«УТВЕРЖДАЮ»
И.о. ректора
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор физико-математических наук,
Сухих Леонид Григорьевич

«10» 11 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертационную работу **Фазылзяновой Гульнур Рафисовны** «Повышение седиментационной стабильности битумных вяжущих, модифицированных вторичными полиэтиленами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Актуальность темы исследования.

Диссертационная работа Фазылзяновой Г.Р. посвящена решению важной задачи — обеспечению стабильности физико-механических свойств битумполимерных вяжущих (БПВ) на этапах их промышленного производства, длительного хранения в горячем состоянии и транспортировки. В условиях необходимости импортозамещения полимерных модификаторов проблема неконтролируемого фазового расслоения становится важным технологическим барьером для отрасли.

Актуальность работы обусловлена необходимостью решения задачи **нефтехимии** — обеспечения седиментационной стабильности дисперсных битумполимерных систем при их высокотемпературном хранении и транспортировке. Работа направлена на изучение закономерностей формирования структуры и свойств сложных углеводородных композиций.

Автором предложено решение проблемы не через традиционный путь усложнения химического состава вводимых поверхностно-активных добавок, а через управление внутренней фазовой архитектурой системы «битум — вторичный полиэтилен» за счет учета исходного компонентного состава нефтяного сырья. Такой подход имеет высокую экономическую целесообразность для нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и битумных производств.

Несмотря на то, что вторичные полимеры улучшают эксплуатационные характеристики битумных материалов, их термодинамическая несовместимость с битумом вызывает расслоение, что негативно сказывается на воспроизводимости технологических процессов.

В ходе исследования автором выявлены основные стабилизирующие (парафинонафтеновые углеводороды) и дестабилизирующие (асфальтены) компоненты, что формирует базу для управления фазовой устойчивостью систем.

Особую значимость работе придает использование в качестве модификаторов отходов полимеров, что соответствует приоритетным задачам нефтехимии по рациональному использованию сырья. Предложенные автором научно обоснованные подходы к получению седиментационно стабильных БПВ открывают перспективы для создания ресурсосберегающих технологий, снижения производственного брака на этапах хранения и транспортировки, а также повышения экономической эффективности дорожного строительства за счет внедрения стабильного полимерного сырья. Вышесказанное подтверждает несомненную **актуальность** диссертационной работы Фазылзяновой Г.Р.

Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей влияния группового химического состава битума на седиментационную устойчивость битумполимерных систем при их хранении. Доказано определяющее влияние химической природы компонентов, выявлено, что парафинонафтеновые углеводороды и твердые парафины выступают в роли природных стабилизаторов, препятствующих осаждению тяжелых фаз, в то время как асфальтены являются инициаторами фазового распада системы. Установлена и количественно охарактеризована различная степень совместимости вторичных полиэтиленов, структурно аналогичных полиэтилену высокой плотности (ПЭВП), линейному полиэтилену низкой плотности (ЛПЭНП) и полиэтилену низкой плотности (ПЭНП), с нефтяными дисперсными системами. Обнаружен и научно обоснован эффект одновременной разнонаправленной сегрегации полимерной фазы (полиэтилена) и смолисто-асфальтеновых компонентов при высокотемпературном хранении. Принципиально важным является то, что данный процесс гравитационного расслоения практически не коррелирует с классическими показателями коллоидной стабильности исходного битума, что доказывает – проблема расслаивания БПВ носит не коллоидно-химический, а полимерно-фазовый характер, требующий принципиально иных подходов к их стабилизации.

Практическая значимость работы заключается в разработке способов повышения седиментационной стабильности битумных вяжущих, модифицированных вторичными полиэтиленами. В ходе работы соискатель определила технологические параметры получения стабильных битумных вяжущих, модифицированных вторичными ПЭВП и ПЭНП. Установлено, что для достижения стабильности требуется переход к интенсивным режимам диспергирования (1200 об/мин, время более 5 часов). Определено, что изменение технологических параметров не способствует повышению седиментационной стабильности битумного вяжущего, модифицированного вторичным ЛПЭНП. Выявлены недостатки определения стабильности битумполимерного вяжущего по реологическим параметрам.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов не вызывают сомнений и

подтверждаются корректной интерпретацией данных, полученных при комплексном анализе объектов исследования с использованием современных инструментальных методов. Использование современных методов анализа и корректная интерпретация данных, сопоставимых с авторитетными литературными источниками, способствуют не только получению новых результатов, но и подтверждению ранее установленных научных фактов.

Основное содержание и общая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа Фазылзяновой Г.Р. характеризуется традиционной структурой и состоит из введения, литературного обзора, описания объектов и методов исследования, а также четырех глав, содержащих анализ и обсуждение результатов. Завершают работу заключение и список литературы, включающий 182 источника, из которых значительная часть представляет собой зарубежные публикации и приложение. Объем диссертационной работы составляет 138 страниц печатного текста, включает 35 рисунков и 34 таблицы.

Во **введении** обоснована значимость темы исследования, определены его цели и задачи, научная новизна, а также теоретическая и практическая ценность работы. Приведены основные положения, которые будут вынесены на защиту.

В первой главе представлен обзор научной литературы, посвященный исследованию состава и свойств битумов и полимеров. Приведены результаты ранее известных работ по модификации битумных вяжущих. В обзоре отражено современное состояние исследований в данной области. Обзор завершается выводами, на основе которых сформулированы цели и задачи настоящей работы. Результаты, описанные в данном разделе, представляют интерес для специалистов, занимающихся разработкой модифицированных битумных вяжущих, а также технологиями повышения их эксплуатационных свойств и седиментационной стабильности.

Во второй главе приведена характеристика объектов, описаны методы анализа их состава и физико-химических свойств. Следует отметить использование современных методов анализа, таких как ИК-Фурье и ЭПР спектроскопия, рентгенофазовый анализ, газожидкостная хроматография, калориметрия, вискозиметрия и другие методы, что позволило получить достоверные результаты.

В третьей главе диссертации представлены результаты исследования состава и свойств битумов и структуры вторичных полиэтиленов.

Показано, что выбранные для исследования товарные битумы значительно отличаются по компонентному составу, пластическим свойствам, а выбранные для их модификации отходы полимерной промышленности относятся к полиэтиленам различной структуры, соответствующих полиэтилену высокой плотности, линейному полиэтилену низкой плотности и полиэтилену низкой плотности.

В четвертой главе исследована совместимость вторичных полиэтиленов с индивидуальными углеводородами (алканы, нафтены, ароматика) и минеральными маслами. Установлено, что на этапе индивидуальных сред набухание полимеров практически не зависит от их структуры, тогда как в минеральных маслах максимальную степень набухания

в среде парафинонафтеновых углеводородов проявляют ЛПЭНП и ПЭНП. Показано, что смеси с высоким содержанием ПНУ более стабильны при высокотемпературном хранении, а интенсивное перемешивание способствует частичному растворению полимера. Доказано, что введение смол не оказывает существенного влияния на систему, в то время как концентрация асфальтенов свыше 5 % приводит к практически полному расслаиванию модифицированного вяжущего. Обнаружена побочная практическая возможность: высокие сорбционные свойства ЛПЭНП позволяют использовать его для ликвидации разливов нефти с последующей утилизацией отработанного сорбента в качестве модификатора БПВ.

В **пятой главе** исследована седиментационная стабильность БПВ на основе товарных битумов. Доказано, что при высокотемпературном хранении, помимо всплытия полимеров, происходит гравитационное осаждение асфальтенов, степень которого была количественно оценена диссертантом. Выявлена некорректность оценки стабильности по реологическому параметру (температуре размягчения), в связи с чем автором предложена экспресс-методика на основе калориметрии. Изучена кинетика процесса – расслоение вяжущих начинается уже через 2 часа хранения.

В **шестой главе** Фазылзянова Г.Р. провела подбор технологических параметров приготовления битумполимерных вяжущих седиментационно стабильных при высокотемпературном хранении. Ею были получены стабильные при высокотемпературном хранении битумные вяжущие, модифицированные полиэтиленом высокой плотности и полиэтиленом низкой плотности. Диссертант показал, что для получения стабильных битумполимерных вяжущих необходимы более «жесткие» условия, такие как длительное перемешивание (более 5 ч) и интенсивное перемешивание 1200 об/мин. В случае битумного вяжущего, модифицированного ЛПЭНП, автор предлагает альтернативный способ повышения его стабильности путем введения дополнительного компонента – отходов свеклосахарной промышленности – свекловичного жома.

В Заключении представлены детальные выводы по результатам диссертационного исследования.

Содержание каждой главы полностью соответствует Положениям, выносимыми на защиту, что свидетельствует о логической последовательности и обоснованности выводов автора.

Рекомендации по использованию результатов работы.

Полученные результаты могут способствовать повышению эффективности битумных предприятий и представляют интерес для научных организаций и учебных заведений, занимающихся вопросами битумполимерных вяжущих: Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Самарский государственный технический университет», Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», а также для профильных промышленных предприятий.

В частности, практическая значимость работы подтверждена производителями битумных материалов (АО «Татнефтехиминвест-Холдинг», ООО «Контур», ООО «ТЭПС»), а также представляет интерес для крупных вертикально-интегрированных нефтяных компаний (ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Татнефть») и дорожно-строительных организаций, внедряющих современные битумполимерные вяжущие.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.4.12. Нефтехимия в пунктах:

п. 1 Химический состав нефти: анализ, исследование свойств и закономерностей распределения, выделения и использования классов и групп соединений (парафины, нафтены, ароматические углеводороды, серо-, азот- и кислородсодержащие соединения, смолистые, асфальтеновые и металлсодержащие компоненты), масс-спектрометрические методы и оборудование для исследований состава нефтей, объектов окружающей среды и решения задач нефтегазохимии;

п. 5. в части Глубокая переработка нефти, утилизация побочных продуктов и отходов. Мероприятия по охране окружающей среды в процессах нефтехимии.

К диссертационной работе Фазылзяновой Г.Р. имеются **вопросы, замечания и пожелания:**

1. В работе наблюдаются ошибки технического характера.

По тексту имеются пропуски запятых; в абзаце, начинающемся со слов «Вторичные полимеры…» (стр. 40) дважды повторяется один и тот же текст.

В табл.4.17, стр.100 соискатель использует без пояснения ранее не примененные обозначения PG, X, Y.

2. Стр. 24. Предложение: «Процессы структурообразования в НДС тесно коррелируют с химическим, групповым и фракционным составом исходной нефти и нефтепродуктов».

Непонятно выражение **«тесно коррелируют»**.

3. Стр. 39, абзац 1. Автором используется выражение «остатки сопроводительных веществ». Что имелось ввиду?

4. Стр. 165. Автор использует выражение «ширина свободного стабильного радикала». Что это?

5. Стр. 41. В предложении «С экологической точки зрения модификация битума пластиковыми отходами является **хорошим** способом **удаления** отходов». Спорным моментом является утверждение **«хорошим»**, так как требует доказательств в каждом конкретном случае. Понятие «Удаление» чаще связано с понятием «Разделение».

6. Вторичные полиэтилены, **предоставляемые заводами-изготовителями**, могут быть как полностью идентичными первичному (смёт, рубленые мешки, крупные гранулы с фильтров), так и основательно деструктурированными и загрязненными(полимер из литников, фильер, так называемая **«промывка»**). В какой форме были получены ПЭ с заводов, внешний вид, дисперсный состав?

7. стр. 63. Соискатель не очень ладит с понятием «корреляция». В корреляционном анализе существуют понятия коэффициент корреляции, среднеквадратичное отклонение. Возможно, автору для объяснения явлений следует использовать понятия «связь», «симбатность», «антибатность», соответствие и т.д.?

8. Стр. 69. Предложение «Следует отметить, что **ЛПЭНП и ПЭНП являются механической смесью ПЭ различных типов** с преимущественным содержанием ЛПЭНП и ПЭНП» и далее… Если это так, то, вероятно, **некоторые выводы, сделанные на основании теплот фазовых переходов, могут быть интерпретированы иначе, чем это делает соискатель.**

9. В табл. 3.8. одновременно присутствуют **«кристалличность»** и **«степень кристалличности»**. Но ведь кристалличность – это **качественная** характеристика, а степень кристалличности – **количественная**?

10. Стр. 106. На графиках рис.5.2 **отсутствуют экспериментальные точки**. Следует либо обрабатывать графики соответствующими процедурами, либо объяснять переломы на графиках.

11. Стр. 107. Фраза «Предложен **новый способ** оценки седиментационной стабильности БВ, модифицированных поликристаллическими полимерами методом калориметрии. Данный метод имеет **явные преимущества** по сравнению с весовым».

Во-первых, на наш взгляд самым явным преимуществом метода является его повышенная точность измерения, оцененная независимым методом. В табл. 5.1 приведенные значения $R_{d\ пэ}$ абсолютно одинаковы и предельны, и **могут только говорить о каких-то пределах, границах использования этого метода**.

Во-вторых, говоря об экспрессности и доступности, **следует учитывать также необходимое аппаратурное оснащение.**

12. Стр. 112. Раздел 6.2. Неожиданное для этой работы предложение использовать в качестве стабилизирующей добавки использовать так называемый биополимер. В работе не проведена **оценка концентрационного интервала введения биополимера.**

Высказанные замечания и пожелания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Основное содержание работы представлено в 7 статьях, рекомендуемых ВАК, из которых – 4 в журналах, индексируемых и в Scopus, и в Web of Science (WoS). Материалы диссертации обсуждались на 13 конференциях различного уровня. Количество и структура публикаций соответствуют пункту 13 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 в действующей редакции).

Автореферат диссертации Фазылзяновой Г.Р. отвечает требованиям пункта 25 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 в действующей редакции).

Диссертационная работа Фазылзяновой Гульнур Рафисовны «Повышение седиментационной стабильности битумных вяжущих, модифицированных вторичными полиэтиленами» представляет собой завершенную самостоятельную научно-

квалификационную работу, в которой решена актуальная задача нефтехимии в области битумполимерных вяжущих, а именно, разработаны научно обоснованные подходы к получению стабильных битумполимерных вяжущих и предложены альтернативные способы повышения их седиментационной стабильности при высокотемпературном хранении, что имеет важное фундаментальное и практическое значение для развития нефтехимической промышленности.

Работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 в действующей редакции), предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения данной ученой степени по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Диссертационная работа Фазылзяновой Г.Р. «Повышение седиментационной стабильности битумных вяжущих, модифицированных вторичными полиэтиленами» обсуждена и одобрена на заседании Отделения химической инженерии ИШПР ФГАОУ ВО НИ ТПУ, протокол № 8 от 02 ноября 2026 г.

Профессор Отделения химической инженерии
Инженерной школы природных ресурсов (ИШПР)
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, доктор технических наук
(02.00.13 (1.4.12.) – Нефтехимия), доцент

Бондалетов Владимир Григорьевич
08 ноября 2026 г.

Подпись Бондалетова Владимира Григорьевича заверяю:

Ученый секретарь Национального исследовательского
Томского Политехнического университета

Новикова Валерия Дмитриевна

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования (ФГАОУ ВО НИ ТПУ). 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. Тел.: +7 (3822) 60-63-33. E-mail: tpu@tpu.ru. Адрес сайта: https://tpu.ru.

Вход. № 05-9231
«16» 11 2026 г.
подпись