

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.116.01 (Д 002.085.01) НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОПОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «11» сентября 2025 г. № 10

О присуждении Ардабьевской Софье Николаевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез и свойства гибридных дендримеров на основе карбосиланового ядра и полифениленовой оболочки» по специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения» принята к защите 19 июня 2025 года, протокол № 9, диссертационным советом 24.1.116.01 (Д 002.085.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук (ИСПМ РАН), 117393 г., Москва, ул. Профсоюзная, 70, (приказ Минобрнауки №75/нк от 15 февраля 2013 года).

Ардабьевская Софья Николаевна, 1997 года рождения, в 2018 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, с квалификацией «бакалавр», в 2020 г. окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, с квалификацией «магистр». С 2020 г. по 2024 г. проходила обучение в аспирантуре ИСПМ РАН. Кандидатский минимум был сдан в 2021-2023 годах. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории молекулярного конструирования полимерных наноматериалов отдела синтетических полимеров и полимерных наноматериалов ИСПМ РАН.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории синтеза элементоорганических полимеров Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук (ИСПМ РАН), была рекомендована к защите на заседании Ученого совета ИСПМ РАН 11 июля 2024 г., протокол № 5.

Научный руководитель – Миленин Сергей Александрович, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярного конструирования полимерных наноматериалов Отдела синтетических полимеров и полимерных наноматериалов ФГБУН ИСПМ РАН, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Борисов Илья Леонидович

доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории полимерных мембран Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), г. Москва;

Шурпик Дмитрий Николаевич

кандидат химических наук, доцент кафедры органической и медицинской химии Химического института им. А.М. Бутлерова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева), в своем положительном отзыве, составленном д.х.н., доцентом, и.о. заведующего Кафедрой химической технологии пластических масс, Биличенко Юлией Викторовной, и утвержденном и.о. ректора ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», д.х.н., профессором Румянцевым Евгением Владимировичем, отмечает перспективность диссертационной работы Ардабьевской С.Н., посвященной

синтезу и исследованию свойств гибридных дендримеров, состоящих из гибкого карбосиланового ядра и жесткой полифениленовой оболочки. **Актуальность** данного исследования не вызывает сомнений и определена необходимостью создания принципиально новых материалов с контролируемой самоорганизацией и прогнозируемыми свойствами.

Научная новизна диссертационной работы Ардабьевской С.Н. заключается в том, что впервые была показана возможность упорядочения дендримеров с гибким карбосилановым ядром и жесткой полифениленовой оболочкой. Установлено, что варьирование длины спейсера между мягким ядром и жесткой оболочкой позволяет управлять термическими свойствами и типом упорядочения. Впервые синтезирован 1-(11-азидоундецил)-1,1,3,3-тетраметилдисилоксан – бифункциональная молекула с гидридной и азидной функциональными группами, на основе которой впервые в одну стадию были получены три генерации карбосиланового дендримера с азидной оболочкой. Разработаны оптимальные синтетические подходы на основе Cu(I)-катализируемого азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC) для получения гибридных дендримеров двух типов: с карбосилановым ядром первой, второй генерации и карбосилансилоксановым ядром первой - третьей генерации.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении закономерностей взаимосвязи структура-свойства в молекулах с принципиально различной жесткостью дендримерных блоков. Разработанные синтетические схемы с использованием реакций CuAAC (азид-алкинового циклоприсоединения) представляют универсальный подход к созданию функциональных дендримеров сложной архитектуры. **Практическая значимость** заключается в том, что разработка простого, дешевого и эффективного метода синтеза функциональных дендримеров открывает путь к получению доступных катализаторов, наноконтейнеров и других практически значимых материалов. Показана потенциальная возможность применения карбосилановых дендримеров с функциональными фрагментами в оболочке в качестве стабилизаторов наночастиц металлов, что является необходимым

условием для создания молекулярных катализаторов. Помимо этого, разработанные синтетические подходы могут быть использованы для создания широкого спектра функциональных дендримерных материалов с заданными свойствами.

В диссертации Ардабьевской С.Н. рассматриваются синтетические подходы к синтезу гибридных дендримеров, термические свойства и фазовое поведение полученных гибридных дендримеров. Разработан эффективный подход к синтезу гибридных дендримеров, сочетающих гибкое карбосплановое ядро и жесткую полифениленовую оболочку. На основе метода азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC) получены дендримеры 1–3-й генерации с азидными терминальными группами, которые затем использованы для сборки гибридных структур с ароматическими фрагментами.

Исследовано влияние длины спейсера между ядром и оболочкой на фазовое поведение и кристаллизацию дендримеров. Показано, что короткие спейсеры способствуют образованию гексагональной упаковки, тогда как длинные приводят к моноклинной решетке. Термический анализ подтвердил высокую стабильность синтезированных соединений.

Продемонстрированы перспективы применения полученных дендримеров, включая стабилизацию наночастиц серебра и создание функциональных материалов для катализа и биомедицины. Результаты работы открывают новые возможности для дизайна сложных гибридных систем с заданными свойствами.

Диссертационная работа Ардабьевской С.Н. представляет собой целостное, достаточное по объему и экспертизам законченное систематическое исследование.

К диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Для подтверждения структуры синтезированных дендримеров, помимо методов ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{29}Si спектроскопии и ГПХ, следовало использовать и другие современные методы исследования.

2. В работе отсутствуют данные о влиянии силоксанового спейсера на основные физико-химические параметры полученных соединений.

3. В диссертации недостаточно четко прослеживаются преимущества разработанных систем по сравнению с ранее синтезированными аналогами.

4. Из представленных материалов диссертации неясно:

- Можно ли распространить рассмотренный подход на стабилизацию наночастиц других металлов (Au, Pt, Pd)?
- Как размер полученных наночастиц влияет на их каталитические и антимикробные свойства?

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа Ардабьевской С.Н. «Синтез и свойства гибридных дендримеров на основе карбосиланового ядра и полифениленовой оболочки» по своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости полностью отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Ардабьевская Софья Николаевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва.

1. Отзыв к.х.н., научного сотрудника лаборатории кремнийорганических и углеводородных циклических соединений № 10 ФГБУН Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), Карпова Глеба Олеговича, положительный. Содержит следующие замечания:

- 1) Стр. 7. При попытках использовать схему синтеза дендримеров с азидными группами, которая успешно применялась для карбосиланов 1-й и 2-й генерации, к получению дендримеров более высоких генераций автор указывает о затруднениях, связанных с образованием высокомолекулярных продуктов. Однако не указано, с чем связаны такие различия в структуре

продуктов реакции. Возможно ли оптимизировать условия данной реакции таким образом, чтобы предотвратить образование высокомолекулярных продуктов?

- 2) Стр. 22. Автор показывает возможность использования дендримеров с хелатирующими группами для стабилизации наночастиц серебра. Дендримеры, модифицированные диметиламином, значительно эффективнее стабилизируют мелкодисперсные частицы по сравнению с дендримерами, содержащими пиридин-2-иловые фрагменты. С чем это связано? И влияет ли генерация дендримера на способность к стабилизации наночастиц?

2. Отзыв к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории Молекулярной физики полимеров филиала «Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Института высокомолекулярных соединений, Кирилэ Татьяны Юрьевны, положительный, содержит следующее замечание:

- 1) Во введении указано, что оба типа дендримеров имеют хорошую растворимость, однако в тексте отсутствуют молекулярные массы полученных систем и их гидродинамические характеристики.

3. Отзыв к.х.н., младшего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических соединений ФГБУН Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН), Миняйло Екатерины Олеговны, положительный. Содержит следующие вопросы:

- 1) Позволяет ли переход от нуклеофильного замещения атома хлора в хлорпропильном фрагменте на азидопропильную группу на внешней оболочке к введению азидного фрагмента в структуру дендримера по реакции гидросилилирования получать дендримеры выше третьей генерации?
- 2) Чем обусловлена более низкая термоокислительная стабильность дендримеров $G_1Si_{21}Ar_{53}$ (соединение 20) и $G_2Si_{45}Ar_{112}$ (соединение 21) с

длинным спейсером по сравнению с дендримерами $G_1Si_{13}Ar_{56}$ (соединение 18) и $G_2Si_{29}Ar_{112}$ (соединение 19)?

- 3) Возможно ли использование в качестве стабилизаторов наночастиц металлов дендримеров, содержащих в своей структуре только триазольные фрагменты без дополнительных хелатирующих фрагментов (в частности, синтезированные в работе соединения с полифениленовой оболочкой)?

Публикации по теме диссертации:

1. Ardabevskaia, S. N. From Dendrimers to Megamers: The State-of-the-Art. / S. N. Ardabevskaia, S. A. Milenin. // INEOS OPEN. – 2021. – Vol. 4 (5). – P. 176–188.
2. Controllable Synthesis of Hybrid Dendrimers Composed of a Carbosilane Core and an Aromatic Shell: Does Size Matter? / Ardabevskaia, S. N., Chamkina, E. S., Krasnova [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23. – №24. – P. 15461.
3. Optimized synthesis of functional organosilicon monomers and polymers exploiting new types of CuAAC recoverable heterogeneous catalysts. / Bezlepina, K.A., Belikova, I.I., Aristova, V.A., Klokova, K.S., Ardabevskaia, S.N., Pereyaslavtsev, A.Y., Migulin, D.A., Milenin, S.A.// Reaction Chemistry & Engineering. – 2024. – V. 9. – P. 448-460.
4. Ardabevskaia, S. N. Synthesis of Carbosilane Dendrimers with an Amine-Containing Shell Using CuAAC. / S. N. Ardabevskaia, S. A. Milenin // INEOS OPEN, — 2024, — Vol.7. — №1–3, — p. 3–4.
5. Methods for rapid and efficient synthesis of dendrimers, a new impetus for the development of dendrimer materials science / K. S. Klokova, S. N. Ardabevskaia, E. Y. Katarzhnova [et al.] // Russian Chemical Bulletin. — 2024. — Vol. 73, no. 8. — P. 2151–2176.
6. Hybrid carbosilane-phenylene dendrimers: how does the long flexible spacer affect the molecular packing? / S. N. Ardabevskaia, E. S. Chamkina, I.Y. Krasnova [et al.] // Journal of Applied Polymer Science — 2025. — p.e57082.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью ученых-экспертов, и наличием у них научных публикаций в области синтеза, модификации, исследования свойств и применения полимерных материалов, в том числе полисилоксанов, а также в области супрамолекулярной химии.

Диссертационная работа Ардабьевской Софьи Николаевны посвящена разработке синтетического подхода для создания гибридных структур на основе карбосилановых дендримеров и полифениленовой оболочки, исследованию полученных структур и их свойств, а также оценке перспектив практического применения разработанного подхода. Главным результатом работы являются полученные автором карбосилановые дендримеры с азидной оболочкой первой и второй генераций с коротким спейсером и карбосилансилоксановые дендримеры с азидной оболочкой первой - третьей генераций с длинным спейсером. Разработан общий синтетический подход для сборки гибридных дендримеров из гибкого карбосиланового ядра и жесткой ароматической оболочки с использованием Cu(I)-катализируемой реакции азид-алкинового циклоприсоединения. Получены новые гибридные дендримеры первой и второй генераций, состоящие из звеньев гексафенилбензола (ГФБ) в виде жесткой полифениленовой оболочки, связанной с гибким карбосилановым дендритным ядром через триазольный цикл и короткий алифатический спейсер. Синтезированные дендримеры, независимо от номера генерации, демонстрируют одинаковое фазовое поведение с обратимыми фазовыми переходами, а также способность образовывать колончатую гексагональную фазу. Получены гибридные дендримеры, состоящие из карбосиланового дендритного ядра первой - третьей генераций, соединенного с полифениленовой оболочкой через длинный углеводородный (C11) спейсер и тетраметилдисилоксановый фрагмент. Указанные дендримеры также продемонстрировали одинаковое фазовое поведение с обратимыми фазовыми переходами, независимо от номера генерации, и способность к кристаллизации с образованием моноклинной фазы. Тип упорядочения гибридных дендримеров для первой - третьей генераций не зависел от номера генерации. Степень

упорядочения для дендримеров с длинным спейсером практически не зависела от номера генерации, в то время как для дендримеров с коротким спейсером - уменьшалась с увеличением номера генерации. Использование более длинного спейсера между карбосилановым ядром и полифениленовой оболочкой приводит к изменению колончатой гексагональной упаковки на слоистую моноклинную. На примере простых модельных систем, не имеющих внешней жесткой оболочки, показана возможность применения триазольных фрагментов в составе карбосилановых дендримеров для стабилизации наночастиц серебра. На примере синтезированных каталитических систем показано, что разработанный подход к получению упорядоченных гибридных дендримеров позволяет проводить их финальную «настройку» для конкретного практического применения.

Актуальность работы

Разработка гибридных полимерных систем является одним из важных направлений создания перспективных материалов на основе химических соединений сложной структуры, состоящих из блоков различной природы. Сочетание жестких и гибких блоков в составе линейных полимеров позволило создать материалы с уникальными свойствами, например, термоэластопласты. В случае гибридных дендримеров основными факторами, определяющими свойства конечных материалов, такие как способность к самоорганизации, морфология и физические свойства в целом, являются не только соотношение и порядок чередования жестких и гибких блоков, но и пространственное расположение, химическая природа и размер строительных сегментов и, что особенно важно, сочетаемость функциональных групп, за счет которых и формируется гибридная структура.

Для синтеза гибридных дендримеров автором были выбраны две дендримерные системы - карбосилановая и полифениленовая. Данный выбор обусловлен тем, что полифениленовые дендримеры отличаются высокой химической и термической стабильностью, жесткостью скелета и стабильной формой, а карбосилановые дендримеры характеризуются гибкостью структуры и при этом химической стабильностью гидрофобного скелета в сочетании с

высокой реакционной способностью функциональных групп. Оба типа дендримеров имеют хорошую растворимость и могут быть полностью охарактеризованы, поэтому являются идеальными моделями для изучения свойств гибридных дендримеров на их основе. Таким образом, диссертационное исследование Ардабьевской С.Н., направленное на синтез гибридных дендримеров, в структуре которых сочетаются жесткие и гибкие блоки, представленные полифениленовой и карбосилановой дендримерными системами, является актуальным.

Цель диссертационной работы Ардабьевской С.Н. заключается в синтезе гибридных дендримеров с карбосилановым ядром и полифениленовой оболочкой, а также в установлении взаимосвязи между структурой и свойствами полученных соединений и их влиянием на самоорганизацию.

Научная новизна полученных результатов. Разработан новый способ синтеза карбосилановых дендримеров с азидной оболочкой. Разработаны оптимальные синтетические подходы на основе реакций присоединения для получения гибридных дендримеров двух типов: состоящих из карбосиланового ядра первой и второй генераций и полифениленовой оболочки и состоящих из карбосилансилоксанового ядра с первой по третью генерации и полифениленовой оболочки. Показана возможность упорядочения дендримеров с гибким карбосилановым ядром и жесткой полифениленовой упаковкой. Также показано, что, варьируя длину спейсера между мягким ядром и жесткой оболочкой, можно управлять теплофизическими свойствами и типом упорядочения дендримеров.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что автором разработаны новые схемы синтеза карбосилановых дендримеров с применением реакций азид-алкинового циклоприсоединения, а также получено представление о взаимосвязи между структурой и свойствами дендримерных систем с принципиально разной жесткостью блоков молекулярной структуры.

Практическая значимость работы заключается в том, что диссертантом показана потенциальная возможность применения карбосилановых

дендримеров с функциональными фрагментами в оболочке в качестве стабилизаторов наночастиц металлов, что может быть использовано в дальнейшем для создания молекулярных катализаторов.

Диссертация Ардабьевской С.Н. соответствует пунктам 2, 3 и 9 паспорта научной специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения» и отрасли науки – химические. Результаты работы были опубликованы в виде 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Материалы работы также были представлены в виде 10 докладов (устных и стендовых) на всероссийских и международных конференциях.

В публикациях и докладах диссертанта подробно изложены основные положения и содержание проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

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

1. Скажите, пожалуйста, когда 3 азота вместе - называется азидная группа, но, когда 3 азота в пятичленном цикле, разве это азидная группа, а не триазольная? Триазол. Но вы везде продолжаете этот цикл называть азидным и пишете, что у полимеров, где циклы с тремя азотами, что это азидная оболочка.
2. Скажите, пожалуйста, известно ли что-то из литературных данных по стабилизации данных частиц, например, для систем, где полиамидаминное ядро? И есть ли данные по линейным или циклическим силоксанам, тоже стабилизирующим наночастицы? Ваша работа какой-то в это вклад вносит? Что-то лучше, что-то хуже или тут сравнивать вообще нельзя?
3. Вы делали холостой эксперимент, когда стабилизировали наночастицы серебра в спирте в присутствии дендримеров и в отсутствии дендримеров? Потому что известно, что в спирте такие маленькие наночастицы серебра могут быть стабилизированы просто спиртом, они могут существовать и дисперсия стабильна. Тут роль дендримера у вас как-то показана или нет? Если я буду просто раствор в спирте

- раствор серебра получать, я тоже получу наночастицы примерно 1-2 нм, стабильные. Вы такой не делали эксперимент? Это известная вещь.
4. У меня вопрос в продолжение. А можно тут частицы серебра стабилизировать, а вы говорили, что при облучении до 20 минут у вас наночастицы маленькие (1-2 нм или 2-3 нм), а потом они становятся больше. Вы делали этот вывод по данным электронной микроскопии? Вы не сравнивали оптические спектры по положениям полосы поглощения и ширину спектра? Я о положении максимума полосы поглощения. Он меняется для малых и больших времен облучения, меняется ли ширина спектра? Он должен сдвигаться, если меняется размер.
 5. Скажите, пожалуйста, действительно, для стабилизации наночастиц предложено очень много различных систем, а вы думали, для чего еще они могут пригодиться? Какого вообще размера ваши объекты, хотя бы эти, которые с жидким ядром и жесткой фениленовой оболочкой? Кстати, что из себя представляет эта фениленовая оболочка? Жесткая оболочка, она упорядоченная?
 6. Вы когда-нибудь думали о практическом применении этих объектов?
 7. Честно говоря, глядя на начальную структуру можно было бы предположить, что это прекрасный объект для того, чтобы разобраться с температурами стеклования дендримеров. Мы знаем замечательный результат, который дает нам возможность две температуры стеклования отнесением отнесение ядро-оболочка. Казалось бы, мы по максимуму контрастируем две составляющие, а потом еще меняем их местами, вместо этого мы видим полное отсутствие стеклования. Куда оно делось?
 8. В автореферате есть упоминание температур стеклования фенилированных структур выше температур разложения. Какие он содержит: аморфные или там вот дальше идет речь о кристаллизации, это те же самые только поставленные в другие условия и из них можно получить кристаллы, да? Причем, как я понял, совершенный кристалл.

Или в целом — это аморфные системы? А когда говорим про температуру стеклования это аморфные или частично кристаллические?

9. Скажите, пожалуйста, какую функцию вы возлагали на углеводородные спейсеры короткие и длинные? Только чисто синтетическую? То есть вы говорили, что при использовании коротких реакция проходит не до конца, а с длинными все хорошо. Есть ли еще какой-то функционал у этого длинного углеводородного спейсера? Потому что получается три блока: фениленовый, углеводородный или силоксановый/карбосилановый. Что вы ожидали от этого промежуточного углеводородного слоя? Или просто синтетически было удобно работать, чтобы посмотреть, как проходила реакция и какие способы получения, скажем так, чистого дендримера?

Соискатель Ардабьевская С.Н. согласилась с высказанными замечаниями, ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Я не совсем с вами согласна. Там, где дендримеры имеют азидный фрагмент — азидная оболочка, триазольный — триазольная оболочка.
2. Есть данные по стабилизации наночастиц. Для первого вопроса — для полиамидаминных дендримеров есть такие работы, таких работ достаточно много. Для систем с силоксановым ядром это, например, сверхразветвленные силоксановые системы, показанные Дмитрием Мигулиным, где успешно показана стабилизация наночастиц серебра достаточно маленького размера. То есть да, такие работы есть. Мы в своей работе не хотели сравнивать, мы хотели показать возможность для стабилизации, для координации ионов металлов. Мы не говорим, что наши дендримеры лучше или хуже, чем уже разработанные ранее системы. То есть интерес больше представляет для более высоких поколений стабилизация и координация ионов металлов. У нас

достаточно низкие генерации, поэтому здесь сравнение, наверное, не очень уместно.

3. Мы показываем роль оболочки с хелатирующими группами. К сожалению, я не могу ничего сказать по этому поводу.
4. Да, по данным просвечивающей электронной микроскопии. Мы сравнивали полосы плазмонного резонанса для дендримеров с нашими хелатирующими группами, и они характерны для получения наночастиц серебра. Мы не проводили такого глубокого анализа. Я считаю, что у нас не сдвигается максимум.
5. Мы не исследовали размер полученных гибридных дендримеров. Жесткая оболочка упорядочена. Мы наблюдаем кристаллизацию у полученных гибридных дендримеров примерно при 215 °C. В случае короткого спейсера упаковывается в гексогональную упаковку, то есть тут больше влияние карбосиланового ядра на упаковку гексафенилбензойных колец, а в случае карбосилансилоксанового ядра длинный спейсер не так сильно влияет на эту упаковку, и они уже выстраиваются слоисто моноклинно.
6. В своей работе мы больше исследовали фундаментальную значимость полученных систем. Однако мы предполагаем, что о практической значимости можно будет говорить, когда мы получим более высокие генерации, например, пятую. В тот момент, когда полученный гибридный дендример уже будет больше напоминать по своей структуре дендример имеет шарообразную форму, возможно, в этот момент эта полифениленовая оболочка может стабилизировать внутреннюю сферу. Имеется в виду, что при использовании триазолов для координации ионов металлов полифениленовая оболочка будет также играть свою роль.
7. В данном случае оно заморожено, заморожена подвижность карбосиланового ядра или карбосилансилоксанового ядра такой фениленовой оболочкой, таким образом мы не наблюдаем температуру стеклования.

8. Есть только один пример получения совершенного кристалла на первой генерации полифениленового дендримера. Но первую генерацию полифениленового дендримера считать дендримером в полном понимании этого слова нельзя, поэтому можно сказать, что на полифениленовых дендримеров кристаллов не получено. Когда мы говорим про первую часть вопроса, тут имеется в виду полифениленовые дендримеры полностью, построенные по классическому принципу, эта информация взята из литературных источников. Это фраза про общие фениленовые дендримеры. Кристаллизация или прочие свойства полифениленовых дендримеров проявляются, когда к ним прививаются уже какие-либо группы. В том числе общее применение полифениленовых дендримеров уже показано на полифениленовых дендримерах с введенными какими-либо фрагментами.
9. Да, изначально мы предполагали упрощение синтетического подхода, но также мы считали, что это даст гибкость нашей системе, что мы и увидели в полученных гибридных дендримерах с карбосилансилоксановым ядром. То есть этот введенный длинный алифатический спейсер и также дисилоксановый мостик оба придают гибкость системе и позволяют упаковываться в другой вид упаковки. Можно сравнить по влиянию этого спейсера с карбосилановыми дендримерами с мезогенными группами, этот тоже длинный спейсер очень сильно влияет на упаковку и на свойства полученных систем, как и в нашей работе.

Исследование Ардабьевской С.Н. выполнено на высоком научном уровне. Результаты диссертационной работы вносят заметный вклад в развитие науки и технологии в области синтеза и исследования свойств кремнийорганических полимеров, в частности, полимеров дендримерного типа.

Диссертационный совет считает, что диссертация Ардабьевской С.Н. полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении

ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. На заседании диссертационного совета, прошедшем 11 сентября 2025 г., принято решение: за разработку метода синтеза и исследование свойств гибридных дендримеров на основе карбосиланового ядра и полифениленовой оболочки, присудить Ардабьевской Софье Николаевне ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.7. – высокомолекулярные соединения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 16 докторов наук, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав, проголосовали: «за» - 16, «против» - 0, воздержавшихся нет.

Председатель
диссертационного совета
24.1.116.01 (Д 002.085.01),
д.х.н., чл.-корр. РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.х.н.
11.09.2025 г.



Озерин Александр Никифорович

Борщев Олег Валентинович