

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук Киушова Александра Андреевича на тему: **«Влияние полиэлектролитов и полиэлектролитных комплексов на структурно-механические свойства природных дисперсных минералов»**

по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Актуальность темы исследования. В настоящее время полимер-минеральные композиты находят широкое применение в геоинженерии, строительстве, создании городской, авто- и железнодорожной инфраструктуры и т.д. В сельском хозяйстве и агротехнике полимерные мелиоранты используют для структурирования, облагораживания и противозерозионной защиты грунтов и почв. Дальнейшее продвижение в этом научно-техническом направлении требует исследования механизма, физико-химических и структурно-механических основ взаимодействия дисперсных минералов с полимерными модификаторами. **Актуальность** диссертационной работы определяется тем, что автором разработаны и апробированы поликомплексные рецептуры на основе полиэлектролитов (ПЭ), а также продемонстрированы перспективы их использования в качестве связующих для увлажненных минеральных субстратов.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация построена традиционно и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, в котором подведены основные итоги выполненных исследований, даны выводы, сделаны рекомендации по использованию полученных результатов и определены перспективы дальнейшей разработки темы, списка сокращений и обозначений, списка литературы и приложения «А» с реологическими параметрами увлажненных нативных и модифицированных минеральных и почвенных субстратов. Диссертация изложена на 124 страницах

машинописного текста, включает 8 таблиц, 43 рисунка и 1 приложение, список литературы из 152 источников.

Во **введении** содержатся все необходимые сведения о работе: актуальность и степень разработанности темы диссертации; цель исследования и поставленные на её основе задачи. Сформулирована научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы. Приводятся основные положения, выносимые на защиту, описание личного вклада автора, оценка степени достоверности полученных результатов, сведения об их апробации, список публикаций, а также описание структуры и объёма диссертации.

В **литературном обзоре (Глава 1)** описано современное состояние проблемы стабилизации грунтов и минеральных субстратов с использованием полимерных систем. На основании критического анализа литературных источников сформулирована и обоснована **цель работы**, заключающаяся в установлении структурных и физико-химических основ взаимодействия водорастворимых полиэлектролитов и нестехиометрических полиэлектролитных комплексов с природными дисперсными частицами минеральных и почвенных субстратов, а также в разработке принципов их модификации полимерами, анализе структурно-механического поведения увлажненных полимер-минеральных композиций для обеспечения высокой стабильности увлажненных дисперсных минералов.

В **экспериментальной части (Глава 2)** охарактеризованы синтетические и природные объекты исследования: *поликатионы* – синтетический полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ) и природный полисахарид хитозан (ХТЗ); *полианионы* – линейный синтетический гидролизованный полиакрилонитрил (ГИПАН) и гуминовые соли калия (ГумК); природные минеральные субстраты – каолинит, монтмориллонит и кварцевый песок, а также почвенные субстраты – чернозем и дерново-подзолистая почва (ДПП). Предметом исследования являлось формирование агрегативно устойчивых нестехиометрических

поликомплексов (нПЭК), адсорбция полиэлектролитов и нПЭК на частицах глинистого минерала, структурно-механическое поведение увлажненных нативных и модифицированных минеральных и почвенных субстратов. Даны методики подготовки буферных и полимерных растворов.

При проведении исследований использовался комплексный подход с применением следующих экспериментальных методов: рентгеноструктурный анализ, динамическое светорассеяние, турбидиметрия, лазерный микроэлектрофорез, УФ спектроскопия, ротационная вискозиметрия и др.

Обсуждение результатов (Глава 3) включает физико-химические исследования взаимодействия природного полианиона (ГумК) с синтетическим (ПДАДМАХ) и природным (ХТЗ) поликатионом с целью разработки дисперсионно устойчивых поликомплексных рецептур, а также взаимодействие данных полимерных систем с глинистыми субстратами (монтмориллонит и каолинит). Изучены структурно-механические аспекты модификации указанных минеральных объектов разработанными рецептурами. Разработаны основы и алгоритм унифицированного анализа дисперсных минеральных паст.

В заключении подведены основные итоги проведенной работы, на основании которых сформулированы выводы:

Научная новизна диссертационной работы Киушова А.А. заключается в том, что автором впервые разработана методика эффективной модификации минеральных паст малыми (не более 0.5 масс. %) добавками водорастворимых полиэлектролитных систем, что позволяет варьировать реологические характеристики увлажненных минеральных субстратов в пределах нескольких порядков величины. Наблюдаемые эффекты интерпретированы в рамках структурной модели, описывающей селективное воздействие полианиона и поликатиона на реологическое поведение глинистых паст.

В работе впервые установлены корреляции между основными реологическими параметрами исходных и модифицированных почв (чернозем и ДПП) и почвенных субстратов (монтмориллонит, каолинит и кварцевый

песок) и показан унифицированный характер механически активированного перехода от линейной вязкоупругости к текучести независимо от природы увлажненной пасты и типа модификатора (полианион, поликатион, отрицательно и положительно заряженные поликомплексы).

Практическая значимость диссертационной работы Киушова А.А. определяется разработкой эффективных рецептур для направленного и контролируемого варьирования эксплуатационных характеристик увлажненных минералов и почв, а также алгоритма экспресс-анализа и прогнозирования их реологического поведения.

Диссертационную работу Киушова А.А. отличает ярко выраженный **методический и методологический характер**. На основании систематических физико-химических исследований оптимизированы составы полимерных рецептур и концентрационные режимы модификации почвенных и минеральных паст. Предложена и апробирована методология унификации реологического поведения указанных паст, включающая корреляционный анализ и построение унифицированной реологической кривой.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием комплексной инструментальной базы, включающей лазерный микроэлектрофорез, турбидиметрию, динамическое светорассеяние, УФ-спектрофотометрию, рентгенофазовый анализ (РФА), динамический механический анализ.

Достоверность и обоснованность положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, по использованию полученных результатов и перспектив развития данного научно-технического направления определяется широким спектром изученных объектов (чернозем, дерново-подзолистая почва - ДПП, монтмориллонит, каолинит и кварцевый песок) и модификаторов (ПДАДМАХ, хитозан, ГумК, ГИПАН и 10 поликомплексов различного состава). Общий массив исследованных объектов включал 54 образца (Приложение А).

При ознакомлении с диссертационной работой возникли следующие вопросы и замечания:

Вопросы:

1. Предварительная подготовка поликомплексов требует особых подходов, которые описаны в работе. Не будет ли проще вносить компоненты поликомплексов в глину или почву последовательно, друг за другом? И насколько сильно изменение методики может отразиться на влиянии полимеров на механические свойства композиций?
2. При рассмотрении реальных почв, будет ли наличие в них гуминовых соединений оказывать значительное влияние на эффективность водорастворимых полимеров с точки зрения их влияния на механические свойства почвенного субстрата?
3. Чем обусловлен меньший диапазон варьирования содержания полимера в каолините в случае хитозана по сравнению с синтетическим поликатионом при исследовании их влияния на реологические параметры минеральной пасты?
4. Использование для анализа метода динамического светорассеяния требует сильного разбавления раствора до 0,01 масс%, и это требование выполнено в работе. Однако в реальных условиях использования этих растворов их концентрация существенно выше, как этот фактор учитывается в диссертации?
5. Оценивалась ли цена вопроса при использовании полимеров для структурирования почв? Для малых площадей это может быть, действительно, разумно, а для больших площадей...
6. Чем обосновано использование режима амплитудной развертки, а не частотной, для определения реологических параметров изученных в работе композиций?

Замечания и пожелания:

1. Поскольку в работе много данных о способах и рецептурах для модификации почвенных субстратов, то автору в дальнейшем необходимо заняться патентованием полученных данных.
2. Мелкие замечания:
 - После формул необходимо ставить запятую или точку в зависимости от контекста. Это сделано не везде, например, стр. 12 автореферата и стр. 51 и 76 диссертации.
 - В табл. 4 автореферата данные с ошибкой $41,2 \pm 5$ представлены не верно. Для реологических испытаний в табл. 5 автореферата и табл.7 диссертации тоже не мешало бы привести ошибки измерений.
 - В некоторых случаях в работе для обозначения параметра точки кроссовера используется сокращение “кросс”, а в некоторых “кр”. Для лучшего восприятия желательно, чтобы обозначения были единообразны.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования.

Диссертационная работа Киушова А.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне с использованием комплекса современных экспериментальных методов анализа. Текст диссертации и автореферата написан грамотным научным языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание и выводы диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 5 статьях в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах и докладывались на 7 российских и международных конференциях.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам

подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки) в части п.п. 7-9 паспорта специальности, а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Киушов Александр Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Официальный оппонент:

доктор химических наук,
профессор, Заслуженный работник высшей
школы РФ,
заведующий кафедрой физической химии
ФГБОУ ВО «Тверской государственной
университет»
Пахомов Павел Михайлович

« 11 » февраля 2026 г.

Контактные данные:

Телефон:

E-mail:

Специальность, по которой официальным
оппонентом защищена диссертация:
02.00.06. Высокомолекулярные соединения

Адрес места работы:

170100, Россия, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33

Тел. +7 (4822) 34-24-52

<http://university.tversu.ru/>, e-mail: rector@tversu.ru

Подлинность подписи заведующего кафедрой физической химии ФГБОУ ВО
Тверской государственной университет профессора П.М. Пахомова
удостоверяю:

И.о. проректора по научной деятельности

Ю.В. Чемарина

« 11 » февраля 2026 г.