовлечения в переработку сырья, бедного по ценным компонентам. К такому типу минерального сырья относятся алюминиевые руды – бокситы и нефелины, они содержат ряд важных для промышленности рассеянных элементов, таких как, галлий, ванадий, скандий, рубидий.

Комплексное использование минерального сырья позволяет снизить себестоимость основной продукции, а вовлечение в переработку полупродуктов алюминатного производства позволяет улучшить качество получаемого глинозема. Переработка особенно важна в связи со сложной ситуацией с сырьевой базой галлия во всем мире и в России, в частности. Собственные месторождения галлия в природе практически полностью отсутствуют, поэтому освоение природных источников потребует намного больше материальных вложений, чем вовлечение в переработку полупродуктов Байерского производства.

В связи с этим актуальность диссертационной работы В.Н. Сагдиева, которая посвящена теоретическим и практическим аспектам извлечения галлия из щелочных алюминатных растворов с использованием способа ионного обмена, сомнений не вызывает.

Соответственно, автором была сформулирована цель работы как повышение эффективности гидрометаллургического способа извлечения галлия из оборотных растворов, полученных в процессе переработки бокситов по методу Байера, на основе сорбции с использованием анионообменных смол. Для достижения поставленной цели разработана методология, включающая решение конкретных задач с применением современных методов исследования и компьютерных средств.

Приведенные в диссертации и автореферате опубликованные работы В.Н. Сагдиева соответствуют теме диссертации. По материалам диссертации соискателем опубликовано 10 работ, в том числе: 5 статей, из них 2 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки

России; 1 статья в журнале, входящем в международную базу цитирования Scopus; тезисы 4 докладов и получен 1 патент.

Представленная работа состоит из основного текста объемом 130 страниц, включающего введение, заключение, 5 глав и список литературы из 133 названий, а также 33 рисунка, 25 таблиц и 76 формул, являющихся неотъемлемой частью диссертации. На защиту выносятся два положения.

В главе 1 приводится анализ литературных источников об областях применения галлия и его соединений, анализ мирового производства галлия. Автором рассматриваются технологии получения галлия из различных источников, в том числе сорбционные способы его концентрирования и извлечения. Анализируются термодинамические теории описания ионообменных равновесий.

Вторая глава посвящена описанию объектов и методов исследований, методик проведения экспериментов; приводятся характеристики слабоосновных ионообменных смол D-403 и АН-31. В главе представлена разработанная автором термодинамическая модель описания ионообменных равновесий, основанная на линеаризации модифицированного закона действующих масс применительно к процессам ионного обмена.

В главе 3 представлены результаты экспериментального определения степени извлечения галлат-ионов из модельных растворов слабоосновными ионообменными смолами. Приводятся результаты термодинамического описания изотерм сорбции анионных гидроксокомплексов галлия и алюминия на ионообменных смолах АН-31 и D-403, а также хромат- и ванадат-ионов на анионите D-403. Рассматривается процесс сорбции галлат-ионов в совместном присутствии с алюминат- и хромат-ионами на ионообменной смоле D-403. Соискателем получены значения величин сорбции анионитов, констант ионообменного равновесия и энергий Гиббса ионного обмена. Получен ряд сорбируемости ионов на поверхности твердой фазы ионообменной смолы D-403. Приведены экспериментальные результаты, определяющие режим десорбции галлат-ионов из анионита D-403.

В главе 4 приведены результаты экспериментов по кинетике сорбции галлат-ионов на ионообменной смоле D-403 при температурах 298, 308, 318 и 328 К.

В главе 5 описываются результаты разделения галлат-ионов от алюминат-ионов методом ионообменной хроматографии. Приводятся расчеты параметров односекционной и многосекционной ионообменных установок непрерывного действия с псевдооживленным слоем, параметры установки со стационарным слоем ионообменной смолы. Представлены ориентировочные технико-экономические показатели сорбционного передела извлечения галлия.

Первое защищаемое положение доказывает, что концентрирование галлия и отделение его от сопутствующих примесей основано на способности галлат-ионов изменять свою форму во внутреннем электролите твердой фазы смолы. Это приводит к увеличению вытеснительной способности галлат-ионов по сравнению с алюминат-, хромат- и ванадат-ионами с поверхности ионита D-403. Данное положение раскрыто во второй, третьей и четвертой главе.

Второе защищаемое положение раскрыто в третьей и пятой главах. На основании термодинамического анализа приводятся расчеты ионообменных установок с псевдооживленным и стационарным слоем сорбента.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации обеспечена необходимым объемом экспериментальных исследований и полученных результатов, подтверждается их соответствием современным положениям теории и практики гидрометаллургического производства, а также результатами применения современных методов химического и физико-химического анализа: рентгенофлуоресцентного, спектрофотометрического, рН-метрического, а также кислотно-основного титрования для определения концентраций анионов в исходных и равновесных модельных растворах. Достоинством работы является надежность и тщательность проведенных исследований, соответствие теоретических результатов практическим.

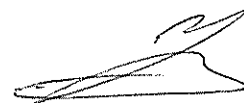
Новизна работы заключается в получении новых термодинамических данных по сорбции галлия в виде анионных комплексов из щелочных растворов, моделирующих состав оборотных растворов глинозёмного производства по методу Байера, с использованием ионообменных смол китайского и отечественного производства D-403 и АН-31, расчета значений констант и энергии Гиббса ионного обмена с использованием закона действующих масс, модифицированного для реакций ионного обмена; установлении форм сорбированных ионов галлия и алюминия в виде гидроксокомплексов на анионитах АН-31 и D-403; получении ряда сорбционной способности анионных комплексов металлов.

Практическая значимость заключается в разработке способа извлечения галлия из оборотных растворов Байеровского производства на основе ионного обмена.

По тексту диссертации и автореферата сделаны следующие замечания:

1) Только одна из исследуемых температур, 328 К (4 глава диссертации), в диссертации соответствует технологической температуре производственного раствора, так называемого «выкрученного (маточного)» алюминатного раствора в процессе Байера.

2) В терминологии специалистов глинозёмного производства оборотным раствором является упаренный раствор, подаваемый на размол для подготовки пульпы к процессу проведения выщелачивания, тогда как галлий получают из «выкрученных» алюминатных растворов, которые направляются на выпарку (рис. 28, с. 102 диссертации; рис. 13, с. 16 автореферата).



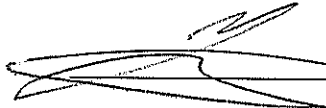
3) Если на регенерацию подается гидроксид натрия, тогда надо пояснить, для чего после получения галлиевого концентрата раствор подвергается карбонизации, т.е. происходит снижение pH по реакции  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  и полученный раствор направляется на регенерацию ионита, где добавляется свежий NaOH с повышением pH и где удаляется сода. Если лучший результат по извлечению галлия показан на температурах ниже производственных, то в схеме необходимо предусмотреть охлаждение раствора (рис. 28, с. 102 диссертации; рис. 13, с. 16 автореферата).

4) Щелочные алюминатные растворы являются многокомпонентными системами, и для вывода о прогнозировании процесса извлечения галлия и селективного отделения от алюминат-ионов необходимо было поставить несколько опытов с использованием технологического алюминатного раствора (с. 118 диссертации; с. 18 автореферата).

Несмотря на сделанные замечания, в целом, работа Сагдиева Вадима Насыровича представляет собой законченное исследование, выполненное в актуальном направлении.

Судя по автореферату и тексту диссертации, диссертационная работа В.Н. Сагдиева соответствует паспорту специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов и в полной мере соответствует критериям, установленным п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Кандидат химических наук,  
директор департамента гидрометаллургии  
Акционерное общество «Научно-проектное  
объединение «РИВС»  
199155, г. Санкт-Петербург,  
ул. Железноводская д.11, лит.А  
электронный адрес: rivs@rivs.ru  
телефон: 8-812-321-57-05

  
/Украинцев Илья Валерьевич/

Отзыв напечатан на 4 (четырёх) страницах

*Подлинность подписи Украинцева И.В. подтверждено  
помощником и.о. заместителя директора М. Бугельским А.И.  
31.10.2019 г.*