

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИНЭОС РАН,
доктор химических наук

ТРИФОНОВ А. А.

« 25 » апреля 2019 г



ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Беляевой Евгении
Алексеевны

«Слоистые органокомпозиты и гибридные композиты на основе волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов; 02.00.04 – «Физическая химия»

Актуальность темы

Появление на мировом рынке в последние 25 лет (в России с 2006 г.) легких (плотность $0,97\text{г/см}^3$) волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) с уникальным комплексом свойств открыло возможность создания композитов нового поколения для высокотехнологичных отраслей техники, в которых снижение веса конструкций имеет приоритетное значение.

Основным недостатком СВМПЭ-волокон, существенно затрудняющим создание конкурентоспособных композитов на их основе, является низкий уровень их адгезии практически ко всем термореактивным полимерным матрицам (ПМ), что до сих пор не позволяет реализовать высокие характеристики волокон в композитах для промышленного производства. Разрушение композитов на основе исходных СВМПЭ-волокон происходит при незначительном усилии по границе раздела «волокно – ПМ».

Диссертационная работа посвящена поиску путей устранения выявленных недостатков, затрудняющих процесс создания композитов, и выработке методов управления свойствами СВМПЭ-композитов. Эти исследования очень своевременны, проведены для достижения поставленной цели диссертационной работы: «Разработка слоистых композитов на основе тканей из СВМПЭ-волокна отечественного производства и гибридных композитов на их основе с улучшенным комплексом свойств, а также технологии их производства». Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- разработка метода модификации поверхности тканей из СВМПЭ-волокна для достижения оптимального адгезионного взаимодействия на границе раздела «полимер-волокно»;

- разработка высокопрочных полимерных композиций (ПК) с температурой отверждения в пределах от 20 ± 2 до $95 \pm 5^\circ\text{C}$ (низкотемпературное отверждение – НТО), выбор методов регулирования их свойств и разработка режимов их переработки в СВМПЭ-композиты различного назначения;

- разработка составов СВМПЭ-композитов и гибридов, а также технологии их изготовления под определенные условия эксплуатации; оценка эксплуатационных характеристик разработанных композитов, включая физико-механические, диэлектрические и другие свойства.

Диссертация состоит из 5 разделов, выводов, списка использованной литературы из 137 наименований, 4 приложений и содержит 165 страниц машинописного текста.

Содержание разделов при последовательном ознакомлении раскрывает всю сущность рецензируемой работы, ее научную и практическую составляющие, и убедительно свидетельствует о нижеследующем:

- основным средством для достижения вышеуказанной цели диссертант избрал использование высокотехнологичных методов и приемов как при активации поверхности тканей из СВМПЭ-волокон, так и при модификации полимерных связующих (плазменная и нано-модификация указанных объектов);

- реализация автором возможностей выбранных высоких технологий путем физико-химического воздействия на структуру и свойства армирующего наполнителя, связующих, а также КМ в целом. Это позволило не только создать легкий органокомпозит нового поколения для широких сфер применения, но и расширить области использования некоторых научных положений, выдвинутых автором, при разработке связующих для других композитов.

Кроме того, содержание разделов показывает, что на каждом этапе исследований диссертантом получены новые экспериментальные данные, расширяющие научные и практические представления технологов по переработке полимеров и композитов.

В **Разделе 1** (Введение) представлены: актуальность проблемы, цель диссертационной работы и задачи исследований, проведенных для достижения поставленной цели.

В **Разделе 2** (Литературный обзор) приведены краткие теоретические сведения о композиционных материалах на основе волокнистых армирующих наполнителей (КМ ВАН). Наиболее подробно рассмотрены ВАН на основе волокон из СВМПЭ. Литературный обзор показал не только обширные знания диссертантом литературы, но и критическое рассмотрение цитируемых исследований.

В **Разделе 3** («Объекты и методы исследований») описываются исследуемые материалы и методы исследования.

В качестве армирующих наполнителей (АН) использовали несколько вариантов тканей, различающихся структурой (разные переплетения, тексы нитей, поверхностные плотности и т.д.) из СВМПЭ-волокон марок П – 1 ($\sigma = 280$ МПа) и П – 2 ($\sigma = 410$ МПа).

Диссертант удачно объединил большой объем исследуемых армирующих тканей в 2 группы (по мере совершенствования качества нити и структуры тканей их поверхностная плотность снижалась):

I группа: ткани с поверхностной плотностью 110 ± 10 г/см² из волокна П – 2 ($\sigma = 400$ МПа); *II группа:* ткани с плотностью 145 ± 15 г/см² из волокна П – 1 ($\sigma = 280$ МПа).

Для изготовления гибридных композитов использованы стеклянные ткани и полые стеклянные микросферы. Автором приводятся характеристики всех использованных АН.

В качестве полимерных матриц низкотемпературного отверждения (НТО) использованы составы на основе эпоксидианового олигомера ЭД-20, различных отвердителей и модификаторов, включая наноматериалы углеродного и силикатного типов.

В качестве базовых связующих для модификации и отверждения при комнатной температуре использованы системы ЭД-20 с алифатическим амином ПЭПА и отвердителем Арамин (производства АО «НПО Стеклопластик»), представляющим собой модифицированный ароматический амин, для отверждения при температуре $95 \pm 5^\circ\text{C}$ с отвердителем на основе циклоалифатического амина – изофарондиамин.

В качестве методов и методик применены 7 стандартных методов испытаний физико-механических свойств связующих и СВМПЭ-композитов, 12 физико-химических и химико-технологических методов для исследования физико-химического состояния поверхности тканей до и после их активации. Изучалась структура связующих до и после их наномодификации, процесс отверждения связующих и КМ на их основе. Для исследования электрофизических характеристик использовались как экспериментальные образцы разработанных СВМПЭ-композитов, так и изделия на их основе.

Кроме того, соискателем разработана оригинальная экспресс-методика, направленная на определение контактных свойств поверхности СВМПЭ-тканей для быстрого изменения параметров процесса активации рулонов ткани в производственных условиях в случае необходимости (с. 59).

Окончательную эффективность поверхностной обработки тканей оценивали по отношению прочности при межслойном сдвиге ($\tau_{\text{сдв}}$) композитов на основе активированных тканей к $\tau_{\text{сдв}}$ композитов на основе необработанных тканей.

Раздел 4 («Результаты и их обсуждение») состоит из нескольких подразделов.

п. 4.1 посвящен разработке способов активации поверхности тканей из СВМПЭ-волокон. В этой связи в работе применены следующие высокотехнологичные способы:

- воздействие низкотемпературной плазмы высокочастотного (ВЧ), низкочастотного (НЧ) и барьерного разрядов;
- обработка малыми дозами радиации;
- широкий спектр химических реагентов, включая растворы и суспензии наноматериалов различной химической природы.

Отработка режимов активации поверхности тканей I и II группы проводили сначала в условиях нижеуказанных лабораторных установок. Затем отобранные варианты проверяли в промышленных условиях.

Следует отметить колоссальный объем экспериментальной, расчетной и аналитической работы, проведенной диссертантом по определению физико-химических свойств поверхности исследуемых образцов как исходных СВМПЭ-тканей, так и после каждого режима активации.

Были определены краевые углы смачивания (θ) двумя тестовыми жидкостями (количественная оценка смачивающей способности) с последующим расчетом поверхностной энергии с помощью системы уравнений Дюпре – Юнга. Кроме того, использовали разработанную автором экспресс-методику определения изменений гидрофобности образцов ткани из СВМПЭ-волокна по времени растекаемости водяной капли по поверхности ткани. Методика, по сведению автора, основана на большом количестве статистических данных по определению корреляции между величиной поверхностной энергии образцов ткани и временем растекаемости капли воды определенного объема, помещенной на образцы (с. 59).

В лабораторных условиях эта методика активно использовалась для вспомогательных исследований, в частности, при выборе оптимальных концентраций пропиточных растворов для химической обработки – активации тканей (ХО) (с. 82) и при отработке комплексного варианта активации: плазменная БР – обработка + ХО. Обработку результатов испытаний и их статистический анализ проводили при помощи компьютерных программ Excel и Statistica 10.

На основе полученных экспериментальных данных и изучения структуры металлуглеродных наноструктур, соискатель убедительно обосновал выбор ацетонового раствора 1%-ной суспензии Ni/ПЭПА в качестве химической обработки (ХО) для активации СВМПЭ – ткани (с. 83).

На основании всех исследованных образцов ткани были изготовлены экспериментальные образцы композитов и испытаны их физико-механические свойства. Результаты исследований, сведенные в общую таблицу (с. 86), свидетельствуют о том, что наибольший эффект получен в случае плазменной обработки поверхности тканей обеих групп в НЧ – тлеющем разряде и при комплексной активации (БР + ХО).

С помощью ИК-спектроскопии и электронной микроскопии диссертант вскрыл механизм экспериментально установленного повышения

контактных свойств активированных тканей и физико-механических показателей композитов на их основе. Суть его состоит в появлении на инертной поверхности ткани полярных кислородсодержащих групп и неупорядоченного микрорельефа, что приводит, как справедливо утверждает автор, к изменению условий на границе раздела, способствующих повышению смачиваемости, установлению более прочного адгезионного контакта по сравнению с необработанными тканями и, как следствие, к увеличению физико-механических свойств СВМПЭ-композитов в 3,1 – 3,4 раза.

В результате проведенных исследований по разделу 4.1:

- изучены и разработаны режимы активации поверхности СВМПЭ-тканей различной структуры несколькими высокотехнологичными методами. Выбранные оптимальные способы активации отработаны на опытно – промышленных плазменных установках низкочастотного (НЧ) и барьерного (БР) разрядов в условиях предприятий «ИВТЕХНОМАШ» (г. Иваново) и ООО «Эстроком» (г. Подольск), соответственно. На оба способа активации поверхности СВМПЭ-тканей получены патенты.

- для отработки технологии производства СВМПЭ-композитов выбрана комплексная активация СВМПЭ-тканей, представляющая собой обработку ткани в барьерном разряде по отработанному режиму с последующей химической активацией в ацетоновом растворе 1%-ной суспензии никель содержащей наноструктуры в полиэтиленполиамине (Ni/ПЭПА). Этот способ активации является технологически более простым, не требующим в отличие от обработки в плазме НЧ-разряда дорогостоящего вакуумного оборудования при практически равной эффективности воздействия.

- эффективность комплексной обработки (активации) сохраняется не менее 30 суток.

Раздел 4.2 посвящен разработке эпоксидных связующих (ЭС) низкотемпературного отверждения (20 – 95°C) (НТО), поскольку, как было указано ранее, при температуре выше 100°C аморфно-кристаллическая структура СВМПЭ-волокон претерпевает необратимые изменения, и они теряют свои уникальные свойства.

Опираясь на известные представления об особенностях НТО ЭС, описанных в работе (с. 99 - 102), автором на примерах нескольких рецептов эпоксидных связующих, отвержденных при комнатных и умеренных температурах, показана структурно-кинетическая роль пластификаторов различной химической природы и наноматериалов углеродного и силикатного типов для регулирования физико-механических, технологических и теплофизических свойств, а также параметров процесса отверждения ЭС в условиях НТО.

Как указано выше, в качестве базовых связующих, отверждаемых при комнатной температуре, использовали системы ЭД-20 с отвердителями ПЭПА и Арамин. Для отверждения при температуре $95\pm 5^\circ\text{C}$ использовали базовую систему ЭД-20 с отвердителями на основе циклоалифатического изофарон диамина (VESTAMIN IPD).

В качестве модификаторов использовали пластификатор ЭДОС, представляющий собой смесь диоксановых спиртов и их высококипящих эфиров, эпоксициклический диэтиленгликоль – смолу ДЭГ-1, олигоэфирциклокарбонаты – Лапролат – 803 и Лапролат – 301, форполимер уретановый СКУ-ПФЛ-100.

В качестве нанодобавок использовали наночастицы силикатного и углеродного типов, а именно, диоксид кремния – Таркосил – 150, фуллерен C_{60} и его смеси $\text{C}_{60/70/84}$, ультрадисперсный алмаз УДАГ-С.

Показано, что наиболее эффективными модификаторами для обоих видов связующих являются олигоэфирциклокарбонат (Лапролат – 803), а для ЭС умеренного отверждения еще и комплексный модификатор на его основе. Это явление автор связывает с введением в ЭС высокополярных уретановых фрагментов с повышенной энергией когезии, получая эпоксиуретановые композиции по экологически чистому, безизоцианатному способу.

Установлены концентрации модификаторов (10 – 20 м.ч.), в области которых физико-механические показатели СВМПЭ-композитов проходят через максимум. При этом степень завершенности процессов отверждения ЭС в условиях НТО контролировали калориметрически: для ЭС холодного отверждения – с помощью калориметра Кальве ЭК-5, а также по времени достижения нулевой скорости отверждения, по предельно выделившейся теплоте при отверждении, по степени отверждения, определенной с помощью аппарата Сокслетт (с. 104); для ЭС умеренного отверждения (с. 95 - 105) – с помощью метода ДСК на приборе фирмы NETZSCH DSK 204 F-1 (с. 115 - 120) по характеристикам температурных пиков и площадей экзотермических эффектов на ДСК-диаграммах и также с помощью аппарата Сокслетт.

Проведенные исследования позволили автору разработать технологически приемлемые по времени режимы отверждения СВМПЭ-композитов на основе разработанных модифицированных эпоксидных связующих холодного и умеренного отверждения, которые позволяют практически полностью завершить процесс отверждения.

Особое внимание диссертант уделил вопросам наполнения используемых эпоксидных матриц ультрадисперсными частицами углеродного и силикатного типов. Равномерность распределения в ЭС углеродных наночастиц обеспечивали ультразвуковой обработкой по разработанному автором режиму (с. 107). Равномерность распределения силикатного наноматериала «Таркосила Т-150» обеспечивали по технологически более простому способу, разработанному автором (с. 108.)

Наномодификации подвергнуты как базовые составы связующих, так и предварительно модифицированные указанными выше модификаторами. Показано, что эффект наномодифицирования для базовых ЭС ~ в 1,5 раза выше по сравнению с предварительно модифицированными ЭС, для которых повышение физико-механических свойств и особенно адгезии не превышает $12 \pm 2\%$, что находится практически в пределах погрешности. Дано объяснение этому явлению (с. 122). При этом диссертант справедливо утверждает, что для разработанного органокомпозита нельзя пренебрегать даже таким незначительным повышением адгезии.

Установлены области концентраций для обоих видов НМ, причем при исследовании процесса отверждения методом ротационной вискозиметрии связующих холодного отверждения показано, что малое количество НМ (<1,2 м.ч.) замедляет процесс отверждения, а большое (>1,2 м.ч.) – его ускоряет (с. 110).

Автор установил основные отличия между связующими холодного отверждения с отвердителями Арамин и ПЭПА и убедительно объяснил их различием свойств ароматических и алифатических аминов, связанных с разной основностью атома азота, определяющей разную сольватирующую способность, реакционную способность и др.

Уместно подчеркнуть, что автор установил с помощью ИК-спектроскопии наличие химического взаимодействия между молекулами C_{60} и амино-группами ПЭПА и выдвинул оригинальное суждение: отвердителем в системе ЭД-20 + ПЭПА + C_{60} является комплексный отвердитель, описанный в работе (с. 113), а не индивидуальный ПЭПА. Этот вывод представляет собой дополнительную научную новизну исследований Беляевой Е.А. и выходит за рамки связующих только для разработанных ею композитов.

Кроме того, диссертантом на примере базовой эпоксидной системы умеренного отверждения с помощью электронной микроскопии вскрыт механизм существенного повышения физико-механических свойств (на 30-33%), суть которого состоит в формировании в зоне ультрадисперсной частицы радиально-ориентированной области, которая выступает в качестве энергетического барьера на пути продвижения фронта разрушения.

Полученные результаты исследований положены в основу разработки линейки наномодифицированных эпоксиуретановых связующих низкотемпературного отверждения.

В **разделе 4.3** описан процесс изучения формирования СВМПЭ-композитов и гибридных композитов на их основе по препреговой технологии. Автор экспериментально показал эффективность направленного регулирования физико-механических свойств разработанных композитов созданием гибридных структур, используя разнотипные армирующие наполнители. Описана технология изготовления гибридных композитов как с

использованием пары «стекло- и СВМПЭ-ткани», так и с использованием пары «стеклянные микросферы и СВМПЭ-ткани».

При отработке технологии изготовления как препрегов, так и композитов на их основе проведено тщательное исследование (в общей сложности на нескольких сотнях образцов) множества технологических параметров техпроцесса. Отработаны режимы процесса пропитки тканей из СВМПЭ и стекловолокон (вязкости связующих, скорости движения тканей, температуры сушки по зонам пропиточной машины и др.), определены соотношения АН – ПМ для обоих видов композитов, а также оптимальные степени отверждения препрегов на основе органической и стеклянной тканей. Предложены оптимальная архитектура и пропорции укладки разнотипных препрегов при формовании гибридных композитов.

Изучены и установлены оптимальные температурно-временные параметры процесса отверждения композитов обоих видов в условиях НТО. Схема технологического процесса представлена в Приложении 1.

Автором изучен и представлен широкий диапазон упруго-прочностных свойств композитов, изготовленных по разработанным технологиям, в сравнении с широко используемыми в промышленности КМ на основе стеклянных и арамидных волокон. Несомненной заслугой автора является изучение электрофизических свойств СВМПЭ-композитов и гибридов на их основе, о которых информация в литературе вообще отсутствует.

Диссертант выстроил эффективную схему исследований:

- изучение влияния всех составляющих СВМПЭ-композитов на диэлектрическую проницаемость ϵ (как показателя, определяющего возможность использования разработанных материалов в изделиях радиотехнического назначения в качестве, в частности, радиопрозрачных укрытий (РПУ) и обтекателей антенн (РПО), работающих в различных диапазонах радиочастот);

- изучение влияния климатических факторов на сохранность электрофизических свойств композитов;

- изучение влияния обтекателей, изготовленных из разработанных СВМПЭ-композитов на характеристики излучения антенн (коэффициент передачи электромагнитных волн и степень искажения диаграмм направленности), работающих в различных диапазонах радиочастот.

Такой системный подход позволил автору экспериментально подтвердить 100% реализацию свойств армирующих наполнителей из СВМПЭ-волокон в композитах радиотехнического назначения, поскольку показатель ϵ композитов практически сравнялся с показателем ϵ для СВМПЭ-волокон (2,1 – 2,2), а также установить возможность использования разработанных климатически стабильных СВМПЭ-композитов и гибридов на их основе для изготовления радиопрозрачных изделий.

В **приложениях** приведены схемы технологического процесса изготовления разработанных СВМПЭ-композитов и КМ-гибридов, акты их внедрения и применения для специзделий радиотехнического назначения.

Научную новизну отражают следующие результаты:

- выявлены особенности процессов формирования эпоксидных композитов на основе тканей из отечественного СВМПЭ-волокна по препреговой технологии и предложены эффективные методы управления свойствами СВМПЭ-композитов;
- показано, что для СВМПЭ-композитов достигнутый уровень адгезионного взаимодействия (40 ± 3 МПа), сравнимый с уровнем известных международных аналогов, обеспечивается изменением физико-химического состояния поверхности СВМПЭ-ткани. Это приводит к повышению ее поверхностной энергии (в ~ 2 раза) в результате воздействия высокотехнологичных методов активации, причем способы и режимы активации СВМПЭ-ткани разработаны впервые;
- показано, что для эпоксидных связующих, формирующихся в условиях НТО, совместное введение уретановых фрагментов и наномодификаторов силикатного и углеродного типов в установленных пределах (соответственно 10 – 15; 0,7 – 1,2 и 0,25 – 0,5 % м.ч.) приводит к росту упруго-прочностных и адгезионных характеристик связующих и позволяет повысить физико-механические свойства композитов на основе активированных тканей в 3,1 – 3,4 раза;
- показана возможность направленного регулирования эксплуатационных свойств СВМПЭ-композитов за счет создания гибридных композитов на основе СВМПЭ и стеклоармирующих наполнителей, что приводит к повышению прочности при сжатии композитов в 2,5 – 3 раза при использовании стеклотканей, и снижению диэлектрических характеристик на 20 – 35% при использовании стеклянных микросфер;
- впервые экспериментально установлена стабильность диэлектрических характеристик разработанных композитов под воздействием климатических факторов.

Достоверность и новизна проведенных исследований.

Достоверность результатов, научных положений и выводов подтверждается данными, полученными с применением комплекса независимых и взаимодополняющих методов исследования, сопоставимостью и соответствием с данными экспериментально-теоретического характера других авторов, анализом погрешностей экспериментов по стандартным методикам, проведением государственной экспертизы при оформлении 4 патентов, не противоречием полученных научных положений основам физико-химии полимеров и композитов.

Практическая ценность работы

- Разработаны новые виды композитов на основе тканей из СВМПЭ волокон отечественного производства, обладающих малой плотностью ($1,05 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$), а также гибридных композитов с плотностью $0,65 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$ на основе тканей из СВМПЭ-волокон и полых стеклянных микросфер с удельными физико-механическими характеристиками, превышающими таковые для известных композитов, а также обладающих низкими диэлектрическими показателями (диэлектрическая проницаемость ϵ до 1,65) в широком диапазоне радиочастот.
- Разработанные композиты внедрены на опытно-промышленном производстве АО «НПО Стеклопластик».
- Результаты исследований положены в основу линейки разработанных наномодифицированных эпоксиуретановых связующих низкотемпературного отверждения.
- Разработанные композиты прошли испытания в АО «НИИ Вектор» (Концерн «Вега») и использованы в изделиях спецтехники в качестве защитного и радиопрозрачного материала.

Замечания по диссертационной работе:

- 1) отсутствует информация о прочности при растяжении разработанных композитов, одной из самых распространенных характеристик физико-механических свойств КМ;
- 2) следовало бы больше уделить внимания изучению структуры «сетка в сетке», о наличии которой упомянуто на с. 117;
- 3) при изучении электрофизических свойств разработанных композитов целесообразно было показать численное значение тангенса диэлектрических потерь, несмотря на то, что оно априори должно быть низким;
- 4) следует уточнить (с. 134) время, в течение которого поддерживается давление 3,5 МПа при отверждении СВМПЭ – композитов при комнатной температуре;
- 5) имеются неточные выражения и описки типа:
 - «эксплуатационных» вместо «экспериментальных» свойств (с. 4);
 - «предоставляет» вместо «представляет» (с. 5);
 - γ -аминопропилтриэтоксисилан вместо γ -аминопропилтриэтоксилан (с. 51);
 - единицы измерения вязкости мПа/с вместо МПа/с (с. 55);

Высказанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокой значимости полученных в диссертации результатов.

Заключение

Диссертационная работа Беляевой Евгении Алексеевны посвящена актуальной проблеме, которая имеет ценное научное и прикладное значение.

1. Автореферат и 15 опубликованных работ автора, включая 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и 4 патента на изобретение отражают основные положения диссертационной работы. Результаты исследований достаточно апробированы в научных мероприятиях различного направления.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов: пункту 1 формулы специальности в части физико-химических основ технологии получения и переработки полимеров, композитов и изделий из них, и пункту 2 формулы специальности в части исследования физико-химических свойств материалов на полимерной основе, а также пункту 2 области исследований в части полимерные материалы и изделия, пластмассы, волокна, получение композиций, процессы изготовления изделий. Диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 02.00.04 – Физическая химия: формулы специальности - физическая химия в части раздела химической науки об общих законах, определяющих строение веществ, о количественных взаимодействиях между химическим составом, структурой вещества и его свойствами, а также пункту 11 области исследований в части физико-химических основ процессов химической технологии.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и содержит научно обоснованные технические и технологические решения в области разработки слоистых органокомпозитов и гибридных композитов на основе волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, которые вносят значительный вклад в развитие отрасли.

Автор диссертационной работы, Беляева Евгения Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов и 02.00.04 – «Физическая химия». Отзыв заслушан и обсужден на заседании семинара полимерных лабораторий ИНЭОС РАН, протокол № 12 от 24 апреля 2019 г. и рекомендован к утверждению.

Заслуженный деятель науки РФ,
д.х.н., профессор, заведующий лабораторией
полимерных материалов I

*Подпись д.х.н., проф.
Членов секретариата
ИНЭОС РАН*



*А.А. Аскадский
Заведующий
отв. Е.Н.*

119991, ГСП-1, Москва, 119334, ул. Вавилова, 28.

Телефон: (499) 135-92-02. Факс: (499) 135-50-85.

Ученый секретарь: Гулакова Елена Николаевна (e-mail: larina@ineos.ac.ru).