

Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"National Research Tomsk Polytechnic University" (TPU)
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,
Fax +7-3822-563865, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):
02069303,
Company Number: 1027000890168,
VAT / KPP (Code of Reason for Registration)
7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет» (ТПУ)
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,
факс +7-3822-563865, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 046902001

25.08 2015 № 18/4031
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям, доктор технических
наук, профессор
Дьяченко Александр Николаевич



25» августа 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию и автореферат Мельчакова
Станислава Юрьевича «Разделение празеодима, неодима, урана на
сплавах Ga-In и Ga-Sn эвтектического состава в хлоридных
расплавах», представленную на соискание ученой степени
кандидата химических наук по специальности 05.17.02 – Технология
редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Проблема переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с малым
временем выдержки и высокой степенью выгорания, а также
фракционирования высокоактивных ядерных отходов до сих пор не решена.
Единственным выходом остается длительное хранение тепловыделяющих
сборок (ТВС) в бассейнах выдержки. Последующая гидрометаллургическая
переработка выдержанного топлива приводит к накоплению больших объемов
жидких радиоактивных отходов, представляя угрозу для окружающей среды.
Поиск альтернативных безопасных сред, радиационносовместимых с
высокооблученным ОЯТ, позволит сократить к минимуму время выдержки
топлива перед его регенерацией и вернуть делющиеся материалы (ДМ) в
топливный цикл. Поэтому тема диссертационной работы С.Ю. Мельчакова,

Вх. № 05-19/1-732
от 01.09.15 г.

направленная на поиск и обоснование использования жидкометаллических сред для фракционирования компонентов маловыдержанного высокоактивного ОЯТ в технологиях пирохимической переработки топлива, является **актуальной**, особенно в свете решения проблемы замыкания ядерного топливного цикла.

Работа была выполнена в рамках реализации ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения»; ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» и при финансовой поддержке фонда молодых ученых УрФУ в рамках реализации программы развития УрФУ.

Цель работы – изучить процессы разделения некоторых продуктов деления (Pr, Nd) и урана на жидкометаллических сплавах Ga-In и Ga-Sn эвтектического состава в солевых хлоридных расплавах, сформулирована корректно.

Научная новизна диссертации заключается в том, что С.Ю. Мельчаковым впервые в интервале 573-1073 К получены температурные зависимости активности, коэффициентов активности, растворимости празеодима и неодима в эвтектических расплавах Ga-In и Ga-Sn. Им также определены изменения парциальных и избыточных парциальных энтальпии, энтропии и энергии Гиббса указанных РЗМ в гомогенных и двухфазных эвтектических металлических расплавах. Автор впервые изучил влияние концентрации индия в сплавах Ga-In на растворимость неодима в этих жидкометаллических расплавах. Он показал, что растворимость неодима закономерно уменьшается с увеличением доли индия в данных сплавах. Достаточно убедительно доказан неизвестный ранее факт преимущественного межчастичного взаимодействия неодима с галлием в бинарных расплавах Ga-In и Ga-Sn. На основании полученных и имеющихся в литературе термодинамических данных Мельчаков рассчитал величины коэффициентов разделения пар «Nd/Pr» и «Nd/U» на эвтектических сплавах Ga-In и Ga-Sn в расплавах хлоридов щелочных металлов. Экспериментальная

проверка коэффициентов разделения показала соответствие наблюдаемых значений модельным представлениям. Это доказывает надежность найденных термодинамических функций. Полученные диссертантом данные статистически достоверны и могут быть включены в справочную литературу по термодинамике и металлургии сплавов РЗМ с легкоплавкими металлами III группы периодической системы.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в экспериментальной проверке и подтверждении целесообразности извлечения актинидов галлийсодержащими жидкометаллическими сплавами из хлоридных солевых расплавов. Достигнутые в опытах значения коэффициентов разделения позволяют обеспечить практически полное межгрупповое разделение 4f- и 5f-элементов в одностадийном процессе. О практической значимости свидетельствуют также справки о полезности результатов диссертационной работы, выданные АО «ГНЦ НИИАР» и ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина».

Ведущая организация **рекомендует** использование полученных в диссертации С.Ю. Мельчакова результатов в дальнейших научных и опытно-конструкторских работах, связанных с разработкой пирохимических методов переработки ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах в системах «солевой расплав – жидкометаллический сплав». Результаты работы следует рекомендовать организациям, занимающимся созданием замкнутого ядерного топливного цикла (НИИАР, ВНИИХТ, ВНИИНМ и др.).

Защищаемые Мельчаковым С.Ю. положения полностью отражают научную новизну и практическую значимость и подтверждаются представленными результатами исследований.

Достоверность результатов исследований, положений и выводов сомнений не вызывает. При выполнении исследований Мельчаков С.Ю. использовал современную аппаратуру и оборудование. Химические и рентгенофазовые исследования сплавов проведены в аккредитованных

лабораториях с применением современной техники. Корректность статистической обработки большого объема хорошо воспроизводимых экспериментальных данных сомнений не вызывает. Полученные в работе данные об активности и растворимости празеодима и неодима в сплавах с индивидуальными жидкими галлием и индием хорошо согласуются с результатами других исследовательских коллективов. Экспериментальные коэффициенты разделения исследованных f-металлов хорошо согласуются с термодинамически ожидаемыми величинами. Результаты исследований, основные положения и выводы диссертации не противоречат существующим научным положениям.

Основное содержание диссертации полностью освещено в 15-ти публикациях, в т.ч. 5 статей в рецензируемых отечественных журналах, входящих в перечень ВАК, и 6 статей в международных журналах с высоким импакт-фактором. Это подтверждает серьезный объем и значимость проделанной работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 85 источников. Материал изложен на 167 страницах, содержит 53 рисунка, 21 таблицу и одно приложение. В конце каждой главы сформулированы выводы. Диссертационная работа изложена логично и последовательно, выводы доказательны.

Во введении обоснован выбор темы исследования, показана актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена взаимосвязь между основными термодинамическими характеристиками растворенного металла в сплаве. Даны определения терминов, наиболее часто используемых в работе. Приведены формулы для расчетов парциальных термодинамических функций, активности,

коэффициентов активности и коэффициентов разделения металлов в системах «солевой расплав – гомогенный жидкий металл». Представлены сведения об эвтектических сплавах Ga-In и Ga-Sn. Приведены данные о физических свойствах интерметаллических соединений (ИМС) La, Ce, Pr, Nd, Th, U, Np, Pu, равновесных с расплавами галлия, индия и олова. Проведен литературный обзор актуальных научных работ по внутригрупповому и межгрупповому разделению f-элементов на жидких кадмии, цинке, олове, висмуте, галлии и алюминии.

Во второй главе приведены данные об используемых в работе реактивах и веществах. Описаны методики приготовления жидкометаллических галлиевых сплавов с индием или оловом и эвтектических солевых хлоридных расплавов, содержащих ионы празеодима, неодима, урана. Приведены схемы ячеек, описание методик проведения измерений и выполнения экспериментов.

Третья глава содержит результаты измерений активности, растворимости и коэффициентов активности празеодима и неодима в сплавах Ga-In и Ga-Sn эвтектического состава. Экспериментально определены парциальные термодинамические характеристики α -празеодима и α -неодима в двухфазных (Ж+ИМС) сплавах с индием и висмутом, а также в двухфазных и гомогенных жидкометаллических расплавах Ga-In и Ga-Sn эвтектического состава. Показано, что значения термодинамических функций обоих лантанидов в изученных эвтектических сплавах весьма близки между собой. Выдвинуто предположение о преимущественном взаимодействии РЗМ в бинарных сплавах с галлием Ga-In и Ga-Sn.

Четвертая глава посвящена изучению растворимости неодима в жидких галлии, индии, а также в сплавах Ga-In, содержащих 40,0 и 70,0 мас.% индия. Полученные Мельчаковым данные хорошо согласуются с результатами изучения растворимости неодима в жидких галлии и индии других авторов. Показано, что растворимость неодима в двойных сплавах Ga-In меньше, чем в индивидуальном жидком галлии. Фазовый анализ

интерметаллидов неодима, равновесных с расплавами Ga-In, содержащих 40 и 70 мас.% In, подтвердил наличие только интерметаллидов состава $NdGa_6$, $NdGa_2$ и металлического индия. Установлено, что с увеличением доли индия в сплавах Ga-In наблюдается закономерное уменьшение растворимости РЗМ. Этот факт, а также отсутствие интерметаллидов индия в сплавах Ga-In, подтверждает вывод автора о преимущественном межчастичном взаимодействии 4f-металлов с галлием в бинарных расплавах.

В пятой главе приведены значения коэффициентов разделения пар «Nd/Pr» и «Nd/U» на эвтектических сплавах Ga-In и Ga-Sn в хлоридных расплавах, рассчитанные по найденным термодинамическим функциям, а также результаты их верификации. Показано, что внутригрупповое разделение празеодима и неодима нерезультативно – экспериментально наблюдаемые значения коэффициентов разделения близки к единице. Экспериментальные значения коэффициентов разделения неодима и урана близки к расчетным и составляют $\approx 3 \times 10^6$. Показана перспективность возможности использования эвтектических сплавов Ga-Sn в пирохимической технологии переработки ОЯТ и фракционирования ядерных отходов расплавах солей и металлов.

В заключении приведены обоснованные выводы по всем результатам исследований. **Список литературы** дает представление о состоянии исследований теме диссертации и вкладе автора в их развитие. **В приложении** представлены справки о полезности результатов диссертационной работы.

Содержание представленной Мельчаковым С.Ю. диссертационной работы соответствует специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Автореферат диссертации Мельчакова С.Ю. изложен на 24 страницах, содержит 2 рисунка, 6 таблиц и список из 15 публикаций по теме диссертации. **Автореферат полностью отражает содержание диссертации** и дает четкое представление о личном вкладе автора, научной новизне и значимости полученных результатов.

По содержанию и оформлению диссертации имеются следующие **замечания и вопросы:**

1. Раздел «связь между основными термодинамическими характеристиками» первой главы диссертации излишне подробен.

2. В тексте диссертации встречаются сложноподчиненные предложения, что иногда затрудняет чтение.

3. Как будет влиять на результаты определения методом ЭДС активности и коэффициентов активности лантанидов в сплавах наличие ионов Pr(III) или Nd(III) в электролите?

Общее заключение по работе соискателя

Диссертация Мельчакова Станислава Юрьевича «Разделение празеодима, неодима, урана на сплавах Ga-In и Ga-Sn эвтектического состава в хлоридных расплавах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разделения 4f- и 5f элементов на эвтектических сплавах Ga-In и Ga-Sn в хлоридных расплавах, имеющая существенное значение для развития технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Выводы диссертации достаточно обоснованы и сомнений не вызывают. Отмеченные недостатки не влияют на ее научную значимость. Работа обладает внутренним единством и отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (пункт 9, абзац 2), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Ее автор, Мельчаков С.Ю., заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.02 - Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» Физико-технического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от
«20» августа 2015 г. На заседании присутствовало 16 человек, протокол № 20.

Заведующий кафедрой,
доктор химических наук,
доцент

тел. (3822) 70-16-03,
e-mail: kraydenko@tpu.ru



Крайденко
Роман Иванович

Профессор кафедры ХТРЭ,
доктор химических наук,
профессор,

тел. (3822) 60-63-11,
e-mail: gerinii@tpu.ru

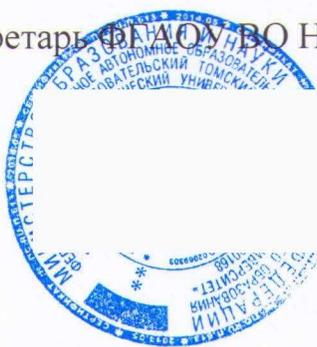


Жерин
Иван Игнатьевич

634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, Томская обл., Россия

Подписи Крайденко Р.И., Жерина И.И. заверяю:

Учёный секретарь ФАДОУ ВО НИ ТПУ



О.А. Ананьева