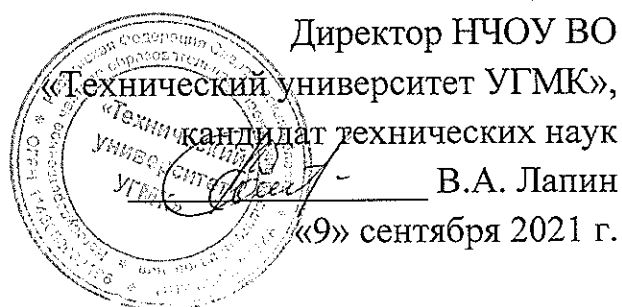


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор НЧОУ ВО



«Технический университет УГМК»,

кандидат технических наук

В.А. Лапин

«9» сентября 2021 г.

Отзыв

ведущей организации

на диссертацию **Ячменовой Людмилы Александровны** на тему:
«Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии получения
металлических продуктов с применением гидридных восстановителей-
модификаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.02 – **Металлургия черных, цветных
и редких металлов.**

1. Актуальность работы, связь с научно-техническими программами

Диссертация Л.А. Ячменовой посвящена научному обоснованию и разработке получения металлов (Ni, Fe, Cu и др.), перспективных для батарейного сектора промышленности, путем восстановления твердофазного сырья гидридными реагентами, которые используются и как модификаторы поверхности металла. Тематика работы отвечает современным тенденциям металлургической отрасли, в частности, в области прямого получения железа и никеля и создания соответствующих энерго- и ресурсосберегающих технологий производства.

Актуальность диссертации связана с резким возрастанием рынка электротранспорта и необходимых для этого объемов цветных металлов и железа высокого качества, которые нужны для изготовления батарей и аккумуляторов. Актуальность работы также подтверждается ее соответствием приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ по п.6 «Рациональное природопользование» (Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. №899). Направленность работы соответствует стратегии развития цветной металлургии России на 2014-2020 г.г. и на перспективу до 2030 года (приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 5 мая 2014 г. №839) и стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. №84-р) в части создания новых экологических ресурсосберегающих технологий в металлургии. Особо следует отметить, что в работе Л.А. Ячменовой для решения металлургических задач применяются самые современные

ОТЗЫВ

ВХ. № 276-9 от 13.09.21
АУ УС

нанотехнологические подходы. Диссертация выполнена по государственно значимым проектам и программам, в том числе в рамках двух госзаданий Минобрнауки РФ (проекты №5279 и №8635), по госконтракту №14.577.21.0127 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Исследования по тематике работы поддержаны грантом Фонда содействия инновациям (2021-2022 г.г.), грантом Международного фонда «Поколение» и частично выполнялись по хоздоговору с предприятием – компанией GMS (Москва).

2. Структура и объем диссертации

Рассматриваемая диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка литературы, включающего 128 наименований. Работа изложена на 126 страницах, содержит 25 рисунков и 19 таблиц, имеет 18 страниц приложений с копиями наградных дипломов автора (7 дипломов), двумя Актами о внедрении результатов в производство, сведениями о выполненном хоздоговоре 18017у, отчетами об измерении удельной поверхности образцов, таблицей исходных данных для термодинамического моделирования, с дифрактограммами порошков на основе алюминия, копиями паспортов на использованные препараты (Алкамон, ГКЖ-94 (ГКЖ-138-41)), с электронно-микроскопическими снимками металлических продуктов синтеза. Автореферат имеет объем 20 страниц формата А5 с двумя двухсторонними дополнительными вкладками. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации.

3. Научная новизна исследования и полученных результатов

Научно обоснована технология получения металлов (Ni, Fe, Cu) с модифицированной поверхностью методом твердотельного гидридного синтеза (ТГС). Установлены условия (размер частиц исходного твердофазного сырья, расход газов, температура), при которых диффузионные осложнения процесса минимальны. Впервые проведено термодинамическое моделирование восстановления до металла дихлорида никеля в аммиаке и доказано, что расчетные значения стехиометрических коэффициентов брутто-реакции восстановления при температурах ТГС соответствуют экспериментальным данным. Показано, что в отличие от восстановления дихлорида меди, для дихлорида никеля при восстановлении в аммиаке нехарактерно образование монохлорида металла на промежуточной стадии процесса. Проведен анализ кинетических закономерностей металлургических процессов восстановления никеля, меди и железа до металла из хлоридного и оксидного сырья в среде различных гидридных реагентов (NH_3 , SiH_4 , CH_4 и

др.), а также последовательного восстановления дихлорида никеля парами метилдихлорсилана и метаном. Обнаружено, что до степеней восстановления 0,7–0,8 процесс может быть описан топохимическим уравнением Рогинского-Шульц, а при более высоких степенях восстановления реализуется модель «сжимающейся сферы». С учетом выявленных закономерностей разработан оригинальный метод получения поверхностно-наноструктурированных металлов, где в качестве газовой среды при сушке исходного твердого сырья и газа-носителя паров органометаллогидридного восстановителя-модификатора применяют очищенный природный газ. Новизна разработанного способа подтверждена выдачей патента (РФ №2570599).

4. Научная и практическая значимость

Результаты, полученные в рецензируемой диссертации, имеют теоретическое и практическое значение для развития технологий производства металлов, основанных на химическом восстановлении из руды; позволяют дополнить справочно-информационные данные для расчета и реализации металлургических процессов переработки минерального сырья, использующих нетрадиционные газообразные восстановители. Важная особенность работы Л.А. Ячменовой состоит в том, что она ориентирована на получение и обработку металлов (Ni, Fe, Cu, Al), входящих в пятерку наиболее перспективных материалов для бурно развивающегося батарейно-аккумуляторного сектора промышленности. Положительным моментом, определяющим значимость диссертации для металлургии, науки и производства, является внедрение результатов на практике с экономическим эффектом, что подтверждено двумя Актами о внедрении. Особо следует отметить технологии, предложенные автором для развития Кингашской ГРК, связанные с улучшением качества катодных никеля и меди и с получением холодных катодов на основе металлизированных методом ТГС пластин пористого стекла.

Разработкой энерго- и ресурсосберегающих технологий получения металлов, устойчивых к химическим и энергетическим воздействиям, занимаются многие зарубежные и российские исследовательские центры и компании. Технические и технологические решения, реализованные в данной области в работе Л.А. Ячменовой, позволяют рекомендовать их к использованию и развитию в ПАО «НЛМК», на Новооскольском металлургическом комбинате, в ПАО «Норильский никель», в Уральской Горно-металлургической компании (УГМК), на Кингашской ГРК, в ЗАО «Металл-Полимер», в компаниях ИМС Montan, GMS, в ИМЕТ РАН им. А.А.Байкова, в институте металлургии УрО РАН, МИСиС, УрФУ, ТУ УГМК, СПбПУ Петра Великого, СПбГИ (ТУ), СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Ценность работы обусловлена тем, что соискателем решена задача комплексного получения металлургической продукции и ее защита в пределах заданного объема на одной технологической установке. При этом, опираясь на идеологию ТГС, удалось упростить процесс, снизить его материалоемкость и энергозатраты, совместить в одном металлургическом агрегате восстановление и модифицирование металла.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, достаточно обоснована. Научные положения и предлагаемые решения детально проработаны. Достоверность и обоснованность выводов и результатов работы обеспечена применением стандартизированных методов физико-химического анализа и отраслевых методик, сходимостью и воспроизводимостью данных теоретических и лабораторных исследований, широкой апробацией результатов на выставках и конференциях Международного и Всероссийского уровня, в научной печати, включая высококвартильные журналы (Записки Горного института, Цветные металлы). Корректность, обоснованность и достоверность основных положений и рекомендаций диссертации независимо подтверждена при практической реализации (внедрении) полученных результатов на производстве. Материалы, представленные в 17 приложениях диссертации (стр. 109-126) служат дополнительным подтверждением надежности и корректности результатов, выводов и рекомендаций работы.

5. Вопросы и замечания по работе

1. Методики термодинамических расчетов и моделирования, включая используемые формулы и соотношения, освещены в диссертации предельно кратко. В частности, из текста работы не совсем ясно, как рассчитывались изменения потенциала Гиббса (ΔG) на рис. 3.4 для реакций восстановления металлов гидридами.

2. Достоинством диссертации являются разработанные процессы получения металлов, приводящие к снижению материалоемкости и энергозатрат, которые используют в качестве исходной твердой фазы оленегорский суперконцентрат, получаемый из природного сырья. Было бы целесообразно более подробно рассмотреть решения, связанные с утилизацией или возвращением в производственный цикл хлороводорода, который выделяется в ряде процессов, а также – стадию хлорирования металла при переработке никельсодержащих металлосульфидных руд перед восстановлением в условиях ТГС, о чем говорится в выводе 6 на стр. 89.

3. На стр. 15 автореферата экспериментальное изучение реакции (2), по которой твердый дихлорид никеля восстанавливается в аммиаке, связывается с исследователем по фамилии Озолинг. При обсуждении этой же

реакции на стр. 58 диссертации приводятся ссылки на работы научного руководителя диссертации. Как связаны между собой эти факты?

4. В результате чего происходит минимизация диффузионных осложнений и увеличение степени восстановления до металла с ростом размера частиц дихлорида никеля в диапазоне 0,3-1мм? (стр.14, табл.1 автореферата).

5. Какой конкретный научный результат автор видит в совпадении экспериментальных и рассчитанных с использованием термодинамической модели стехиометрических коэффициентов брутто-реакции восстановления дихлорида никеля в аммиаке?

6. Несмотря на грамотное изложение материала хорошим техническим языком и относительно небольшое количество неточностей в тексте, работа несвободна от опечаток: во втором абзаце на стр. 30 не закрыты кавычки; в конце стр. 35 общая формула гидрида элемента RH ошибочно представлена как RHx.

Высказанные замечания и вопросы, однако, зачастую носят частный характер, являются скорее пожеланиями и не затрагивают сколько-нибудь существенным образом надежность и достоверность выводов и положений диссертации.

6. Заключение

Представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработана и внедрена в производство энерго- и ресурсосберегающая технология переработки оксидного и хлоридного сырья до металла в условиях твердотельного гидридного синтеза, что дает возможность упростить процесс восстановления, снизить его материалоемкость, совместить в одном металлургическом агрегате восстановление и модифицирование поверхности металла, повысить химическую устойчивость и добавленную стоимость получаемого металлического продукта.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 24 печатных работах, в том числе в 9 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 4 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus и Web of Science); получен 1 патент.

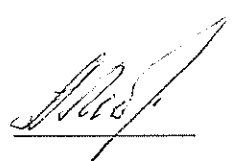
Диссертация «Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии получения металлических продуктов с применением гидридных

восстановителей-модификаторов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 №1755 адм.

Ячменова Людмила Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.


Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Ячменовой Л.А. обсужден и утвержден на заседании кафедры Metallургии негосударственного частного образовательного учреждения высшего образования «Технический университет УГМК», протокол № 10 от 9 сентября 2021 года.

Заведующий кафедрой
металлургии негосударственного
частного образовательного
учреждения высшего образования
«Технический университет УГМК»,
доктор технических наук, старший
научный сотрудник, Заслуженный
металлург РФ.



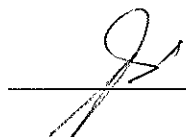
Лебедь
Андрей Борисович

Профессор кафедры металлургии
негосударственного частного
образовательного учреждения
высшего образования
«Технический университет УГМК»,
лауреат премии Совета министров
СССР, доктор технических наук,
старший научный сотрудник



Скопов
Геннадий
Вениаминович

Секретарь заседания.
Доцент кафедры металлургии
негосударственного частного
образовательного учреждения
высшего образования
«Технический университет УГМК»,
кандидат технических наук



Романова Вера
Васильевна

Сведения о ведущей организации

Негосударственное частное образовательное учреждение высшего образования «Технический университет УГМК»

Почтовый адрес: 624091, Свердловская область, город Верхняя Пышма, проспект Успенский, д.3, офис 605

Официальный сайт: <https://www.eduugmk.com/>

e-mail: university@tu-ugmk.com

Тел.: +7(34368)78-300