

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.161.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А. Н. НЕСМЕЯНОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 января 2024 г. № 3

О присуждении Миняйло Екатерине Олеговне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез и исследование бор-замещенных карборанкарбосилановых и карборанкарбосилансилоксановых дендримеров различных генераций» по специальностям 1.4.7. Высокомолекулярные соединения и 1.4.8. Химия элементоорганических соединений **принята к защите** 30 октября 2023 г. (протокол № 7) диссертационным советом 24.1.161.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук, 119334, Москва, ул. Вавилова д. 28 стр. 1, Приказ о создании совета №105/НК от 11.04.2012 г.

Миняйло Екатерина Олеговна, 20 декабря 1995 года рождения, окончила в 2019 г. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», получив квалификацию «Магистр».

В период подготовки и выполнения работы Миняйло Е.О. обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова с 2019 по 2023 год, в настоящее время работает в лаборатории Кремнийорганических соединений в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа «Синтез и исследование бор-замещенных карборанкарбосилановых и карборанкарбосилансилоксановых дендримеров

различных генераций» выполнена Миняйло Екатериной Олеговной в лаборатории кремнийорганических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН (ИНЭОС РАН).

Научные руководители:

кандидат химических наук, заведующий лабораторией кремнийорганических соединений **Анисимов Антон Александрович;**

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории тонкого органического синтеза ИНЭОС РАН **Ольшевская Валентина Антоновна.**

Официальные оппоненты:

Борщев Олег Валентинович – доктор химических наук, заведующий лабораторией функциональных материалов для органической электроники и фотоники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН.

Зайцев Кирилл Владимирович - доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологически активных органических соединений Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном первым проректором, доктором химических наук, профессором Прокоповым Н.И., (заключение составлено Зубовым В.П., доктором химических наук, профессором кафедры Химии и технологии высокомолекулярных соединений им. С.С. Медведева и Кирилиным А.Д., доктором химических наук, профессором, заведующим кафедрой Химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова) указала, что диссертационная работа Миняйло Е.О. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу и имеет

существенное значение для химии высокомолекулярных соединений и химии элементоорганических соединений, а **научная новизна, практическая и теоретическая значимость** работы не вызывает сомнений, так как автором получен ряд новых результатов, имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение.

Актуальность работы обусловлена тем, что на данном этапе развития химии дендримеров все большее значение приобретает изучение проблем упаковки и зависимости свойств дендримеров от номера генерации и строения внешнего слоя, что позволяет говорить об установлении фундаментальной зависимости «структура – свойство» и создании материалов с четко заданными ценными свойствами. С этой точки зрения интересными соединениями для создания новых гибридных структур представляются карбосилановые дендримеры. Они обладают рядом ценных свойств, таких как низкие значения температур стеклования, хорошая растворимость в большинстве органических растворителей, удобная синтетическая схема получения и разнообразие возможных функциональных групп на внешней оболочке. Все это в комплексе с химической инертностью карбосиланового ядра делает их идеальными кандидатами на роль модельных объектов для изучения взаимосвязи «структура – свойства».

По актуальности, новизне экспериментального материала и достоверности выводов представленная работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, установленным в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года в действующей редакции, а ее автор, Миняйло Екатерина Олеговна, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.7. Высокомолекулярные соединения и 1.4.8. Химия элементоорганических соединений.

Результаты работы Миняйло Е.О., содержащие данные исследования влияния природы и структуры внешней оболочки на физико-химические свойства и особенности межмолекулярного взаимодействия карбосилановых дендримеров, рекомендованы к ознакомлению и использованию следующим научным и научно-образовательным учреждениям: Химический факультет ФГБОУ ВО «Московский

государственный университет имени М.В. Ломоносова», ФГБУН Институт высокомолекулярных соединений РАН, ФГБУН Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, ФГБУН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, ФГБУН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» и др.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ и 1 патент РФ, в том числе по теме диссертации 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 статей.

Работы по теме диссертации включают 5 статей в журналах первого (3 статьи), второго (1 статья) и третьего квартиля (1 статья). Диссертационное исследование представлено в 6 тезисах докладов на конференциях. Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Основные работы:

- 1) **Minyaylo E.O.** Synthesis of new carboranyl organosilicon derivatives – precursors for the preparation of hybrid organo-inorganic materials / E. O. Minyaylo, A. A. Anisimov, A. V. Zaitsev [et al.] // Journal of Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 928. – P. 121547.
- 2) **Minyaylo E.O.** Boron-substituted carborane-carbosilane dendrimers: Synthesis and properties / E. O. Minyaylo, A. A. Anisimov, A. V. Zaitsev [et al.] // Reactive and Functional Polymers. – 2020. – Vol. 157. – P. 104746.
- 3) **Minyaylo E.O.** Synthesis of mono- and polyfunctional organosilicon derivatives of polyhedral carboranes for the preparation of hybrid polymer materials / E. O. Minyaylo, A. I. Kudryavtseva, V. Y. Zubova [et al.] // New Journal of Chemistry. – 2022. – Vol. 46. – P. 11143-11148.
- 4) **Minyaylo E.O.** The CH-functionalization of B-substituted organosilicon derivatives of polyhedral carboranes as a way to obtain new materials / E. O. Minyaylo, A. V. Zaitsev, V. A. Ol'shevskaya [et al.] // Mendeleev Communications. – 2023. – Vol. 33. – № 1. – P. 47-49.

5) **Minyaylo E.O.** Studies on the effect of polyhedral carboranes on the physicochemical properties of polycarboranosiloxanes / E. O. Minyaylo, V. Y. Zubova, A. V. Zaitsev [et al.] // Polymer Chemistry. – 2023. – Vol. 14. – P. 1514-1525.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

- 1) от Рускол И.Ю., к.х.н., старшего научного сотрудника лаборатории композиционных кремнийорганических материалов и особо чистых компаундов АО «Государственный научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений» (ГНИИХТЭОС). Отзыв содержит замечание: «Некорректно записаны формулы полисилоксанов на рисунке 16. При такой записи совершенно непонятно, почему поликарборансилоксаны, состоящие из 16, 29, 55 и 107 силоксановых звеньев, имеют практически одинаковые молекулярные массы (таблица 8). Неубедительна интерпретация зависимости энергии активации вязкого течения карборанкарбосилансилоксановых дендримеров от молекулярной массы (стр. 17-18 таблица 7): если энергия активации определяется содержанием карборанов, то почему при уменьшении содержания карборанов на 7% мас. она увеличивается, а при последующем снижении содержания карборанов всего на 1,5% мас. энергия активации вязкого течения уменьшается вдвое».
- 2) от Солдатова М.А., к.х.н., доцента кафедры химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий ФГБОУ ВО Российский Химико-Технологический Университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д. И. Менделеева). Отзыв содержит замечания: «На стр. 3 автореферата в абзаце о степени разработанности темы исследования в самом начале абзаца говорится, что «В литературе описан ряд примеров синтеза углерод-замещенных карборанкарбосилановых дендримеров...», однако уже в конце абзаца сказано, что «...о карборанкарбосилановых дендримерах упоминаний не встречается». Данные утверждения находятся в прямом противоречии друг с другом. Кроме того, в этом же абзаце присутствует фраза «описаны бор-замещенные кремнийорганические производные карборанов», что также звучит некорректно, поскольку карбораны уже являются бор-содержащими соединениями и приписывать к ним эпитет бор-замещённые не имеет смысла. На

рис. 8, кривой 1 автор утверждает, что в районе 115 °С присутствует экзотермический пик. Однако на рисунке этот пик практически неразличим и вполне может соответствовать «артефакту» при измерении. В таблице 9 при проведении ТГА в аргоне видно явное увеличение термостойкости с увеличением содержания карборановых фрагментов. Однако на воздухе нет какой-то явной зависимости. Автору следовало бы объяснить данный феномен».

3) от Городова В.В., к.х.н., научного сотрудника, заведующего центром коллективного пользования «Центр исследования полимеров» ФГБУН Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН. Отзыв содержит замечания: «На стр. 8 во фразе «...масс-спектрометрией и элементного анализа» должно быть «...масс-спектрометрией и элементным анализом». На страницах 10 и 12 автор представляет кривые гель-проникающей хроматографии, но использует термин «время истечения» хотя общепринятым является термин «время удерживания», на странице 23 и далее автор использует «массовые %» для указания содержания карборановых фрагментов, хотя наглядней было бы приведение «мольных %».

4) от Вихровой С.В., начальника отдела метрологического обеспечения физико-химических измерений ФГБУ «ВНИИМС». Отзыв содержит замечания: «Следует уточнить, на периферии чего синергия свойств позволит получить соединения (стр. 3), а также в первом предложении абзаца «Степень разработанности темы исследования» добавить, что не превышает вторую генерацию. Следует уточнить, в качестве каких стандартов можно использовать структуру синтезированных дендримеров (стр.4). Раздел «Потенциальное применение» более правильно было бы назвать «Предполагаемое применение». В самом разделе следовало бы уточнить, где могут применяться модельные молекулярные наполнители для карборансилоксановых композиционных материалов и в каких областях науки, техники или промышленности найдут применение данные исследования. Также в тексте автореферата имеется ряд опечаток».

5) от Бредова Н.С., к.х.н., доцента кафедры химической технологии пластических масс ФГБОУ ВО Российский Химико-Технологический Университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д. И. Менделеева). Отзыв не

содержит замечаний. В качестве пожелания указано, что что в тексте автореферата можно было бы привести краткое описание процесса синтеза исходных карбосилановых дендримеров, которые модифицировали по реакции гидротииолирования (стр. 10), либо представить структуры карбосиланового ядра дендримеров в более явном виде.

б) от Алентьева Д.А., к.х.н., и.о. старшего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических и углеводородных циклических соединений ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза имени А.Б. Топчиева РАН. Отзыв содержит замечания: «Было бы интересно сравнить молекулярно-массовые характеристики дендримеров, полученных в работе, с исходными дендримерами, не содержащими карборановые фрагменты. Отсутствие в тексте автореферата структуры дендримеров (G_n на рисунках 3, 5) несколько затрудняет понимание работы. Судя по кривым ДСК (рисунок 8), синтезированные дендримеры содержат кристаллическую фазу. Возможно ли оценить её количество (степень кристалличности)?»

В отзывах на автореферат отмечается, что тема диссертационной работы является актуальной и направлена на получение новых карбосилановых дендримеров с карборансодержащими структурными фрагментами и изучение их физико-химических свойств. Диссертационная работа Миняйло Е.О. обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.х.н. Борщев О.В. – специалист по синтезу и исследованию новых элементоорганических полимеров, а также дендримеров; д.х.н. Зайцев К.В. – специалист в области синтеза и исследования органических и элементоорганических комплексов элементов 14-ой группы (Si, Ge, Sn, Pb).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» – один из ведущих многопрофильных химико-технологических высших учебных заведений, в котором проводятся исследования как в области химии высокомолекулярных соединений, так и элементоорганического синтеза.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены важные результаты, обладающие **научной новизной**:

впервые синтезированы новые индивидуальные кремнийорганические производные бор-замещенных полиэдрических карборанов с различной функциональностью и два ряда бор-замещенных карборанкарбосилановых и карборанкарбосилансилоксановых дендримеров различных генераций, отличающихся типом внешней карборанильной оболочки;

показано, что, варьируя структуру внешней оболочки и генерацию дендримеров, можно регулировать их термические и реологические свойства.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

установлена взаимосвязь «структура-свойство» между генерацией дендримеров, строением карборанильной оболочки, ее плотностью и физико-химическими свойствами полученных карборанкарбосилановых и карборанкарбосилансилоксановых дендримеров;

расширена библиотека индивидуальных бор-замещенных кремнийорганических производных полиэдрических карборанов, в том числе впервые показана возможность получения кремнийорганических карборанильных производных 9-меркаптом-*m*-карборана по реакции гидротииолирования кремнийорганических соединений, содержащих двойные связи.

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что все полученные соединения как индивидуальные, так и дендримерной и полимерной структуры, благодаря своему строению и свойствам, обладают потенциалом практического применения. Продемонстрированы первые примеры получения молекулярно-наполненных карборансилоксановых систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты получены с помощью надёжных экспериментальных методов, использован широкий спектр современных физико-химических методов исследования – ИК-спектроскопия, ЯМР-спектроскопия (на ядрах ^1H , ^{13}C , ^{11}B , ^{29}Si), масс-спектрометрия и гель-проникающая хроматография. Термические свойства полимеров исследованы методами термогравиметрического анализа (ТГА), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Гидродинамические

параметры соединений определены методами вискозиметрии в растворе и динамического рассеяния света. Реологические свойства полимеров определены методом реометрии в блоке.

Личный вклад соискателя является основным на всех этапах диссертационного исследования и состоит в поиске и анализе научной литературы, обсуждении задач исследования, планировании и выполнении экспериментов, очистке и анализе полученных соединений, структурировании и обобщении полученных результатов физико-химических исследований, формулировке выводов, а также в написании научных публикаций и представлении докладов по теме диссертации на научных конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) Есть ли дендримеры с концевыми не карборановыми, а другими гидрофобными группами, например, ферроценом, адамантилом? Сравнивали ли Вы свойства Ваших дендримеров со свойствами таких соединений?
- 2) Можно ли использовать *орто*-карборан?
- 3) При побочном процессе, т.е. изомеризации аллильного фрагмента, насколько много получается этого продукта? Пробовали ли Вы избежать его образования?
- 4) Какие преимущества молекулярных композитов Вы ожидаете?
- 5) Какие стандарты были использованы для гель-проникающей хроматографии? Полистирол – молекула достаточно нейтральная, карборан более заряженная молекула и ее время выхода может отличаться за счет дополнительных связей с силикагелем. Проводились ли измерения с привлечением других методов?
- 6) Что в Вашем случае является продуктами окисления? Не может ли окисляться двухвалентная сера?
- 7) В работе не приводятся данные ГПХ анализа реакционных смесей получения дендримеров, очистку которых проводили на препаративном

- хроматографе. От каких побочных продуктов реакций очищали дендримеры данным методом?
- 8) Есть ли предположение почему температура начала разложения в аргоне для карборанкарбосилансилоксановых дендримеров значительно выше, чем для карборанкарбосилановых?
 - 9) Не ясно, каким конкретно образом (интермедиаты, путь реакции, ускоряющее действие карборанильной группы) протекает миграция двойной связи из терминального во внутреннее положение как побочный процесс при действии катализатора Карстеда на аллильное карборанильное производное 8?
 - 10) Почему карборанкарбосилановый дендример, полученный из тетрааллилсилана считается дендримером нулевой генерации G_0 -4 cages, а карборанкарбосилансилоксановый дендример из того же прекурсора становится дендримером первой генерации $G_1(\text{OSi}(\text{Me})_2$ -4 cages и т.д.?
 - 11) Судя по кривым ДСК, синтезированные дендримеры содержат кристаллическую фазу. Возможно ли оценить её количество (степень кристалличности)?
 - 12) Не совсем понятно значение термина «молекулярный наполнитель», использованного в разделе *«Перспективы практического применения карборанкарбосилановых дендримеров»*.
 - 13) Какие особенности протекания реакции гидротииолирования были выявлены на примере получения модельных кремнийорганических производных полиэдрических карборанов?

Соискатель Миняйло Е.О. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1) В литературе описано много примеров дендримеров с различными оболочками, в том числе с ферроценовыми, кобальтоценовыми, в структуре ядра также присутствуют карбосилановые фрагменты, но такого плана дендримеры как правило нацелены на использование в катализе, наши дендримеры с этой точки зрения мы не рассматривали, поэтому сравнительный анализ свойств не проводили. В целом свойства карборан-содержащих дендримеров можно

сравнить с дендримерами с объемными фенилированными фрагментами на периферии.

2) Химические свойства *орто*- и *мета*-карборанов очень похожи между собой, но с термодинамической точки зрения более устойчивым является *мета*-карборан, поэтому именно он был использован в этом исследовании.

3) Нами были проведены некоторые исследования протекания побочного процесса миграции. Во-первых, он интенсифицируется с увеличением температуры, значит, его можно избежать, проводя синтез при комнатной температуре. Это наблюдается только в присутствии избытка катализатора Карстеда. Соответственно, при стехиометрических соотношениях побочный процесс не протекает. Количественно мы не оценивали сколько образуется побочного продукта.

4) В первую очередь наличие карборанов в структуре композитов будет вносить вклад в их термическую и радиационную стабильность. За счет природы взаимодействия карборанов наполнителя и матрицы достигается определенный уровень реологических и механических характеристик.

5) Мы применяли полистирольные стандарты. В данной работе мы использовали нейтральные 12-ти вершинные карбораны, у них нет заряда. Молекулярно-массовые характеристики были исследованы с привлечением метода светорассеяния, но метод гель-проникающей хроматографии в первую очередь был использован для оценки эффективности очистки дендримеров.

6) Происходит образование В-ОН связи за счет присоединения атомов кислорода. Анализ коксового остатка не проводился, поэтому нельзя сказать точно, вносит ли сера вклад в процесс окисления данных систем или нет. Подобное явление с окислением карборанов наблюдалось для других объектов – полиэдрических карборансодержащих силсесквиоксанов. Было показано, что при проведении ТГА на воздухе происходит значительное увеличение массы, при этом серы в структуре данных соединений нет.

7) Дендримеры, особенно высоких генераций, являются многофункциональными системами, для которых имеет место протекание такого побочного процесса, как димеризация, особенно в радикальных процессах, таких как гидротиирование. Соответственно, методом препаративной хроматографии

мы очищали в первую очередь именно от образовавшегося в процессе высокомолекулярного продукта и от избытка карборановго модификатора.

8) Вероятно, это обусловлено присутствием в структуре карборанкарбосилановых дендримеров гетероатома – серы. В литературе есть пример, описывающий подобное явление. В данной работе описан синтез и физико-химические свойства полидиметилсилоксановых сополимеров, полученных по реакциям гидросилилирования (сополимеры А-С) и гидротииолирования (D-F). Из полученных в работе данных видно, что как термическая, так и термоокислительная стабильность сополимеров D-F заметно ниже, чем сополимеров А-С при сопоставимой длине ПДМС фрагментов основной макромолекулярной цепи. На основании совокупности полученных данных авторами было высказано предположение, что введение в структуру элементарного звена полимеров D – F атомов серы в значительной степени понижает совместимость компонентов сополимеров, что также является причиной существенно более низкой термической и термоокислительной стабильности полимеров D – F по сравнению с полимерами А – С.

9) В данном случае в соответствии с механизмом реакции гидросилилирования, на первой стадии происходит окислительное присоединение силана к металлическому центру, следующая стадия – координация олефинового фрагмента на металле. Вероятно, именно эта стадия является ключевой для протекания побочного процесса миграции. Полиэдрические карбораны являются электроно-дефицитными молекулами, поэтому присоединение гидрида происходит к терминальному атому углерода. Из литературных данных известно, что в случае гидросилилирования аллильных производных ароматических соединений, миграция двойной связи в интернальное положение является термодинамически выгодным процессом, за счет образования устойчивой сопряженной системы. Полиэдрические карбораны также являются ароматическими соединениями, поэтому можно предположить, что в этом случае также происходит депротонирование углерода в α положении относительно полиэдра с восстановлением гидридсиланового комплекса платины и образованием пропенил-карборана.

10) В процессе реакции гидротииолирования тетрааллилсилана меркаптокарбораном просто происходит присоединение карборанильных фрагментов. В случае же гидросилилирования тетрааллилсилана карборан-дисилоксаном в процессе реакции происходит увеличение на одну генерацию за счет атомов кремния в модификаторе, но при этом не меняется число ветвлений. Именно за счет это и удается получать дендримеры с разреженной оболочкой соответствующих генерациям дендримеров с плотной.

11) Присутствие кристаллической фазы методом ДСК было обнаружено только в модельном дендримере нулевой генерации. Дендримеры первой, третьей и пятой генераций аморфны. Степень кристалличности, вероятно, можно будет определить методом рентгенофазового анализа. Стоит отметить, что на данный момент уже разработаны методики, такие как отжиг в парах растворителя, позволяющие достигнуть упорядочения даже для дендримеров высоких генераций. Подобные эксперименты уже начали проводить для карборанкарбосиланового дендримера пятой генерации, однако данное исследование еще не закончено, поэтому результаты не вошли в диссертационную работу.

12) Термин «молекулярный наполнитель» подразумевает, что это соединение со строго определенной химической структурой, которая позволяет регулировать сродство «матрица-наполнитель». Варьируя структуру молекулярного наполнителя, можно тонко настраивать свойства целевых композитов – термические, реологические, механические. В промышленности в качестве наполнителей для ПДМС-композиций чаще всего используются диоксиды кремния, циркония, титана. Однако для таких композитов вопрос правильного диспергирования материалов стоит крайне остро, так как минеральные нано- и микрочастицы склонны к образованию крупных агрегатов, приводящих к неоднородному распределению наполнителя и, соответственно, к низким, и непредсказуемым физико-механическим свойствам целевых материалов. Ценным же свойством молекулярных композитов, и молекулярных наполнителей в частности, является то, что все компоненты системы растворимы, что позволяет формировать композит в гомогенной системе и, таким образом, избегать агрегации наполнителя, получая материалы со строго определенными

физико-механическими свойствами.

13) Было установлено, что реакция гидратиолирования кремнийорганических соединений, содержащих двойные связи, 9-меркапто-м-карбораном протекает региоселективно против правила Марковникова.

На заседании 25 января 2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по синтезу и исследованию физико-химических свойств новых бор-замещенных карборанкарбосилановых и карборанкарбосилансилоксановых дендримеров различных генераций, отличающихся типом спейсера между карборсилановой и карборановой составляющими, присудить Миняйло Екатерине Олеговне ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 14 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения и 3 доктора наук, приглашенных на разовую защиту, по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного
совета 24.1.161.02, д.х.н., академик



Музафаров Азиз Мансурович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.161.02, к.х.н.

Беломойна Наталия Михайловна

25. 01. 2024 г.