

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Бызовой Юлии Сергеевны  
«Разработка модифицированных битумоминеральных композиций»,  
представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD)  
по специальности  
8D07102 - «Химическая технология органических веществ»

**Актуальность темы.** Проблема создания эффективных дорожных покрытий актуальна с позиций ресурсосбережения, обеспечения надежности, долговечности их эксплуатационных характеристик. В силу химической природы и структурных особенностей асфальтобетона основным способом повышения сроков службы покрытий является изменение структуры и свойств органических вяжущих. Повсеместно применяемые в качестве органических вяжущих, дорожные битумы не способны обеспечить в современных условиях требуемые физико-механические свойства покрытий и их долговечность. Модифицирование дорожных битумов, как свидетельствует опыт мировой практики, характеризуется многогранностью, разветвленностью способов его технологической реализации, существо которых сводится к двум основным направлениям. Одно из технологических направлений повышения качества битума базируется на введении модификаторов поверхностно-активного действия. Чаще всего используют катионные ПАВ для обеспечения высокой адгезии между битумом и минеральным компонентом дорожного покрытия. Другое направление основывается на модификации битумов полимерными материалами, которые придают битумам характерные для них физико-механические свойства, за счет создания пространственной структурной сетки в битуме. Однако, сдерживающим фактором их применения является значительное увеличение стоимости модифицированного битумного вяжущего.

Перспективным направлением создания битумного вяжущего, отвечающего самым современным мировым требованиям, является совместное введение эффективных ПАВ (из номенклатуры промышленных и синтезированных) и полимеров (отработанных и требующих утилизации). Однако их применение осложнено тем, что генерация заданных поверхностных свойств и микроструктуры битума осуществляется не химическим путем, а за счет превращений, реализуемых на уровне межмолекулярных взаимодействий. Узкий диапазон значений энергии, в рамках которых реализуются различные состояния легко трансформируемых модифицированных форм, требует

целенаправленного подбора и оптимальной дозировки аддитивов для достижения требуемого эффекта и исключения нежелательных побочных результатов.

**Соответствие направлениям развития науки или государственным программам.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ в рамках программ грантового финансирования научных и научно-технических проектов МНВО РК на 2023-2025 годы по приоритетным направлениям развития науки, АР19677707 «Разработка модифицированных асфальтобетонных композиций с использованием продуктов вторичной переработки отходов производств».

**Объект исследования:** битум нефтяной дорожный марки БНД 100/130, отработанная герметизирующая жидкость на основе полиизобутилена АГ-4И, промышленная адгезионная присадка АМДОР-10, поверхностно-активное вещество АС-1, синтезированное из отходов нефтехимии.

**Предмет исследования:** адгезионный, гидрофобизирующий и прочностной эффекты аддитивов в составе модифицированных битумоминеральных композиций; оптимальная рецептура, рекомендованная для производства асфальтобетона с улучшенным комплексом физико-механических характеристик.

**Целью диссертационной работы** является разработка модифицированных битумоминеральных композиций с улучшенным комплексом эксплуатационных показателей путем оптимизации состава по результатам физико-химических и физико-механических исследований.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучение физико-химических свойств модельных бинарных «битум-АС-1», «битум-АМДОР-10», «битум-АГ-4И» и тройных «битум-АГ-4И-АС-1» систем, индивидуальными составляющими которых являются нефтяной дорожный битум, аддитивы на основе органических аминопроизводных и отработанного раствора полиизобутилена в минеральном масле (герметизирующая жидкость АГ-4И);

2. Исследование влияния концентрации аддитивов в битуме на процессы смачивания минеральных наполнителей различной природы и гидрофобность битумных пленок, на показатели адгезионной эффективности модификаторов, а также на развитие процессов структурирования в объеме дисперсной системы битума;

3. Оценка влияния составов композиций на физико-механические характеристики модифицированного битума и асфальтобетонных смесей;

4. Разработка оптимального состава модифицированной битумоминеральной композиций с улучшенным комплексом физико-механических характеристик.

**Методы исследования.** Использовали аттестованные химические и инструментальные методы анализа: инфракрасная спектроскопия (Инфралюм ФТ-08), атомно-силовая микроскопия (Solver Spectrum), определение поверхностного натяжения и краевого угла смачивания на автоматической установке серии АСАМ, вискозиметрический анализ (вискозиметр ВЗ-DIN4). Оценку физико-механических характеристик модифицированного битумного вяжущего и прочностных свойств асфальтобетона на его основе осуществляли по стандартизированным методикам с применением аппарата для определения температуры размягчения нефтепродуктов (КиШ-20), автоматического аппарата для определения температуры хрупкости нефтебитумов (АТХ-20), автоматического пенетрометра (ПН-20), прибора для определения дуктильности битума (ДБ-20-100), автоматического испытательного пресса ИП-100-М, методы математического моделирования.

#### **Научная новизна диссертационной работы.**

- Впервые установлена эффективность совместного применения отработанной герметизирующей жидкости на основе полиизобутилена и поверхностно-активного вещества АС-1, синтезированного из отходов нефтехимии, в качестве модификаторов для дорожного битума. Максимальный смачивающий эффект модифицированного битумного вяжущего по отношению к поверхности минерального наполнителя установлен при сочетании двух модификаторов, локализующихся на разных по своей природе адсорбционных центрах щебня, что приводит к более глубокому понижению удельной поверхностной энергии и краевого угла смачивания.

- Доказано, что максимальная адгезия битума с минеральным компонентом дорожного покрытия обеспечивается при совместном присутствии модификаторов и достигает максимума при  $C_{АГ-4И}=1,0$  г/дм<sup>3</sup> и  $C_{АС-1}=1,0$  г/дм<sup>3</sup>.

- Впервые выявлена тесная корреляция в характере изменения дисперсного состава модифицированного битума, установленного методом АСМ, и показателей прочности на сжатие образцов асфальтобетона. Максимальный эффект повышения прочности асфальтобетона ( $R_{20}$  на 28,13 % и  $R_{50}$  на 63,63%) на основе тройной композиции «битум-АГ-4И-АС-1» ( $C_{АГ-4И}=1,0$  г/дм<sup>3</sup>;  $C_{АС-1}=1,0$  г/дм<sup>3</sup>) достигнут при наименьшем размере асфальтеновых агрегатов модифицированного битума ( $a_{ср}=1,66$  мкм).

- Выявлена корреляция между гидрофобизирующим эффектом модификаторов в битуме и водостойкостью модифицированного асфальтобетона. Минимальное

водонасыщение асфальтобетонных образцов зафиксировано при той же концентрации модификаторов ( $C=1,0$  г/дм<sup>3</sup>), при которой наблюдался максимальный краевой угол смачивания водой.

- Модифицирующие эффекты аддитивов – адгезионный, гидрофобизирующий, упрочняющий – систематизированы в форме многофакторных зависимостей, которые использованы для установления оптимальных концентраций аддитивов в составе битумного вяжущего и прогнозирования эксплуатационных характеристик покрытий.

**Практическая значимость** заключается в расширении ассортимента эффективных аддитивов и разработке на их основе модифицированной битумной композиции, включающей совместное присутствие полимера и ПАВ, эффективность которой подтверждена результатами независимой экспертизы в испытательной лаборатории РГП на ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов» по Северо-Казахстанской области. Созданная технология модифицирования битума полимером и ПАВ позволяет рационально утилизировать отходы предприятий путем их вторичного применения в качестве модификаторов, исключает применение дорогостоящих импортных адгезионных присадок при производстве асфальтобетона в РК.

#### **Положения диссертации, выносимые на защиту:**

- Влияние концентрации модификаторов и температуры на поверхностное натяжение и процессы структурирования в бинарных «битум-АС-1», «битум-АМДОР-10», «битум-АГ-4И» и тройных «битум-АС-1-АГ-4И» системах. Зависимость изменений прочностных показателей образцов асфальтобетона от дисперсного состава модифицированного битума.

- Влияние концентрации аддитивов в составе битумного вяжущего на процессы смачивания минеральных наполнителей различной природы и их адгезионную эффективность. Моделирование совместного влияния аддитивов на смачивающие свойства модифицированных битумных композиций.

- Зависимость влияния модификаторов на гидрофобность битумных пленок. Номограмма зависимости показателя водонасыщения асфальтобетона от краевого угла смачивания водой модифицированных битумных пленок.

- Влияние составов модифицированных битумных композиций на физико-механические характеристики битумного вяжущего. Оптимальный состав модифицированной асфальтобетонной смеси для дорожных покрытий, включающий совместное присутствие АГ-4И и АС-1.

**Обоснованность и достоверность результатов** и рекомендаций базируется на использовании стандартных апробированных методик и методов исследований с применением методов статистической обработки результатов экспериментов с высоким коэффициентом корреляции.

**Апробация работы.** Основное содержание диссертации опубликовано в 4 журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science, и в 3 изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 международных симпозиумах и научно-практических конференциях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников из 217 наименований, содержит 164 страницы текста, 65 рисунков, 45 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы. Отмечено, что эффективное решение проблемы улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона путем модифицирования битумного вяжущего базируется на расширении ассортимента аддитивов, синтезированных на основе промышленных отходов нефтехимии и отработанных полимерных материалов. Определены цель, задачи, объект и предмет исследования, раскрывается научная новизна, практическая значимость работы, приведены методы исследования.

**В первом разделе** анализируются причины неудовлетворительного качества асфальтобетонных дорожных покрытий, а также современные направления модифицирования битумоминеральных композиций для улучшения их функциональных характеристик. Обосновывается целесообразность модифицирования нефтяного дорожного битума поверхностно-активными веществами и отработанными полимерами, что является особенно актуальным с позиции ресурсосбережения. Проблемы, возникающие при определении номенклатуры эффективных модификаторов и возможности их совместного применения, связанные с отсутствием общей физико-химической теории модифицирования битумных композиций, определили направления настоящих исследований.

**Второй раздел** включает в себя исследование поверхностных свойств бинарных «битум-ПАВ», «битум-полимер» и тройных «битум-АГ-4И-АС-1» модифицированных битумных композиций в зависимости от концентрации модификатора и температурных режимов путем измерения поверхностного натяжения модифицированного вяжущего на межфазной границе с воздухом.

**В третьем разделе** представлены результаты исследований по оценке влияния концентрации модификаторов и температурных режимов на процессы структурирования в бинарных «битум-АС-1», «битум-АМДОР-10», «битум-АГ-4И» и тройных ««битум-АГ-4И-АС-1» системах с применением вискозиметрического анализа и метода атомно-силовой микроскопии.

**В четвертом разделе** представлены результаты установления влияния модификаторов на смачивание минеральных наполнителей различной природы битумом и адгезионную эффективность аддитивов в составе битумо-минеральной композиции.

**В пятом разделе** рассмотрено установление влияния модификаторов на гидрофобность битумных пленок для достижения минимальных показателей водонасыщения. Выведены корреляционные зависимости между краевым углом смачивания водой модифицированных битумных пленок и показателем водонасыщения асфальтобетонных образцов, что дает возможность прогнозировать гидрофобность формируемых асфальтобетонных покрытий.

**В шестом разделе** представлен анализ комплекса физико-механических характеристик модифицированного битумного вяжущего, что позволяет подтвердить рекомендуемые концентрационные режимы ввода модификаторов в битумное вяжущее, установленные ранее; приведен оптимизированный состав асфальтобетонной смеси и технико-экономическая оценка.

**В заключении** представлены основные выводы по результатам проведенного комплекса экспериментальных исследований.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновывающих основные положения, выносимые на защиту, также автору принадлежит значимая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

**Описание вклада докторанта в подготовку научных публикации.** Диссертант является автором–корреспондентом (corresponding author) всех научных статей, изданных по результатам проведенных исследовательских работ. Основное содержание и результаты диссертационной работы отражены в 12 научных работах, из них 4 статьи опубликованы в научных изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science, 3 статьи в республиканских журналах, входящих в Перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности, утверждаемый

уполномоченным органом, 5 докладов в материалах международных конференций и симпозиумов.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю к.х.н., профессору, заведующей кафедрой «Химия и химические технологии» Северо-Казахстанского университета имени М. Козыбаева, Дюрягиной Антонине Николаевне и зарубежному научному консультанту, PhD, ассоциированному профессору кафедры аналитической химии Софийского университета химической технологии и металлургии, Сурлевой Андриане Риск за неоценимую поддержку и консультации в ходе диссертационных исследований.