

ОТЗЫВ

официального оппонента Туманяна Бориса Петровича
на диссертационную работу Фирсина Алексея Александровича
«Модификация нефтяных битумов вторичными полиэтиленами»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Актуальность темы исследования. В последние годы потребность в битумных материалах с улучшенными характеристиками по сравнению с обычными битумами растет большими темпами. Строительство новых дорог и сооружений становится драйвером развития сопутствующей инфраструктуры и жилищного строительства, приводя к росту спроса на технологичные кровельные и гидроизоляционные материалы. Для производства битумных материалов с улучшенными характеристиками традиционно применяются полимерные модификаторы на основе стирол-бутадиен-стирольного термоэластопласта (СБС), широко используемого в дорожном строительстве. Особенности производства кровельных битумных материалов позволяют использовать альтернативные материалы, такие как полиэтилен, полипропилен и др. Одновременно растет доля использования переработанных вторичных полимеров. Необходимо отметить, что применение вторичных полимеров осложняется нестабильностью их свойств и состава, поэтому разработка методик по подбору и уточнению рецептур материалов на основе вторичных полимеров является весьма востребованной. Таким образом, диссертационная работа Фирсина Алексея Александровича по исследованию особенностей применения вторичного полиэтилена высокого давления для модификации кровельных битумов является **актуальной**.

Структура работы и основные результаты. Диссертационная работа Фирсина А.А. изложена на 118 страницах и состоит из введения, трех глав, в том числе обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, списка литературы, включающего 168 наименований.

Во *введении* представлена общая характеристика работы.

В *литературном обзоре* представлены особенности производства нефтяных битумов в разрезе разных технологий. Рассмотрены и охарактеризованы основные групповые компоненты, входящие в состав нефтяных битумов. Большое внимание уделено дисперсной структуре, формирующейся в битуме в процессе его приготовления и хранения. Рассмотрены особенности модификации битума разными типами полимеров, вопросы их совместимости, а также стабильности получаемых композиций. Проведен обзор по применению в качестве модификаторов вторичных полимерных материалов в

разных странах, включая Россию. Выявлены новые методики, позволяющие взглянуть на процессы и закономерности формирования микроструктуры битума под новым углом. Автор сопоставлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по применению различных модификаторов для получения качественных битумных материалов. В заключении литературного обзора диссертантом делается вывод об актуальности научных исследований по разработке эффективных технологий модификации битума с использованием вторичных полимерных материалов, обосновывается набор объектов и методов для дальнейших экспериментальных исследований. В этой связи представляют интерес рассмотренные автором возможности обобщения данных многолетних исследований и предсказания свойств битум-полимерных смесей с применением нейронных сетей различной архитектуры.

В *экспериментальной части* описаны состав и свойства товарных кровельных марок битума разного происхождения. Приведены современные методы инструментального анализа, использованные в работе: метод жидкостно-адсорбционной хроматографии (для определения группового состава исходных битумов и битум-полимерных смесей), элементный анализ (для определения содержания серы и азота), метод ИК-Фурье спектроскопии (для определения структурно-группового состава), метод температурно-модулированной дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) (для оценки структурно-фазовых переходов в образцах битума и битум-полимерных смесей), методы термомеханического и динамического механического анализа (для определения реологических и релаксационных характеристик полученных образцов), флуоресцентная микроскопия (для оптического изучения микроструктуры образцов).

Обсуждение результатов логически разбито на две части. В первой части обсуждения приводятся результаты изучения свойств и характеристик исходных битумов. Исследуются их пластические свойства, групповой состав. Методами ИК-спектроскопии и температурно-модулированной ДСК проводится подробный анализ компонентов битума. Исследуются особенности формирования внутренней структуры в битуме и вклад отдельных групповых компонентов в этот процесс. Для верификации полученных результатов в работе составлены модельные битумные системы с разным содержанием групповых компонентов. Проведена серия исследований по оценке влияния условий хранения на характеристики битума. Во второй части обсуждения проведено исследование образцов полиэтилена высокого давления, который представляет собой переработанный использованный полимер, собранный специализированными организациями. Показано, что особенностью использования таких материалов является

большие колебания их состава и свойств. Приготовлены и исследованы битум-полимерные смеси с вторичным полиэтиленом, и определены оптимальные концентрации полиэтилена и образцы битума, которые удовлетворяют критериям стабильности и качества. Предложена методика, которая на основе ранее полученных при исследовании битумов и полимеров данных, а также микроструктур образцов, полученных флуоресцентной микроскопией, позволяет оперативно подобрать оптимальные соотношения компонентов для конкретного образца битума и полимера. Выявлены основные технологические аспекты, которые необходимо учитывать при производстве строительных материалов на основе битумов, модифицированных вторичными полиэтиленами.

Научная новизна исследований и полученных результатов. Автором диссертации предлагается подход оперативной оценки однородности битум-полимерных смесей на основе переработанных полиэтиленов высокого давления. Показана возможность использования метода температурно-модулированной дифференциальной сканирующей калориметрии для изучения таких сложных систем как битум, с сохранением его внутренней структуры. Изучено комплексное взаимодействие между компонентами как битума, так и компонентами битум-полимерных смесей на основе вторичных полиэтиленов, что определяет **теоретическую и практическую значимость работы**. Особо следует подчеркнуть разработанные автором алгоритмы программной оценки параметров однородности битум-полимерных смесей и предсказания их потребительских свойств, что является ценным методическим подходом для разработки рецептур в процессе создания битум-полимерных композиций с использованием вторичных полиэтиленовых и других типов отходов. Накопленные автором данные в процессе обширных экспериментов могут использоваться при производстве битум-полимерных композиций, а также могут в дальнейшем применяться для пополнения нейросетевых моделей для определения, в частности оптимальной концентрации вторичного полиэтилена в смесевых рецептурах битумных материалов.

Заключение, содержащее выводы и основные результаты диссертации, обосновано и достоверно, о чем свидетельствуют согласованность представленных экспериментальных данных, полученных с использованием различных современных методов инструментального анализа, а также их аргументированная интерпретация с сопоставлением с литературными данными.

Имеющиеся к работе **замечания** не носят принципиального характера и не затрагивают суть настоящей работы:

1. Для исследования исходных объектов и полученных смесей в работе были привлечены современные методы анализа, такие как температурно-модулированная дифференциальная сканирующая калориметрия (стр. 52) и динамический механический анализ (стр. 61). Интересно было бы в качестве прогноза расширить применение данных методов для разработки рецептур дорожных битумов.

2. На стр. 39 (глава 2) говорится о применении метода атомной силовой микроскопии для исследования образцов, но далее в тексте работы результаты не приводятся.

3. На стр. 88 диссертации (глава 3) приводится описание методики оценки качества битум-полимерной смеси. Возможно ли применение данной методики для смесей с другими типами полимеров, отличных от полиэтилена высокого давления, или со смесевыми модификаторами?

Отмеченные замечания не ставят под сомнение полученные результаты и не снижают высокую оценку проведенного автором исследования.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, содержит новые научные результаты, которые могут быть использованы для вовлечения переработанных полимерных материалов в новый цикл эксплуатации, что решает вопросы не только дефицита строительных материалов, но и экологические проблемы. Фирсиным А.А. изучен актуальный литературный материал по теме работы; проведены экспериментальные исследования по совмещению битумов с полиэтиленами высокого давления; с помощью современных методов анализа получены данные по динамике формирования внутренней структуры битума и битум-полимерной смеси, а также вкладу отдельных групповых компонентов в этот процесс, которые были доказательно и обоснованно интерпретированы.

По материалам диссертационной работы опубликовано 5 статей в российских рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 12 статей в журналах, входящих в реферативные базы WoS и Scopus, 8 публикаций в сборниках конференций, и одна публикация в прочих рецензируемых изданиях.

Автореферат в полной мере отражает положения и результаты, представленные в диссертации.

Диссертационная работа Фирсина Алексея Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено успешное решение задачи, важной для нефтехимии: выявлены особенности применения переработанных

полиэтиленов высоко давления в качестве модификатора для кровельных битумов; разработан подход для оперативного подбора рецептур данных смесей. Основные научные положения и выводы, изложенные в диссертации, оригинальны.

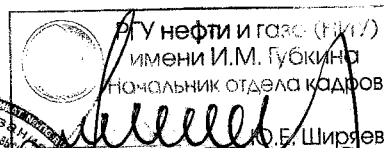
На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что диссертационная работа Фирсина Алексея Александровича полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Фирсин Алексей Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Официальный оппонент,
доктор технических наук (05.17.07 –
Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ),
профессор кафедры
технологии переработки нефти
федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Российский
государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский
университет) имени И.М. Губкина»
119991, г. Москва, ул. Ленинский пр-т., д. 65
+7 (499) 507-88-88
bortum@mail.ru

Туманян Борис Петрович

16 мая 2024 года

Подпись Туманяна Б.П. удостоверяю



Вход. № 05-8024
« 22 » 05 2024 г.
подпись: