

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Ячменовой Людмилы Александровны «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**

Ячменова Людмила Александровна в 2011 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный университет» по специальности 13.06.03 «Оборудование нефтегазопереработки», присужденная квалификация – инженер.

В 2011 году поступила в очную аспирантуру на кафедру автоматизации технологических процессов и производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный горный университет» по специальности 05.16.02 – **Металлургия черных, цветных и редких металлов**.

За период обучения в аспирантуре Ячменова Людмила Александровна своевременно сдала кандидатские экзамены на оценку «отлично», «хорошо» и проявила себя квалифицированным специалистом, способным самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования.

Принимала активное участие на следующих конференциях: на Международной научно-практической конференции «Инновационные идеи молодых исследователей» (г. Уфа, 11 мая 2021 г.), на Российско-германском сырьевом форуме (г. Потсдам, 7-8 ноября 2018 г.) на Международном форуме-конкурсе молодых ученых «Проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2009-2015 гг., 2018 г.), V Международной конференции «Металлургия-Интехэко-2012» (г. Москва, 27-28 марта 2012 г.), на Международном симпозиуме «Нанозифика и Наноматериалы» (г. Санкт-Петербург, 2015-2019 гг.), на Всероссийской конференции «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах» - «Фагран-2008» (г. Воронеж, 6-9 октября 2008 г.), Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, 11-15 апреля 2009 г.), на Российско-немецкой конференции по физике твердого тела (г. Астрахань, 3-8 июня 2009 г.), Всероссийской конференции «Фагран-2010» (г. Воронеж, 3-8 октября 2010 г.), на Межвузовской студенческой конференции «Химия и химическое образование XXI века» (г. Санкт-Петербург, 13-15 апреля 2011 г.).

Разработанная технология получения наноструктурированных высокогидрофобных металлов (защищена патентом РФ № 2570599) отмечена золотой медалью и дипломом первой степени на Международной выставке «НИ-ТЕСН-2015» (г. Санкт-Петербург, март 2015 г.), золотой медалью на Международной выставке изобретений в Кунышане (КНР, ноябрь 2016 г.),

медалями и дипломами от Лиги выдающихся изобретателей Тайваня на Международной выставке в Нюрнберге (Германия, октябрь 2016 г.), на Международной выставке «Крым НИ-ТЕСН-2014» (г. Севастополь, сентябрь 2014 г.), на Международном салоне изобретений в Женеве (Швейцария, март 2017 г.).

В диссертации Ячменовой Л.А. решена задача разработки и научного обоснования технических и технологических решений получения металлов (Ni, Fe, Cu, Al) в энерго- и ресурсосберегающих процессах, основанных на введении в реактор гидридных реагентов, которые применяются как восстановители и одновременно как модификаторы, которые стабилизируют поверхность, повышая химическую устойчивость металлов.

К основным полученным результатам можно отнести следующие. Установлены условия, включая размер частиц исходного твердофазного сырья, при которых минимизируются диффузионные осложнения восстановления до металла методом ТГС. Показано, что рассчитанные методом термодинамического моделирования стехиометрические коэффициенты брутто-реакции восстановления дихлорида никеля в аммиаке соответствуют экспериментальным данным. В отличие от восстановления дихлорида меди, для дихлорида никеля нехарактерно образование монохлорида металла на промежуточной стадии, что связано с большей термоустойчивостью дихлорида никеля. Проанализированы кинетические закономерности восстановления никеля, меди и железа до металла в среде аммиака, моносилана и метана, а также последовательного восстановления дихлорида никеля парами метилдихлорсилана и метаном. Выявлено, что для степеней восстановления (α) до 0,7-0,8 процесс удовлетворительно описывается топахимическим уравнением Рогинского-Шульц. При $\alpha > 0,8$ лучше работает модель «сжимающейся сферы», которая подтверждает локализацию твердотельной реакции восстановления на границе раздела. Разработан способ получения поверхностно-наноструктурированных металлов (Ni, Fe, Cu), отличающийся тем, что восстановление металла ведут при температуре от 320 до 400 °С с использованием природного газа в качестве газа-носителя паров гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости, а отжиг в среде осушенного природного газа ведут при температуре от 500 до 650 °С, технический результат которого заключается в упрощении и снижении энергозатрат и материалоемкости процесса (Патент РФ №2570599).

Ячменовой Л.А. проведен анализ известных способов получения никеля, железа, меди, включая дисперсные металлы, в физико-химическом обосновании выбора сырья и условий восстановления металла в рамках единого технологического процесса, в отработке методик пассивации алюминия и стали, в синтезе металлических образцов в лабораторном и укрупненном реакторах, в участии в разработке научно-технических решений для энерго- и ресурсосберегающей технологии переработки твердофазного хлоридного и оксидного сырья, в апробации результатов для металлургического сектора Кингашской горнорудной компании и в компании GMS (г. Москва).

металлургического сектора Кингашской горнорудной компании и в компании GMC (г. Москва).

Основное содержание диссертации полностью соответствует защищаемым положениям. Все этапы исследований выполнены в соответствии с утвержденным планом.

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 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. 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 соответствует 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, а ее автор – Ячменова Людмила Александровна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры общей и
технической физики федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский
горный университет»

Сырков Андрей
Гордианович

Почтовый адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2.

Телефон: +7 (812) 328-90-19

e-mail: Сырков А.Г. @perf.spmi.ru



Исполнитель: А.Т. Сырков
Заведующий отделом
Производства Е.Р. Яновицкая
20 24 г.