

УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по научной работе и
международной деятельности**



**ФГБОУ ВО «Юго-Западный
государственный университет»,
доцент, к.т.н**

Е.Г. Пахомова

«06» сентября 2024 г

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» в лице кафедры фундаментальной химии и химической технологии – на диссертацию Нго Куок Кхань «Особенности технологии неорганического синтеза высокогидрофобных поверхностных соединений металлов с электроноакцепторными модификаторами», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. – Технология неорганических веществ.

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация Нго К.К. посвящена научному обоснованию технологических процессов получения инновационных неорганических материалов – дисперсных металлов с хемосорбированными метил- и карбосилоксановым структурами. Одно из перспективных направлений практического использования подобных материалов – применение в качестве сорбентов для извлечения углеродородных примесей из влагосодержащих газовых смесей. Это важно для решения экологических проблем современных химических и горно-химических предприятий. С точки зрения формирования теоретических основ технологии неорганических веществ, представляются интересными и востребованными на практике наработки Нго К.К. по прогнозированию и отбору наиболее эффективных восстановителей-модификаторов, исходя из нуклеофильных свойств применяемых кремнийгидридных реагентов. Актуальность и своевременность проведенных исследований подтверждаются также выполнением их по значимым государственным научно-техническим программам (Фонда содействия инновациям и в рамках госзадания Минобрнауки РФ) и внедрением результатов диссертации на предприятиях Союзного государства.

ОТЗЫВ

**ВХ. № 9-339 от 10.09.24
АУ УС**

2. Научная новизна диссертации

Соискателем получены новые результаты и выводы, к числу которых можно отнести следующие:

- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования для восстановления оксидного сырья и поверхностного модифицирования дисперсного металлического продукта паров метилдихлорсилана;
- установлено, что при восстановлении твердого дихлорида никеля различными кремнийгидридными реагентами на начальном этапе взаимодействия степень восстановления до металла коррелирует с нуклеофильными свойствами восстановителя и в изученном ряду реагентов увеличивается в ряду от метилдихлорсилана к моносилану;
- обосновано технологическое решение, которое позволяет получать при последовательном восстановлении в условиях твердотельного гидридного синтеза (ТГС) исходного сырья кремнийгидридным реагентом и метаном металлические продукты, содержащие в поверхностном слое хемосорбированные восстановители, с регулируемой удельной поверхностью (в диапазоне 2 – 60 м²/г) и высокой гидрофобностью;
- с применением метода РФЭ- спектроскопии систематически изучено состояние металла (М) на поверхности кремнеземных сорбентов, металлизированных в условиях ТГС в различных гидридных средах; установлена закономерность повышения энергии связи электронов характеристического уровня (M_{2p_{3/2}}) для металла, стабилизированного на силикагеле, которая, в зависимости от вида восстановителя, увеличивается в ряду: H₂, CH₄, NH₃, CH₃SiHCl₂, SiH₄;
- отобраны металлизированные сорбенты, обладающие высоким гидрофобным эффектом, которые способны эффективно поглощать предельные углеводороды из парогазовых смесей.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена значительным объемом опытных данных и детальным анализом современной отечественной и зарубежной литературы, последних достижений науки и техники по выбранному направлению диссертационного исследования. В работе применены современные прецизионные методы анализа РФЭ-, EDX-, ИК-спектроскопии, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия и др. Исследование выполнено на сертифицированном оборудовании; проведена математическая обработка результатов и оценка погрешности измерений. Основные положения диссертации прошли многократную апробацию в научных докладах на международных конференциях. Надежность полученных в диссертации данных дополнительно подтверждена независимыми испытаниями при внедрении результатов работы на производстве.

4. Научные результаты, их ценность

Работа Нго Куок Кхань представляет завершённое научное исследование, выполненное на современном уровне, которое изложено технически грамотным языком.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Основные выводы и положения работы, результаты экспериментов и теоретических исследований прошли успешную апробацию на 4-х международных и всероссийских научно-практических конференциях. В диссертационной работе соискателем обоснованы технологические решения по получению высокогидрофобных селективных сорбентов на основе дисперсных металлов, включая нанесенные на кремнеземные подложки. Всесторонне обоснованы целесообразность и правомерность рассмотрения полученных металлических продуктов как поверхностных соединений (по Алесковскому) металла с нанесенным кремнийсодержащими модификаторами, которые обладают электроноакцепторными свойствами. Разработанные в диссертации методы синтеза и полученные поверхностно-модифицированные металлические продукты полезны для использования (и отчасти уже применяются) в перерабатывающей промышленности и на предприятиях минерально-сырьевого комплекса. Сведения о значениях энергии связи электронов для металлов на различных кремнеземных подложках могут быть включены в базы данных и справочные издания.

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), в 2 статьях в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Установлено влияние электрофильно-нуклеофильных свойств кремнийгидридного восстановителя на степень восстановления до металла твердофазного сырья и на механизм формирования поверхностных соединений металлов, обеспечивающих защиту металлической поверхности и гидрофобные свойства дисперсного металлического продукта. Рассчитанные энергии нижней вакантной молекулярной орбитали (НВМО) применены соискателем как критерий предварительной оценки (прогноза) химической активности кремнийгидридных восстановителей на начальных этапах взаимодействия с твердым дихлоридом никеля. Эти результаты важны для развития теоретических представлений технологии неорганического синтеза дисперсных поверхностно-модифицированных металлических сорбентов для поглощения углеводородных примесей из влажосодержащих газовых смесей, а также для получения неорганических материалов, которые перспективны для применения в холодных катодах промышленной электроники. Выводы и рекомендации работы Нго К.К. развивают научные основы получения низкоразмерных материалов, включая высоко- и супергидрофобные, с регулируемыми свойствами. Дополнительным подтверждением практической значимости диссертации является внедрение результатов с экономическим эффектом на предприятии минерально-сырьевого комплекса ООО «Евразийская горно-геологическая группа» (Акт о внедрении

от 28.12.2023). В этой организации и на предприятиях-партнерах из России и Беларуси используются разработанные Нго К.К. методики синтеза, программа моделирования режимов получения дисперсных металлических присадок, а также рекомендации по синтезу и применению полученных металлосодержащих селективных сорбентов.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертации Нго К.К. могут быть использованы в СКТБ «Технолог», ЗАО «Металл-Полимер», в ПАО «Лукойл», РУП ПО «Беларуськалий», ОАО «Белгорхимпром», ООО «Евразийская горно-геологическая группа», ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством», в ООО «Джи Эм Си», ООО «ГСК-Шахтпроект», ООО «МК Констракшн», в СПбГТИ (ТУ), ВГУ, ВГТУ, ЮЗГУ, СПбПУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», РГПУ им. А.И. Герцена, ФТИ РАН, ИОНХ РАН ИПМ УрО РАН, ЦНИИ КМ «Прометей» (НИЦ «Курчатовский институт»), УрГАУ, УрИ ГПС МЧС РФ, БГТУ, а также рекомендованы иным организациям, которые занимаются разработкой, производством и внедрением термо- и химически устойчивых дисперсных металлических и поверхностно-модифицированных материалов, композитных материалов различного назначения, сорбентов, гидрофобных покрытий и материалов с улучшенными характеристиками.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Не совсем понятно, как используемые и разрабатываемые автором методики синтеза вписываются в приведенную на стр. 13 диссертации классификацию методов модифицирования поверхности (рис. 1.1), которая цитируется из научной монографии зарубежных авторов?

2. На стр. 27 диссертации соискатель, описывая технологии ALD и молекулярного наплавления, которые основаны на обработке твердой подложки газообразными модификаторами (прекурсорами), пишет, что «материал удаляется из реактора». Не пояснено, о каком «материале» идет речь в ситуации, когда модифицированный твердый образец остается в реакторе?

3. Непонятно, почему на стр. 53 диссертации в комментарии к схеме установки на рис. 2.1 под римской цифрой II написано слово «реактора»? На рис. изображен всего один реактор и в синтезе, как правило, используется один реактор. Что имел в виду автор?

Отметим, что замечания и вопросы, приведенные выше, сколько-нибудь существенным образом не влияют на корректность основных выводов и надежность сформулированных в работе научных положений.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Особенности технологии неорганического синтеза высокогидрофобных поверхностных соединений металлов с электрооакцепторными модификаторами», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ, 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 20.05.2021 № 953 адм.

Нго Куок Кхань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Нго Куок Кхань обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры Фундаментальной химии и химической технологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», протокол № 1 от 6 сентября 2024 года.

Присутствовали: зав. кафедрой ФХиХТ, кандидат химических наук, доцент Кувардин Н.В.; кандидат химических наук, доцент Борщ Н. А.; кандидат химических наук, доцент Бурых Г. В.; кандидат технических наук, доцент Лавров Р.В.; кандидат химических наук, доцент Пожидаева С. Д., кандидат педагогических наук, доцент Янкив К. Ф., кандидат химических наук, доцент Лысенко А. В., кандидат химических наук, старший преподаватель Агеева Л.С.; кандидат технических наук, доцент Хорьякова Н.М.; кандидат химических наук, инженер Савенкова И.В.; аспирант Мезенцев Е.А., ведущий инженер Епифанова Н.П., заведующая лабораториями Агаркова Е.А.

Приглашенные: доктор физико-математических наук, доцент, декан естественно-научного факультета Ряполов П. А.; доктор физико-математических наук, профессор, директор Регионального центра нанотехнологии Кузьменко А. П.; доктор технических наук, профессор, доцент кафедры технологии материалов и транспорта Агеева Е. В.

Присутствовало на заседании всего – 16 человек, в том числе с правом голоса – 12 человек, из них 10 человек – члены кафедры ФХиХТ, 3 человека - приглашенные эксперты (доктор физико-математических наук, доцент, декан естественно-научного факультета Ряполов П. А.; доктор физико-математических наук, профессор, директор Регионального центра нанотехнологии Кузьменко А. П.; доктор технических наук, профессор, доцент кафедры технологии материалов и транспорта Агеева Е. В.).

Председатель заседания, заведующий кафедрой Фундаментальной химии и химической технологии, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», кандидат химических наук, доцент

Кувардин
Николай
Владимирович

Секретарь заседания, доцент кафедры Фундаментальной химии и химической технологии, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», кандидат химических наук, доцент

Пожидаева
Светлана
Дмитриевна



Кувардин Н.В., Подпись
Специалист по кадрам
Снеганина ИИ
06.09.2024

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

305040, Центральный федеральный округ, Курская обл., г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

[http:// www.swsu.ru](http://www.swsu.ru)

эл. почта: rector@swsu.ru

телефон: +7 (4712) 50-48-00