УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева»,
доктор химических наук, профессор
Козловский Р.А.
сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Тарасовой Прасковьи Николаевны на тему «Разработка композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, алюмосиликатов подгруппы каолинита и шпинели магния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Актуальность темы диссертационного исследования. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) активно применяют для узлов трения в качестве более легкой альтернативы металлическим материалам, например, латуням и баббитам, что позволяет значительно понизить массу конструкции. К преимуществу полимерных материалов антифрикционного назначения также относится их возможность работы без смазки, что позволяет уменьшить объем работ на ремонт и обслуживание. С точки зрение низкого коэффициента трения привлекательным полимерным материалом является политетрафторэтилен (ПТФЭ). Однако он характеризуется низкой износостойкостью и хладотекучестью, что может ограничивать его применение в узлах трения. Перспективным способом улучшения комплекса свойств ПТФЭ является введение в его состав хорошо диспергируемых наполнителей, в частности каолинита и галлуазита, наряду с другими дисперсными добавками. Этот способ

модификации позволяет получить полимерный композит, характеризующийся повышенной твердостью и износостойкостью, и способный работать при отрицательных температурах в качестве самосмазывающегося материала в узлах трения. Работы, направленные на создание новых материалов, особенно применяемых в условиях близких к арктическим, позволят существенным образом расширить технологический суверенитет по производству деталей и компонентов для отрасли машиностроения промышленности Российской Федерации.

Поэтому тема диссертации П.Н. Тарасовой, посвященная разработке новых полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, является актуальной.

Новизна исследования и полученных результатов. В диссертационной работе впервые получен полимерный композит на основе ПТФЭ и каолинита с эксфолиированной структурой, что позволило получить материал с высокой износостойкостью, установлена связь между механизмом изнашивания и морфологией применяемого алюмосиликата.

Практическая значимость. Данные, полученные П.Н. Тарасовой, имеют несомненную практическую ценность. Получены полимерные композиционные материалы на основе политетрафторэтилена, наполненного каолинитом и шпинелью магния, характеризующиеся высокой износостойкостью и способные работать в качестве узлов трения при отрицательных температурах. С результатами диссертационной работы следует ознакомить предприятия и научные организации, разрабатывающие и применяющие материалы и изделия трибологического назначения, в частности, ФГБУН «ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН», ПАО «КАМАЗ», ПАО «АвтоВАЗ», ПАО «ОДК Сатурн», ООО «ПК «Борец» и другие.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертационная работа имеет следующую структуру: введение, литературный обзор, объекты и методы исследования, обсуждение результатов, заключение, список сокращений, список использованной литературы из 256 наименований и 2 приложения, содержащих акты о внедрении. Работа изложена на 195 страницах машинописного текста, включает 88 рисунков и 32 таблицы.

Список использованной литературы составлен согласно всем рекомендуемым требованиям.

Во **введение** диссертант аргументирует выбор темы исследования, обозначает поставленные цель и задачи, приводит сведения о степени разработанности проблемы, определяются положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой обзор литературы, который включает в себя преимущества полимерных материалов при применении их в узлах трения, в частности политетрафторэтилена, основные характеристики промышленно выпускаемых марок наполненного ПТФЭ с высокими показателями износостойкости. Отдельное внимание в литературном обзоре уделено полимер-силикатным композиционным материалам, где в качестве наполнителей используют слоистые материалы с толщиной слоя 0.7-2.5 нм. Приведены примеры получения интеркалированных и эксфолиированных структур в наполненных полимерных материалах, в частности путем механоактивации слоистого наполнителя в планетарной мельнице.

Литературный обзор написан доступным научным языком, современен, чем подтверждает актуальность выбранной темы и поясняет логику постановки цели и задач.

Во **второй** главе приведены характеристики выбранных объектов исследования: политетрафторэтилен, каолиниты, в частности нанотрубки галлуазита, а также шпинель магния; подробно описана технология получения полимерных композитов на основе ПТФЭ, указаны режимы механоактивации наполнителей, вводимых в состав композиции; указаны применяемые в работе методы исследования, например, по определению механических свойств ПКМ, в том числе при пониженных температурах, трибологические испытания, атомно-абсорбционная спектрометрия, рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), инфракрасная спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и термомеханический анализ (ТМА).

В **третьей** главе приводится обсуждение полученных результатов, посвященных влиянию алюмосиликатов на физико-механические свойства ПКМ на основе ПТФЭ. На первом этапе автор определяет оптимальное время механоактивации для каолинита и галлуазита. Например, для каолинита

оптимальное время составляет 2 мин, что видно по достижению наименьшего размера частиц наполнителя, а также по увеличению удельной площади поверхности и появлению ионов Al^{3+}. Методом рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопии показано, что механоактивация приводит к разрушению кристаллической структуры наполнителей. Далее автор исследует влияние концентрации вводимых слоистых силикатов и дополнительно шпинели магния на физико-механические свойства ПТФЭ. Установлено, что введение каолинита не влияет существенным образом на механические свойства при растяжении. В то время как введение галлуазита приводит к понижению прочности в 2-3 раза по сравнению с исходным ПТФЭ. При этом, согласно данным, полученными при помощи дифференциальной сканирующей калориметрии, введение наполнителей приводит к повышению степени кристалличности ПТФЭ на 10-20 % и, соответственно, энтальпии плавления. Далее методом электронной микроскопии автором четко показано, что минеральный наполнитель равномерно распределяется в полимерной матрице, что приводит к сохранению упруго-прочностных характеристик полимерного материала в условиях низких температур (-50 °С).

Четвертая глава посвящена исследованию трибологических свойств полимерных композитов на основе ПТФЭ и минеральных наполнителей. Показано, что введение каолинита и галлуазита совместно со шпинелью магния в состав ПТФЭ приводит к повышению износостойкости более чем в 200 раз, к незначительному повышению коэффициента трения, а также к сокращению времени прирабатывания поверхности полимерного композита к контр-телу. Методом энергодисперсионной микроскопии (ЭДС) показано, что в процессе изнашивания на поверхности композитов формируется защитный слой, в котором равномерно распределяются частицы наполнителя. При этом при применении каолинита в качестве наполнителя на поверхности присутствует железо, вероятно, вследствие абразивного износа стального контр-тела, данные ИК-спектроскопии указывают на протекание трибооксилительных процессов. Эти экспериментальные результаты подтверждены при помощи метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Далее автор приводит детальное представление о формировании защитного слоя при протекании трибохимических реакции для наполненных композиций на основе ПТФЭ.

Раздел заканчивается выводами, в которых подведен итог теоретическим и экспериментальным исследованиям. Все полученные результаты обсуждены и подтверждены корректной статистической обработкой, адекватно интерпретированы.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений обеспечивается использованием комплекса современных методов анализа и поверенных средств измерений, а также статистической обработкой данных и воспроизводимостью результатов.

По результатам диссертационной работы опубликовано 15 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в журналах, индексируемых в международных базах цитирования WoS и Scopus, 1 патент РФ, а также 8 тезисов докладов на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, результатам и основным положениям, выносимым на защиту.

Замечания по диссертационной работе представлены ниже:

1. При обсуждении рисунка 18 на странице 52 автор пишет, что после механоактивациии галлуазита происходит образование аморфных агрегатов с крупным размером частиц. Не совсем понятно, насколько крупными являются образованные частицы, соотносится ли их размер на СЭМ-снимке с представленными далее данными в таблице 12?
2. На странице 67 автор пишет, что модуль упругости характеризует степень упрочнения материала, а если материал обладает высокими значениями модуля упругости, но при этом низкой прочностью и эластичностью, то такой материал относят к хрупким. Это не совсем верно: модуль упругости является мерой жесткости системы и для некоторых случаев его рост может коррелировать с повышением прочности (например, при армировании непрерывными волокнами), а в других нет (например, при добавлении песка). Что касается хрупкости, то утверждение о связи с низкой прочностью также не совсем верно. Например, многие реактопласты значительно превосходят по прочности термопластичные материалы, хотя их (реактопластов) характер разрушения является хрупким даже в смесях с каучуками. В

связи с этим, данные рисунков 25-27 неплохо было бы дополнить динамометрическими кривыми наполненных композиций на основе ПТФЭ.

3. На странице 72 при обсуждении таблицы 19, содержащей данные о степени кристалличности наполненных ПТФЭ, автор говорит о том, что изменение термодинамического состояния материала при введении наполнителя обусловлено взаимодействием его частиц с полимерной матрицей в расплавленном состоянии. Как это соотносится со степенью кристалличности, если процесс кристаллизации протекает ниже температуры плавления полимера?
4. На рисунке 38 автор идентифицирует области на СЭМ-снимке, как сферолиты. Не совсем ясно, почему именно эта область размером около 140 мкм относится к сформированному сферолиту и где в таком случае находятся аморфные прослойки? Для определения наличия кристаллической структуры следует использовать метод оптической микроскопии в поляризованном свете.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы П.Н. Тарасовой. Содержание и результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 2.6.11 – Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов: пункт 2. Полимерные материалы и изделия: пластмассы, волокна, каучуки, резины, пленки, покрытия, нетканые материалы, натуральные, искусственные и синтетические кожи, клеи, компаунды, композиты, бумага, картон, целлюлозные и прочие композиционные материалы, включая наноматериалы; свойства синтетических и природных полимеров, фазовые взаимодействия; исследования в направлении прогнозирования состав-свойства, технологии изготовления изделий и процессы, протекающие при этом; последующая обработка с целью придания специальных свойств; процессы и технологии модификации; вулканизация каучуков; сшивание пластмасс; фазовое разделение растворов; отверждение олигомеров и пункт 6. Полимерное материаловедение; методы прогнозирования и прототипирования; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры

синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств; разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры; испытание и определение физико-механических и эксплуатационных характеристик синтетических и природных полимерных материалов и изделий; теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых синтетических и природных полимерных материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки.

Таким образом, диссертация Тарасовой Прасковьи Николаевны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных автором физико-химических исследований изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны по разработке износостойкого полимерного композиционного материала на основе политетрафторэтилена, содержащего алюмосиликат и шпинель магния, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Тарасова Прасковья Николаевна – заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 – Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки).

Отзыв обсужден на заседании кафедры технологии переработки пластмасс ФГБОУ ВО «РХТУ имени Д.И. Менделеева», (протокол № 2 от 9 октября 2026 года).

Председатель собрания,
к.х.н., доцент, доцент кафедры технологии
переработки пластмасс ФГБОУ ВО
«РХТУ имени Д.И. Менделеева» С.В. Полунин

Подпись Полунина Степана Владимировича заверяю

Вход. № 05-9206
«26» 10 2026 г.
подпись

125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»
Телефон: +7 (499) 978-86-60
Электронная почта: polMax@muctr.ru

Полунин Степан Владимирович – кандидат химических наук (2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов), доцент, доцент кафедры технологии переработки пластмасс Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Вход. № 05-9206
«26» 10 2026 г.
подпись