

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.1.226.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 21.12.2023 г. № 22

О присуждении Соколову Артему Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Экстракция железа(III) алифатическими кетонами и спиртами из хлоридных растворов» по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов» принята к защите 20 октября 2023 года (протокол заседания № 21) диссертационным советом 24.1.226.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» Минобрнауки РФ (184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, 14), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 548/нк от 01 июля 2019 года.

Соискатель Соколов Артем Юрьевич, 01 марта 1995 года рождения, в 2019 году окончил магистратуру кафедры «Химии и строительного материаловедения» Апатитского филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский государственный технический университет» (АФ МГТУ). В 2023 году окончил очную аспирантуру Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН) по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов», профиль – 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов». С

ноября 2023 года по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ИХТРЭМС КНЦ РАН), Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена в лаборатории разработки и внедрения процессов химической технологии Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ИХТРЭМС КНЦ РАН), Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент, заслуженный химик РФ, **Касиков Александр Георгиевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории разработки и внедрения процессов химической технологии ИХТРЭМС КНЦ РАН, г. Апатиты.

Официальные оппоненты:

Медков Михаил Азарьевич, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией переработки минерального сырья Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток;

Афонин Михаил Александрович, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), г. Санкт-Петербург,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук (ИТХ УрО РАН) – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

(ПФИЦ УрО РАН) в своем положительном отзыве, подписанном Чекановой Ларисой Геннадьевной, кандидатом химических наук, доцентом, заведующей лабораторией органических комплексообразующих реагентов, и Гусевым Вадимом Юрьевичем, доктором химических наук, старшим научным сотрудником лаборатории органических комплексообразующих реагентов, утвержденном Плеховым Олегом Анатольевичем, член-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, директором ПФИЦ УрО РАН, указала, что диссертационная работа Соколова Артема Юрьевича представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком экспериментальном уровне, имеющее актуальность, научную новизну, научно-практическую значимость: результаты, представленные в работе, вносят вклад в теорию и практику комплексной переработки отходов металлургии. По мнению ведущей организации, защищаемая диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в редакции от 26 октября 2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Соколов Артем Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации выполнен в соответствии с п. 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в ред. от 26.10.2023 г. № 1786) и обоснован их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них 7 статей в российских журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных положений кандидатских и

докторских диссертаций, и в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, общим объемом 10 условных печатных листов. Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент) выдано 4 патента на изобретение.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации: **1.** Касиков А.Г., **Соколов А.Ю.**, Щелокова Е.А., Глуховская И.В. Экстракция железа(III) из хлоридных никелевых растворов алифатическими кетонами // Журнал прикладной химии. – 2019. – Т. 92. – В. 8. – С. 1015-1020 [Kasikov A.G., **Sokolov A.Yu.**, Shchelokova E.A., Glukhovskaya I.V. Extraction of Iron(III) from Chloride Nickel Solutions with Aliphatic Ketones // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2019. – V. 92. – No. 8. – P. 1107-1112. Impact factor (IF) 0,9, Scopus Q3, Web of Science (WoS) Q4]; **2.** **Sokolov A.**, Valeev D., Kasikov A. Solvent Extraction of Iron(III) from Al Chloride Solution of Bauxite HCl Leaching by Mixture of Aliphatic Alcohol and Ketone // Metals. – 2021. – V. 11. – Article N. 321. IF 2,9, Scopus Q1, WoS Q2; **3.** Kasikov A., **Sokolov A.**, Shchelokova E. Extraction of Iron(III) from Nickel Chloride Solutions by Mixtures of Aliphatic Alcohols and Ketones // Solvent Extraction and Ion Exchange. – 2022. – V. 40. – Is. 3. – P. 251-268. IF 2,0, Scopus Q2, WoS Q2; **4.** Kasikov A.G., Shchelokova E.A., Timoshchik O.A., **Sokolov A.Yu.** Utilization of Converter Slag from Nickel Production by Hydrometallurgical Method // Metals. – 2022. – V. 12 – Article N. 1934. IF 2,9, Scopus Q1, WoS Q2.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы имеют положительную оценку, некоторые содержат замечания и вопросы:

1. Патрушева Тамара Николаевна, доктор технических наук, доцент, профессор Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург: *без замечаний*.

2. Кузнецов Вадим Сергеевич, кандидат химических наук, заместитель

генерального директора по науке и развитию Акционерного общества «Группа компаний Химик» (АО «ГК Химик»); Каширский Дмитрий Александрович, кандидат химических наук, инженер химик, АО «ГК Химик», г. Санкт-Петербург: *без замечаний*.

3. Белоусов Олег Владиславович, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрометаллургических процессов Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск: *1. Были ли попытки интенсифицировать процесс окисления железа(II)? 2. Зависимость извлечения железа(III) от концентрации хлорид-иона при экстракции октанол-2 и его смеси с октанол-1 хорошо описывается уравнением прямой линии, причем тангенсы угла наклона близки, в то время как в случае с октанол-1 плохая аппроксимация (зависимость можно разбить на несколько участков). Почему?*

4. Юхин Юрий Михайлович, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией синтеза и физико-химического анализа функциональных материалов ФГБУН Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск: *1. В автореферате на стр. 9 на основании ИК-спектров утверждается, что железо экстрагируется в виде акватированной тетрахлоржелезистой кислоты. Это следовало бы подтвердить также химическим анализом экстракта и привести формулу экстрагируемого соединения. 2. На стр. 12 автореферата указано, что из таблицы следует, что в результате экстракции удается снизить содержание железа в исходном никелевом растворе до 0,84 г/л. Это не обязательно, т.к. данные табл. 1 относятся к очистке растворов от выщелачивания бокситов, а хлоридный никелевый раствор содержит большие количества никеля и другие*

металлы. 3. На стр. 14 автореферата указано, что в результате гидролитического осаждения железа из реэкстракта получены оксиды железа высокой чистоты. В автореферате следовало бы привести условия осаждения железа: природу щелочного реагента, температуру процесса и pH, а также температуру прокаливания гидроксида железа.

5. Каплан Савелий Федорович, кандидат химических наук, главный специалист лаборатории агитационного выщелачивания и сорбции, АО «Полиметалл инжиниринг», г. Санкт-Петербург: В качестве небольшого замечания к автореферату можно отметить наличие в нем опечаток: на стр. 3 "...смесями ... на основе три-н-бутилфостафа...", на стр. 19 "... после реэкстаркции...".

6. Нечаев Андрей Валерьевич, кандидат технических наук, генеральный директор АО «Группа Компаний Русредмет», г. Санкт-Петербург: Из текста автореферата непонятно, почему при проведении укрупненных испытаний при реэкстракции железа(III) из ундеканона-2 в качестве реэкстрагента применяется вода, а при реэкстракции из смеси ундеканона-2, октанола-1 и деканола-1 – 0,2 М раствор соляной кислоты.

7. Тюкин Александр Павлович, кандидат технических наук, начальник отдела научно-технического развития АО «Кольская горно-металлургическая компания», г. Мончегорск: Несмотря на детальное описание экспериментальной части, в тексте автореферата не обосновано применение растворов соляной кислоты высокой концентрации для промывки экстрактов от цветных металлов. Также необходимо уточнить возможность удаления цветных металлов из органической фазы другими реагентами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: показана высокая экстракционная способность высокомолекулярных алифатических кетонов по отношению к железу(III) при экстракции из хлоридных растворов; установлено возникновение синергетического эффекта, проявляющегося при экстракции железа(III)

смесями алифатических кетонов и спиртов; **разработан** ряд технологических схем экстракции железа(III) из промежуточных растворов переработки минерального и техногенного сырья: никелевого электролита, растворов гидрохлоридного выщелачивания магнитной фракции медно-никелевого фэйнштейна, растворов солянокислотного выщелачивания боксита и металлургических шлаков, а также кубовых остатков дожигания при производстве карбонильного никеля, позволяющих получить кондиционную железосодержащую продукцию в технологическом цикле получения цветных металлов, а также значительно снизить объемы образующихся отвальных железистых отходов.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что: **доказана** высокая эффективность извлечения железа(III) из хлоридных растворов высокомолекулярными алифатическими кетонами; **установлено**, что эффективность экстракционного извлечения железа(III) возрастает при использовании смесей алифатических спиртов и кетонов с содержанием кетона в смеси не менее 30 об.%; на основании ИК-спектроскопических исследований экстрагентов **научно обоснован** механизм синергетического эффекта, возникающего за счет образования межмолекулярной водородной связи кетон-спирт, вместо более инертной связи спирт-спирт; **применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов, показано** влияние природы матричного катиона на экстракцию железа(III) из хлоридных растворов октанол-2, октанол-1 и их смесью в соотношении 1:1; **описан** механизм окисления железа(II) до железа(III) в солянокислой среде в эмульсии раствора железа(II) и нейтральных экстрагентов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработана** технология экстракционного извлечения железа(III) из хлоридных растворов высокомолекулярными алифатическими кетонами и смесью кетонов с алифатическими спиртами, позволяющая эффективно извлекать железо(III) из

хлоридных растворов сложного состава; **предложено** применение экстракции железа(III) при переработке железистых отходов цветной металлургии – металлургических шлаков и кубовых остатков дожигания при производстве карбонильного никеля, причем при переработке шлаков применяется новый способ, подразумевающий совместное окисление и экстракцию железа(III); **показана** возможность эффективного извлечения железа(III) из промежуточных растворов алюминиевого и никелевого производства; **разработана** технология производства раствора хлорного железа из объединенного раствора гидрохлоридного выщелачивания магнитной фракции медно-никелевого фанштейна и никелевого электролита посредством жидкостной экстракции ундеканом-2, внедренная на стадии технологического регламента.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: в ходе выполнения диссертационной работы использованы надежные и подробно описанные в научной литературе методики жидкостной экстракции. Достоверность и высокая точность полученных результатов в диссертационном исследовании базируется на применении современного аттестованного аналитического оборудования; **теория** опирается на достоверные, общедоступные и проверяемые данные и согласуется с современными представлениями по теме диссертации; **идея базируется** на тщательном анализе и обобщении литературных данных, опубликованных в отечественных и зарубежных источниках, по тематике исследования и смежных областях.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования, поиске путей их решения, самостоятельном выполнении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных результатов, формулировке выводов диссертации; проведении тщательного анализа литературы по изучаемой тематике и ее систематизации; самостоятельной интерпретации данных ИК-спектроскопических исследований, позволивших обосновать причины возникновения

синергетического эффекта при экстракции железа(III) смесями кетонов и спиртов; установлении оптимальных параметров экстракции для проведения непрерывных укрупненных испытаний на каскаде экстракторов смесительно-отстойного типа; апробации полученных результатов на международных и всероссийских конкурсах и конференциях, самостоятельной подготовке большинства публикаций по теме диссертационного исследования; непосредственном участии в разработке технологического регламента на производство раствора хлорного железа из раствора гидрохлоридного выщелачивания магнитной фракции медно-никелевого фанштейна.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Диссертантом приведена сравнительная экономическая оценка технологии экстракции железа(III) из раствора выщелачивания магнитной фракции фанштейна и применяемого метода гидролитической железоочистки. Однако следовало бы представить более подробный расчет экономической эффективности предлагаемой технологии.

2. В представленной работе не в полной мере проработан вопрос о возможных сферах применения получаемого раствора хлорного железа и оксида железа(III).

3. При проведении оценки эффективности технологии получения хлорида железа(III), следовало бы указать, нужна ли очистка полученных рафинатов и реэкстрактов от растворенного экстрагента.

Соискатель Соколов Артем Юрьевич согласился с частью замечаний и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привёл собственную аргументацию.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Соколова Артема Юрьевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п. 9-14 раздела II «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. № 842 в редакции от 26.10.2023 г. № 1786.

На заседании 21 декабря 2023 года, проходившем в удаленном интерактивном режиме, диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические, технологические разработки и решение научной задачи переработки имеющихся техногенных отходов, предотвращения образования новых отходов с применением экстракционных технологий с возможностью получения товарной продукции, имеющей большое хозяйственное значение, присудить Соколову Артему Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов», принимавших участие в голосовании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14 (четырнадцать), против – 0 (ноль).

Председатель диссертационного
совета 24.1.226.01, чл.-кор. РАН

Учёный секретарь диссертационного
совета 24.1.226.01, к.т.н.



 А.И. Николаев

 Т.Ю. Прохорова

21 декабря 2023 г.