

Акционерное общество «Группа компаний «Русредмет»



Россия, 198320, Санкт-Петербург, Красное Село, ул. Восстановления 15/3,
р/сч 40702810303000051880

в Филиале «Северная столица» АО «Райффайзенбанк» г. Санкт-Петербург
к/с 30101810100000000723, БИК 044030723
ИНН 7807217460 КПП 780701001

E-mail: secretar@rusredmet.ru; www.rusredmet.ru

Телефон (812) 741-72-95, Факс (812) 741-21-55

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
АО ГК «РУСРЕДМЕТ»

Нечаев А.В.

«01» февраля 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Нгуен Тхи Иен Хоа

«Экстракция редкоземельных элементов синергетными смесями на основе солей четвертичных аммониевых оснований», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Одно из направлений развития новых экстракционных технологий связано с применением синергетных смесей экстрагентов разных классов для повышения извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ) из технологических растворов переработки минерального сырья, а также для повышения коэффициентов разделения ближайших пар элементов. Синергетные смеси на основе солей четвертичных аммониевых оснований (ЧАО) обладают способностью экстрагировать РЗЭ из растворов с низкой концентрацией минеральных кислот, в том числе, наиболее применяемой в технологии РЗЭ азотной кислоты. Это позволяет использовать такие смеси для разработки ресурсосберегающих,

экономически рентабельных производств РЗЭ, что в полной мере соответствует целям Постановления Правительства РФ от 21 января 2014 г. № 42.

В связи с этим тема диссертационной работы Нгуен Тхи Иен Хоа, посвященная систематическому исследованию и математическому моделированию избирательных свойств ряда синергетных смесей экстрагентов и оценке возможности использования этих соединений для разделения РЗЭ при экстракции из азотнокислых сред, является весьма **актуальной**.

Основная часть диссертационной работы изложена на 143 страницах, машинописного текста, включающего введение, обзор литературы, методическую часть, 3 главы обсуждения экспериментальных результатов, выводы и список литературы. Приложение к работе содержит 25 страниц машинописного текста. В работе содержится 37 рисунков, 26 таблиц в основной части диссертации и 24 таблицы в приложении, список литературы насчитывает 128 наименований.

Во введении автором обоснованы цель работы и ее актуальность, сформулированы новизна и практическая значимость полученных результатов, а также выносимые на защиту основные положения.

Обзор литературы, **глава 1**, включает сведения об экстрагентах различных классов, предлагавшихся для решения задачи извлечения РЗЭ из растворов различного состава, а именно: экстракция РЗЭ из нитратных растворов нейтральными фосфорорганическими соединениями (НФОС), бинарными экстрагентами на основе четвертичных аммониевых солей (ЧАС), смесями ЧАС и НФОС. В обзоре приведены сведения о физико-химических свойствах РЗЭ, химии водных нитратных растворов РЗЭ. Рассмотрены технологические схемы экстракционного разделения РЗЭ в системах с ЧАС.

Автор вполне добросовестно поработал над изучением и систематизацией литературных данных, поэтому в обзоре нашли отражения наиболее важные работы в данной области, а сам обзор достаточно полно отражает современное состояние процессов экстракционного выделения РЗЭ.

Далее в диссертации представлены полученные в работе экспериментальные данные, их обсуждение и трактовка полученных результатов.

В методической части, **глава 2**, приведены данные об использованных в работе материалах и реактивах, а также методиках исследования, оборудовании, методах анализа, приготовления смешанных экстрагентов. Дано описание метода математического моделирования изотерм экстракции с использованием программы EXTREQ-2.

В **главе 3** представлены результаты исследования экстракционных систем La, Ce(III), Pr, Nd из нитратных растворов смесями ТОМАН – ТБФ. В **главе 4** представлены результаты математического моделирования изотерм экстракции La, Pr и Nd смесями ТОМАН-ТБФ. В **главе 5** предложены схемные решения для каскадов разделения легкой группы РЗЭ на индивидуальные элементы из нитратных растворов смесями ТОМАН-ТБФ. Сделан выбор состава смесей ТОМАН-ТБФ для разделения по линиям La/Pr и Pr/Nd, проведены расчеты экстракционных каскадов для разделения La, Pr и Nd смесями ТОМАН-ТБФ по линии La/Pr, по линии La/Pr на лабораторном каскаде.

Большой массив полученных экспериментальных данных, а также использование целого арсенала как классических (титриметрия), так и современных, например методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе iCAPTM Q, Thermo Fisher Scientific, позволяет считать полученные результаты вполне **достоверными**.

Предмет **научной новизны** диссертационной работы составляют, прежде всего, впервые полученные автором сведения, что химия синергетной экстракции нитратов La, Ce(III), Pr и Nd смесями ТОМАН-ТБФ из нитратных растворов с низкой концентрацией азотной кислоты определяется образованием смешанных синергетных комплексов состава $(R_4N)_n[Ln(NO_3)_{3+n}m(R'O)_3PO]$, где $n=1-4$, $m=1-6$, в зависимости от мольного соотношения Ln:ТОМАН:ТБФ.

В диссертации установлено, что основной причиной изменения состава смешанных комплексов является замещение фосфорильных групп ТБФ нитратными при увеличении доли ТОМАН в смеси и, наоборот, замещение нитратных групп ТОМАН фосфорильными при увеличении доли ТБФ в смеси, определены составы экстрагируемых синергетных комплексов нитратов La,

Ce(III), Pr и Nd в широкой области изменения концентрации лантаноидов, получены новые расчетные данные, подтверждающие образование нестехиометрических комплексов, для полученных в работе изотерм экстракции нитратов La, Pr и Nd 1,0 М изомолярными смесями ТОМАН-ТБФ в толуоле.

Практическая значимость работы заключается в проведенных автором лабораторных испытаний экстракционного разделения модельного концентрата оксидов La, Pr и Nd по линии La/Pr из низкокислотных нитратных растворов синергетной смесью 0,6 М ТОМАН-2,4 М ТБФ в додекане на 60 ступенчатом лабораторном противоточном каскаде, подтвердившие высокую эффективность применения синергетных смесей ТОМАН-ТБФ для разделения РЗЭ легкой группы. Установлены условия экстракционного разделения концентратов La, Ce(III), Pr и Nd на индивидуальные элементы синергетными смесями ТОМАН-ТБФ из низкокислотных нитратных растворов.

Теоретическая значимость работы заключается в термодинамическом обосновании химии синергетной экстракции нитратов La, Ce(III), Pr и Nd смесями ТОМАН-ТБФ из низкокислотных нитратных растворов, разработке математических моделей изотерм экстракции лантаноидов синергетными экстрагентами, основанных на решении уравнения закона действующих масс, записанного в терминах активности всех компонентов экстракционного равновесия.

Сделанные по работе выводы вполне **обоснованы**. Положения, выносимые на защиту, **соответствуют содержанию диссертации**.

С результатами работы следует ознакомить следующие научные, учебные и производственные организации: Томский политехнический университет, Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б. Н. Ельцина, Санкт-Петербургский государственный университет, Концерн «Росэнергоатом», АО «АТОМПРОЕКТ», ФГУП «Производственное объединение «Маяк», ОАО «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов», ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара», ОАО

«Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии», ФГУП «Горно-химический комбинат», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Автореферат и публикации (12 статей, работа апробирована на пяти международных конференциях и конгрессах) достаточно **полно отражают содержание диссертации.**

По работе имеются следующие **замечания.**

1. В многочисленных таблицах, где представлены результаты математического моделирования изотерм экстракции лантаноидов, не приведены погрешности констант и параметров гидратации. Необходимо обосновать высочайшую точность модели, в которой имеется семь значащих цифр для логарифма константы и параметров гидратации.

2. Зависимости коэффициентов распределения лантана, церия, празеодима и неодима при их совместной экстракции на рис.5.3 выглядят чрезвычайно необычно, а именно напоминают синусоиды. Это требует подробного объяснения. Возможно, отсутствие планок погрешностей и приводит к построению синусоидальных кривых.

3. В тексте диссертации имеются досадные опечатки на стр. 2, 20, 44 . На стр. 91 нарушена последовательность нумерации таблиц. У таблицы 3.6 должен быть номер 4.2.

4. Не приведены погрешности определения коэффициентов распределения и факторов разделения элементов в некоторых таблицах и на ряде рисунков.

Высказанные замечания не затрагивают существа работы, не снижают ее общую положительную оценку и имеют скорее характер пожеланий при продолжении исследований в данном направлении.

По своему содержанию диссертационная работа Нгуен Тхи Иен Хоа соответствует паспорту специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Очистка и

концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья».

Диссертация Нгуен Тхи Иен Хоа представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические решения по разделению редкоземельных элементов экстракционными методами, внедрение которых в производственную практику внесет значительный вклад в развитие редкометалльной промышленности.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор **Нгуен Тхи Иен Хоа** заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация и автореферат Нгуен Тхи Иен Хоа обсуждены на НТС АО «Группа Компаний «Русредмет» 31 января 2023 г, протокол № 1.

Отзыв подготовлен ведущим специалистом технологической лаборатории Акционерного общества «Группа компаний «Русредмет», кандидатом химических наук Афониним Михаилом Александровичем.

Ведущий специалист технологической
лаборатории АО «Группа компаний «Русредмет»,
кандидат химических наук

Афонин М.А.

Афонин Михаил Александрович, канд. химических наук, ведущий специалист технологической лаборатории, тел. 812 494 92 56, электронная почта: afonin18111956@yandex.ru, адрес: Московский пр., д. 26, г. Санкт-Петербург, 190013.

Подпись Афонина М.А. удостоверяю:

Начальник отдела кадров

Лихоцева В.Э.