ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.222.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа
им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»,
ведомственная принадлежность Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14 мая 2025 № 8

О присуждении Мишакову Илье Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Синтез углеродных нановолокон и композитов на их основе на самоорганизующихся никельсодержащих катализаторах из (хлор)углеводородов» по специальности 1.4.14. – «Кинетика и катализ» принята к защите 15 января 2025 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.222.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», ведомственная принадлежность Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 5, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Мишаков Илья Владимирович, 10 июня 1977 года рождения, диссертацию на соискание учёной степени кандидата химических наук «Разработка каталитических методов утилизации хлоруглеводородов и их смесей» по специальности 02.00.15 «Кинетика и катализ» защитил в 2002 году в диссертационном совете, созданном на базе Института катализа СО РАН. В настоящее время работает в должности ведущего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в отделе материаловедения и функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», ведомственная принадлежность Минобрнауки России.

Официальные оппоненты:

1. Ростовщикова Татьяна Николаевна – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник кафедры химической кинетики в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова;

2. Жеребцов Дмитрий Анатольевич – доктор химических наук, старший научный сотрудник кафедры «Материаловедение и физико-химия материалов» в Южно-Уральском государственном университете;

3. Баннов Александр Георгиевич – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химической технологии функциональных материалов в Новосибирском государственном техническом университете дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН (ФИЦ ПХФ и МХ), г. Черноголовка, в своём положительном отзыве, подписанном д.х.н. Бадамшиной Эльмирой Рашатовной и к.х.н. Малковым Георгием Васильевичем, и утверждённом замдиректора по научной работе д.х.н. Золотухиной Екатериной Викторовной, указала, что «диссертация Мишакова Ильи Владимировича <...> является научно-квалификационной работой, в которой решены проблемы развития каталитических способов переработки углеводородов C1-C4, содержащихся в природном и попутном нефтяном газе, с получением ценных химических продуктов и материалов с одновременной разработкой катализаторов и процессов переработки, созданию композиционных материалов с использованием получаемых углеродных нановолокон различных структурных типов и внесли заметный вклад в разработку научных основ катализа и материаловедения. Работа полностью

соответствует критериям, в том числе п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., в текущей редакции, паспорту специальности 1.4.14 «Кинетика и катализ» в пп. 3-6, а её автор заслуживает присвоения учёной степени доктора химических наук по специальности 1.4.14 «Кинетика и катализ» (химические науки)».

Соискатель имеет 259 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 36 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук, опубликовано 32 работы, также опубликовано 2 главы в монографиях и 3 патента. Общий объём публикаций соискателя составляет примерно 53 печатных листа. Авторский вклад в опубликованных работах 70%.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Мишаков И. В., Буянов Р. А., Зайковский В. И., Стрельцов И. А., Ведягин А. А. Каталитическое получение углеродных наноразмерных структур перистой морфологии по механизму карбидного цикла // Кинетика и катализ. – 2008. - Т. 49. - № 6. – С. 916-921.
2. Бауман Ю. И., Мишаков И. В., Ведягин А. А., Дмитриев С. В., Мельгунов М. С., Буянов Р. А. Переработка компонентов хлорорганических отходов на массивных металлических катализаторах // Катализ в промышленности. – 2012. – № 2. – С. 18-24.
3. Mishakov I. V., Bauman Y. I., Korneev D. V., Vedyagin A. A. Metal Dusting as a Route to Produce Active Catalyst for Processing Chlorinated Hydrocarbons into Carbon Nanomaterials // Topics in Catalysis. – 2013. - V. 56. - N 11. – P. 1026-1032.
4. Krasnikova I. V., Mishakov I. V., Vedyagin A. A., Bauman Y. I., Korneev D. V. Surface Modification of Microfibrous Materials with Nanostructured Carbon // Materials Chemistry and Physics. – 2017. – V. 186. – P. 220-227.
5. Mishakov I. V., Vedyagin A. A., Bauman Y. I., Shubin Y. V., Buyanov R. A. Synthesis of Carbon Nanofibers via Catalytic Chemical Vapor Deposition of

Halogenated Hydrocarbons // Глава монографии Carbon Nanofibers: Synthesis, Applications and Performance. – Nova Science Publishers. - 2018.– С. 77-181.– ISBN9781536134339.

6. Mishakov I. V., Vedyagin A. A., Bauman Y. I., Potylitsyna A. R., Kadtsyna A. S., Chesnokov V. V., Nalivaiko A. Y., Gromov A. A., Buyanov R. A. Two Scenarios of Dechlorination of the Chlorinated Hydrocarbons over Nickel-Alumina Catalyst // Catalysts. – 2020. – V. 10. - N 12. – P. 1446:1-17.

7. Mishakov I. V., Korneev D. V., Bauman Y. I., Vedyagin A. A., Nalivaiko A. Yu., Shubin Y. V., Gromov A. A. Interaction of chlorinated hydrocarbons with nichrome alloy: From surface transformations to complete dusting // Surfaces and Interfaces. – 2022. – V. 30. – P. 101914.

8. Мишаков И. В., Бауман Ю. И., Дьячкова С. Г., Потылицына А. Р., Ведягин А. А. Комплексный подход к утилизации хлорорганических соединений на примере отходов производства винилхлорида // Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. – 2023. – Т. 508. – С. 70-78.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Из Иркутского национального исследовательского технического университета от д.х.н., проф. Дьячковой Светланы Георгиевны, содержит следующее замечание:

1) Хотелось бы задать автору вопрос: какие практические перспективы внедрения в промышленность Ваших разработок имеются в настоящее время? А также порекомендовать автору шире рекламировать свои результаты.

2. Из Института неорганической химии СО РАН от д.х.н. Булушевой Любови Геннадьевны, содержит следующие замечания:

1) В качестве одного из основных факторов, влияющих на разложение хлоруглеводородов, указана температура. В автореферате приведена только оптимальная температура разложения дихлорэтана на Ni-Mo катализаторе, обеспечивающая большую скорость роста нановолокон. Какой критерий выбора оптимальной температуры был использован в остальных случаях?

2) Какова причина сегрегации никрома в процессе реакции на частицы никеля и хрома?

3) Каким образом добавка Mo или Pd увеличивает «ёмкость никеля по углероду»? Что подразумевается под «ёмкостью»?

4) Какова причина корневого роста углеродных нановолокон на поверхности макроволокна при использовании метана в качестве источника углерода?

3. Отзыв от д.т.н. Баклановой Ольги Николаевны (пенсионер), содержит следующие замечания:

1) В автореферате приведены сведения об углеродных материалах, а именно, углеродных нановолокнах (УНВ), получаемых из хлорсодержащих углеводородных смесей на Ni катализаторах. Однако в автореферате недостаточно информации о геометрических размерах элементарных частиц синтезируемого углерода, его структурных особенностях, наличия графеновых упорядоченных слоев и аморфизованных областей в структуре, размерах пор и распределения пор по размерам, не показана взаимосвязь между структурными особенностями синтезируемого нового углерода с технологическими показателями полимер-углеродных композитов. Эти результаты представляют интерес и были бы полезны для широкого круга специалистов.

2) В автореферате не найдено информации об экспериментальных результатах оценки присутствия Cl в составе УНВ, получаемых из хлорорганического сырья.

3) Не понятно, насколько количество второго металла в биметаллических частицах NiM влияет на свойства катализаторов в разложении 1,2-ДХЭ, поскольку в тексте приведены и ат. доли (5 ат.% для Ni(Co)Cu), и мас.% (5 и 8 мас.% для Pd и Mo); а в случае Ni-Cr сплава присутствия ~0.5 ат.% Cr было достаточно для промотирующего эффекта. Также важно понимать участие второго металла в четырех-стадийной схеме МКЦ, рассмотренной в работе на примере превращения 1,2-ДХЭ.

4) Проблема снижения индукционного периода является принципиальной в данном исследовании, поэтому следовало более подробно описать процессы

активации, поверхности при ее обработке кислотами и при окислительно-восстановительных обработках, приводящие к ускорению реакции.

5) В табл. 1 (о синтезе укрупнённых образцов УНВ) приведены данные, которые демонстрируют возможность получения УНВ различной структуры в зависимости от состава сырья и условий пиролиза, однако отсутствуют пояснения к данным интересным результатам, насколько они согласуются с описанными выше (третья глава, первый раздел) «закономерностями формирования УНВ различной структуры в зависимости от параметров процесса КП и состава разлагаемого сырья».

4. Из Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова от д.х.н. Голубиной Елены Владимировны, содержит следующие замечания:

1) Из автореферата не совсем ясно, присутствует ли остаточный хлор в каком-либо виде в углеродном композите, синтезированном из хлорорганических соединений. Происходит ли хлорирование металла в этом процессе?

2) Что подразумевается под «ёмкостью никеля по углероду»? В чём проявляется влияние металлов (Cr, Mo, Pd) на эту характеристику и ускорение диффузии углерода?

5. Из Российской академии естественных наук от д.т.н. Кошелева Юрия Ивановича и академика РАЕН Аберяхимова Хариса Максимовича, содержит следующее замечание:

1) На стр. 18 автор указывает, что «что длительный индукционный период (~3 ч) может быть сокращён до 20–40 мин посредством активации поверхности кислотным травлением, либо циклической ОВ-обработкой при 500 °С». Неясно, что представляет собой «циклическая ОВ-обработка» (расшифровка в тексте отсутствует) и какой способ предпочтительнее? Влияет ли выбор способа активации сплава на свойства формирующегося катализатора и углеродного продукта?

6. Из МИРЭА-Российского технологического университета от д.т.н., проф. Пешнёва Бориса Владимировича, содержит следующие замечания:

1) Обосновывая актуальность своей работы, автор указывает на накопление хлорорганических отходов, утилизация (переработка) которых вызывает большие проблемы. В этой связи возникает вопрос – каков состав газов, образующихся при термokatалитическом разложении хлорсодержащих углеводородов? Какова дальнейшая судьба этих газов? Не возникают ли при этом соединения более токсичные, чем исходные?

2) Автор указывает, что образование УНВ из хлоруглеводородов возможно как непосредственно по механизму карбидного цикла, так и через стадию гидродехлорирования. Вопрос – если формирование УНВ протекает по механизму карбидного цикла, вовлекается ли хлор в углеродные наноструктуры? Если «ДА» - в каких количествах и где он локализуется? Влияет ли наличие хлора на взаимодействие УНВ с матрицей композита?

7. Из Института химии Федерального исследовательского центра Коми НЦ УрО РАН от к.х.н. Ситникова Петра Александровича и академика РАН Кучина Александра Васильевича, содержит следующие замечания:

1) На стр. 12 (рис.1) автором утверждается, что давление компонентов C1-C4 в составе газовой фазы влияет на дефектность УНВ и как следствие, площадь их поверхности. Исследовалось ли влияние температуры на закономерности формирования УНВ различной структуры?

2) Стр. 21-22. Чем обусловлен выбор металлов при исследовании их влияния на активность и стабильность сплава с никелем? Как влияет повышение температуры с 600 до 675 °С на скорость роста УНМ для сплава Ni-Mo, что позволило автору отнести этот температурный интервал к оптимальному?

8. Из Сколковского института науки и технологий (Сколтех) от д.т.н., проф. Насибулина Альберта Галийевича, содержит следующие замечания:

1) Рис. 4а. Точка прироста массы в ~ 1600 % обозначена как «полное разрушение сплава». Почему (на основании каких данных) выбрана именно эта точка и что происходит с системой далее? Прекращается ли рост массы?

2) При обсуждении рисунка 14 утверждается, что существенный промотирующий эффект Mo и Pd для активного центра на основе никеля

объясняется ускорением диффузии атомов С и увеличением ёмкости никеля по углероду. Как было доказано ускорение диффузии? Что понимается под термином «ёмкости никеля по углероду»?

9. Из Института нефтехимии и катализа Уфимского федерального исследовательского центра РАН от д.х.н. Травкиной Ольги Сергеевны, содержит следующие замечания:

1) В работе подчеркнута экологическая значимость работы (утилизация хлорорганических отходов), но не хватает конкретных данных о масштабах проблемы в РФ (например, статистики по объёмам отходов).

2) В автореферате недостаточно подробно раскрыты экономические аспекты внедрения предложенных технологий, например, себестоимость получения УНВ по сравнению с аналогами.

3) В списке работ автора отсутствуют DOI для статей, что важно для удобства проверки источников.

10. Из Института химии ДВО РАН от д.х.н. Васильевой Марины Сергеевны, содержит следующие замечания:

1) В автореферате не указано, чем обусловлен выбор металлов (Fe, Cu, Co, Cr, Mo, Pd), используемых для модификации сплавов на основе никеля.

2) На стр. 14 приведено заключение, что «основными факторами, определяющими направление превращения хлоруглеводородов, являются температура, концентрация H_2 в смеси и внутримолекулярное соотношение $\alpha = [H]:[Cl]$ для хлорсодержащего субстрата. Однако в тексте автореферата отсутствует обсуждение влияния температуры на рассматриваемый процесс».

3) Из автореферата не ясно, какова экономическая эффективность использования углеродных нановолокон в качестве модифицирующих добавок для различных функциональных материалов.

4) На стр. 34 автор пишет, что «разработанные композиционные материалы могут найти применение для эксплуатации в экстремальных климатических условиях и при повышенных изнашивающих нагрузках». Однако результаты исследования таких материалов в условиях длительной эксплуатации

(длительных механических нагрузок, знакопеременных температур, водных сред) в автореферате не освещены.

Все отзывы положительные.

Выбор ведущей организации обосновывается её лидирующей позицией в исследованиях в различных областях химии и материаловедения, включая такие разделы как гетерогенный катализ, процессы переработки углеводов, химия высокомолекулярных материалов и создание функциональных полимерных композитов. Выбор в качестве оппонента д.х.н. Ростовщиковой Татьяны Николаевны обосновывается её высокой квалификацией в области исследования химической кинетики и физико-химических свойств и активности гетерогенных катализаторов широкого круга. Выбор в качестве оппонента д.х.н. Жеребцова Дмитрия Анатольевича обосновывается его высокой квалификацией в области физической химии и физических методов исследования наноматериалов, а также методов синтеза и анализа функционализированных углеродных наноматериалов. Выбор в качестве оппонента д.х.н. Баннова Александра Георгиевича обосновывается его высокой квалификацией и опытом в области разработки технологии синтеза катализаторов, углеродных нановолокон и создания функциональных композитов на основе углеродных наноматериалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлена взаимосвязь между режимом газофазного гидродехлорирования и маршрутом каталитического пиролиза и обоснован выбор катализатора и условий процесса каталитического разложения хлорзамещённых углеводов с получением углеродного наноматериала как основного продукта;

впервые описан процесс углеродной эрозии и дезинтеграции массивных сплавов на основе никеля в ходе каталитического пиролиза хлорзамещённых углеводов;

показано, что в результате дезинтеграции массивного сплава Ni-Cr (нихром) при разложении 1,2-дихлорэтана происходит формирование обогащённых никелем активных частиц, катализирующих рост углеродных нановолокон (УНВ). Предложена методика диагностики изменений, происходящих в структуре массивных сплавов в ходе углеродной эрозии;

найденно, что производительность катализаторов на основе сплава Ni-Cr в реакции пиролиза 1,2-дихлорэтана при 600 °С составляет более 500 г/Г_{кат.} Показана возможность применения предложенного катализатора для переработки реальных промышленных отходов хлорорганического синтеза с получением УНВ;

предложена концепция приготовления самоорганизующегося катализатора для переработки алифатических хлорзамещённых углеводородов с получением УНВ. Установлено влияние модифицирующих металлов М в составе модельных сплавов Ni-M (M = Fe, Co, Cu, Cr, Mo, Pd) на активность никеля. Показано, что добавление Mo или Pd к никелю приводит к росту активности и стабильности катализатора;

найденны условия для получения сегментированных углеродных нановолокон с регулируемой вторичной структурой, характеризующихся регулярным чередованием графеновых пакетов разной плотности. Показано, что углеродный наноматериал, образующийся в результате переработки хлоруглеводородов, имеет высокую удельную поверхность (300-400 м²/г), объём пор (до 1 см³/г) и низкую насыпную плотность (20-30 г/л);

показаны перспективы использования углеродных нановолокон в качестве модифицирующей добавки в составе цементного камня (повышение прочности на 30-40 %, ускоренный набор прочности) и смазок (снижение износа, кратное увеличение предельной нагрузки схватывания);

предложен способ модифицирования поверхности макроволокон (МВ) с получением иерархических композитов УНВ/МВ. Впервые разработана методика качественного анализа прочности закрепления слоя УНВ на поверхности МВ различной природы. Показано, что введение композитов

УНВ/МВ в состав полимерных материалов приводит к улучшению их физико-механических и триботехнических характеристик за счёт повышения уровня адгезии на границе «волокно-полимер».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

обоснован выбор режима переработки хлорзамещённых углеводов по маршруту гидродегидрохлорирования с получением углеводов, либо по маршруту каталитического пиролиза с получением углеродных нановолокон;

определены закономерности процесса спонтанной дезинтеграции массивных сплавов никеля под действием углеродной эрозии и определены условия для наиболее эффективного протекания процесса;

предложена концепция приготовления самоорганизующихся катализаторов, формирующихся под действием реакционной среды, содержащей хлоруглеводороды;

установлено влияние природы и концентрации металла М в составе микродисперсных сплавов Ni-M, используемых в качестве предшественников, на каталитическую активность никеля в разложении хлоруглеводородов;

определена роль хлора в формировании вторичной структуры сегментированных углеродных нитей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Результаты могут быть использованы для создания каталитической технологии переработки лёгких углеводов и промышленных отходов хлорорганического синтеза с получением углеродных нановолокон. Продемонстрирован высокий потенциал практического использования углеродных нановолокон и иерархических композитов для улучшения физико-механических и триботехнических свойств композиционных материалов на основе различных полимеров, цементного камня и смазок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены с использованием современного оборудования, имеющего высокий уровень точности измеряемых величин; экспериментальные

данные являются воспроизводимыми; данные различных методов анализа согласуются между собой. Результаты работы прошли экспертизу в рецензируемых научных журналах и неоднократно обсуждались на тематических научных конференциях;

идея проведенного исследования базируется на тщательном анализе литературы: систематизации и обобщении научных данных по катализаторам синтеза углеродных наноматериалов из углеводородов; методам дехлорирования хлорзамещённых углеводородов; созданию композиционных материалов с использованием углеродных нановолокон; для анализа и сравнения полученных результатов корректно использованы и процитированы данные, опубликованные другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит:

в постановке задач и планировании научно-исследовательской работы в области разработки катализаторов пиролиза (хлор)углеводородов;

в участии в разработке методик исследования свойств углеродных наноматериалов и композитов на их основе;

в анализе и обобщении результатов каталитических экспериментов и данных физических методов анализа;

в интерпретации и обсуждении полученных экспериментальных данных;

в подготовке публикаций и представлении результатов диссертационной работы на международных и российских конференциях.

Полученные результаты имеют важное фундаментальное и прикладное значение. Диссертация Мишакова И.В. полностью соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук, изложенным в пункте 9 Положения о присуждении ученых степеней.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы:

от д.х.н. Тихова Сергея Фёдоровича вопрос о составе изученного оксидного катализатора и условиях его приготовления;

от д.х.н., профессора Коренева Сергея Васильевича вопрос о причинах более высокой устойчивости никель-хромовых катализаторов к дезактивации, по сравнению с чистым никелем;

от д.х.н., профессора Талзи Евгения Павловича вопрос о том, известны ли подобные исследования в зарубежной литературе, а также о востребованности получаемых углеродных нановолокон;

от д.х.н. Микенас Татьяны Борисовны вопрос о причинах различий в модифицирующем действии полученных иерархических композитов при их использовании в составе полиэтилена различных производителей; о том, почему используются разные концентрации углеродных нановолокон при введении в состав полиэтилена марок 80 и 100; и о том, какова точность измерения прочности на разрыв;

от д.х.н. Толочко Бориса Петровича вопрос о предельной ёмкости катализатора, сравнении времени работы разработанного катализатора с традиционными; о возможности вторичного использования катализатора; и о погрешности измерения параметра ячейки методом рентгенофазового анализа, на основании которого был сделан вывод о внедрении углерода в состав твёрдого раствора;

от академика Пармона Валентина Николаевича комментарий по поводу кинетической необратимости процесса разложения этана до графита и водорода; вопрос о выборе движущегося слоя катализатора для организации синтеза углеродных нановолокон; об использовании никель-медного катализатора, разработанного для регенерации воздуха в помещениях; о высокопрочном бетоне и перспективах зарубежного сотрудничества в этом направлении; о взаимодействии с промышленными партнёрами по вопросам использования углеродных наноматериалов на практике; о нише использования углеродных нановолокон по отношению к коммерчески доступным одностенным углеродным нанотрубкам;

Соискатель Мишаков И.В. согласился с замечаниями, дал ответы на заданные в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

по поводу вопроса д.х.н. Тихова С.Ф. пояснил, что за основу был взят известный никель-медный катализатор, получаемый методом механохимической активации оксидов никеля и меди, а также оксида алюминия, играющего роль структурной добавки. Условия приготовления оксидного катализатора были отработаны ранее в лаборатории дегидрирования Института катализа;

по поводу вопроса д.х.н., проф. Коренева С.В. пояснил, что возможной причиной стабилизации катализатора является остаточное содержание хрома в его составе (порядка 0.5 ат.%), а также возможный факт его выхода из состава никрома. Детальный механизм стабилизирующего действия хрома требует дальнейшего изучения;

по поводу вопроса д.х.н., проф. Талзи Е.П. пояснил, что в литературе известны работы по использованию массивных сплавов для получения углеродных наноматериалов и композитов, однако применение таких систем для переработки хлоруглеводородов было проведено нами впервые. Углеродные нановолокна широко востребованы в различных областях, включая катализ, адсорбционную очистку и создание композиционных материалов с улучшенными свойствами;

по поводу вопроса д.х.н. Микенас Т.Б. пояснил, что наблюдаемые отличия в модифицирующем действии углерод-углеродных композитов при модифицировании полиэтилена различных производителей могут объясняться различиями в типе и концентрации добавок (сажа и т.д.), используемых при изготовлении полиэтилена. При этом в состав полиэтилена марки 80 вводили предсинтезированный композит ПЭ@УНВ (содержание УНВ в полученных полимерах не превышало 0.1 масс.%), тогда как модифицирование полиэтилена марки 100 осуществляли путём добавления 10 масс.% иерархического композита УНВ/МВ, полученного из углеродных макроволокон (МВ). Точность измерения прочности при пределе текучести составляла $\pm 5\%$;

по поводу вопроса д.х.н. Толочко Б.П. пояснил, что катализатор переработки хлорзамещённых углеводородов с получением углеродных

нановолокон может работать 20 часов и более до момента дезактивации, при этом катализатор остаётся в составе углеродного продукта и повторно не используется. Что касается значений параметра кристаллической ячейки (a), то они были определены из рефлексов в области дальних углов 2Θ с точностью не менее $0.002\text{\AA}$, что позволило сделать вывод о внедрении атомов углерода в кристаллическую решётку сплава;

согласился с комментарием академика Пармона В.Н. по поводу процесса разложения этана и подчеркнул, что в разложении хлоруглеводородов никель-медные катализаторы уступают разработанным никель-хромовым системам. По поводу возможного выбора технологии синтеза углеродных нановолокон с движущимся слоем катализатора пояснил, что в данном случае ожидается сильная агломерация нитей, что потребует дополнительных затрат энергии на разрушение агломератов при дальнейшем использовании материалов в составе композитов. Сообщил об успешном опыте инновационных компаний за рубежом в создании строительных материалов. Перечислил промышленных партнёров, с которыми ведётся активное взаимодействие по вопросам применения углеродных нановолокон на практике (ООО «Газпромнефть – Промышленные инновации», ПАО «Татнефть» и др.). Обозначил место углеродных нановолокон в ряду углеродных наноматериалов, используемых в составе композитов.

На заседании 14 мая 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Мишакову Илье Владимировичу ученую степень доктора химических наук за разработку самоорганизующейся каталитической системы на основе никеля для переработки хлорзамещённых углеводородов и отходов на их основе с получением углеродных нановолокон (УНВ), а также разработку способа синтеза иерархических композитов на основе УНВ для улучшения физико-механических свойств полимерных композиционных материалов. Диссертация Мишакова И.В. полностью соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук, изложенным в пункте 9 Положения о присуждении ученых степеней.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета,
академик

Валентин Николаевич Пармон

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета,
д.х.н.

Ольга Юрьевна Подъячева

14.05.2025