«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук (ИБХФ РАН)

д.х.н. _____ Трофимов А.В.

«19» октября 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук (ИБХФ РАН) о научно-практической ценности диссертации на диссертационную работу Юсупова Булата Наилевича «Композиции на основе смесей сополимеров этилена и винилового спирта с полиэтиленом и этилен-винилацетатными сополимерами», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Актуальность избранной темы.

Современная индустрия полимерной упаковки и технических изделий из пластиков всё активнее использует сложные многослойные конструкции. Ярким примером служат высокобарьерные упаковочные пленки для пищевых продуктов, лекарств и топливные баки автомобилей, где в качестве защитного слоя от проникновения газов и углеводородов выступает сополимер этилена и винилового спирта (СЭВС), защищенный гидрофобными полиолефинами (ПЭ, ПП). С ростом производства таких изделий критически возрастает объем трудноутилизируемых

многослойных отходов, экономически эффективной технологии разделения слоев которых на сегодняшний день не существует.

Вторичная переработка таких материалов неизбежно приводит к получению сложных полимерных смесей. Исследования структуры и свойств несовместимых смесей СЭВС с крупнотоннажными полиолефинами и их сополимерами в широком интервале концентраций до настоящего времени носили фрагментарный характер. В связи с этим диссертационная работа Юсупова Б.Н., направленная на системное изучение закономерностей структурообразования, поверхностных, сорбционных и деформационно-прочностных свойств бинарных систем на основе СЭВС, а также на разработку научно обоснованных путей их вторичной переработки, является актуальной научно-технической задачей.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна диссертационного исследования носит комплексный характер и заключается в следующих фундаментальных положениях, выносимых на защиту:

• Впервые методами лазерной интерферометрии и ДСК доказано, что несмотря на термодинамическую несовместимость всех изученных бинарных систем во всем диапазоне температур, приложение внешнего сдвигового воздействия в расплаве позволяет реализовать приповерхностное смешение фаз по диффузионному механизму за счет сегментальной подвижности.

• Обнаружен эффект смены функциональности поверхности пленок при введении СЭВС в матрицы полиэтилена низкого (ПЭНД) и высокого (ПЭВД) давления. Показано, что нейтральная поверхность чистого ПЭ переходит в выраженную основную (по Льюису) при содержании

сополимера до 50% об. за счет конформационных перестроек и выхода ОН-групп в поверхностный слой.

• Экспериментально установлено, что СЭВС способен формировать непрерывную фазу (каркас) при аномально низких концентрациях — от 8 об.% (по данным селективной растворимости) до 17–18 об.% (по сорбционным данным), что связано с его низкой вязкостью в расплаве и эффектом самоассоциации гидроксильных групп.

Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов.

Теоретическая значимость работы заключается в существенном расширении представлений физико-химии полимеров о процессах взаимодиффузии, структурообразования и формирования межфазных слоев в многокомпонентных системах с сильно различающейся полярностью компонентов. Сформированная база справочных данных (свободная поверхностная энергия, параметры кислотности, коэффициенты диффузии гексана и толуола для 44 смесей) имеет фундаментальную ценность для полимерного материаловедения.

Практическая значимость подтверждается успешным решением экологической и материаловедческой задачи. Автором разработаны научно обоснованные составы композиций на основе вторичного ПЭНД и отходов многослойных барьерных пленок (содержащих малеинизированный ПЭ в качестве встроенного компатибилизатора). Полученный композиционный материал по барьерным (сорбционно-диффузионным) характеристикам превосходит первичный полипропилен, традиционно используемый для канистр под ГСМ, при значительно меньшей стоимости. Практическая применимость результатов подтверждена положительным заключением ООО «Сибур-инновации».

Результаты диссертационной работы могут быть интересны для следующих научных коллективов: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и базируется на использовании широкого комплекса современных, взаимодополняющих физико-химических методов исследования: дифференциальной сканирующей калориметрии (DCS 204F1 Netzsch), лазерной микроинтерферометрии (ОДА-2 ИФХЭ РАН), гониометрии (ЛК-1) и стандартных механических испытаний; согласованностью результатов, полученных разными методами (данные ДСК и лазерной интерферометрии четко подтверждаются сорбционными тестами и измерениями поверхностной энергии). Выводы по результатам работы соответствуют поставленным цели и задачам диссертационного исследования.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом.

Диссертация объемом 140 страниц построена по классическому канону и состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы (133 источника) и приложения. Работа содержит оптимальное количество иллюстративного материала (63 рисунка и 8 таблиц).

Во Введении автор обосновывает актуальность темы, обусловленную необходимостью создания экономически эффективных методов вторичной переработки многослойных упаковочных материалов и баков ГСМ на основе сополимера этилена и винилового спирта (СЭВС) и полиолефинов. Сформулированы цель и 4 конкретные задачи исследования, отражены научная новизна, практическая ценность и положения, выносимые на защиту.

Диссертант демонстрирует глубокое понимание предметной области. В Главе 1 (Литературный обзор) подробно рассмотрены химическое строение, особенности промышленного получения СЭВС путем омыления сополимеров этилена с винилацетатом (СЭВА), а также факторы, определяющие его уникальные барьерные свойства против газов и углеводородов;дан критический анализ термодинамики и коллоидной структуры полимерных смесей; обобщены существующие способы компатибилизации несовместимых полимеров, включая реакционное совмещение и механохимическую деструкцию, а также проанализировано современное состояние технологии ламинарных барьерных материалов. Анализ литературы позволил автору выявить пробелы в исследовании бинарных смесей СЭВС в широком интервале концентраций и корректно поставить задачи исследования.

В Главе 2 (Экспериментальная часть) приведены исчерпывающие характеристики объектов исследования, вспомогательных веществ (тестовых жидкостей) и детально описаны методики проведения экспериментов. одробно изложены методики испытаний, включая как классические физико-механические и реологические тесты (вискозиметрия ИИРТ), так и специализированные физико-химические методы: селективную экстракцию в аппарате Сокслета, дифференциальную сканирующую калориметрию (Netzsch Phoenix DCS 204F1), лазерную микроинтерферометрию (ОДА-2) и метод Бергера для оценки кислотно-основных свойств поверхности

В Главе 3 (Обсуждение результатов) автор демонстрирует глубокие знания физико-химии гетерогенных систем. Рассмотрены фазовые равновесия, реологическое поведение смесей, их барьерные и поверхностные свойства. Особое внимание уделено взаимосвязи состава и структуры композиций с их эксплуатационными характеристиками. Так, значительное снижение коэффициента диффузии, сорбционной ёмкости и коэффициента проницаемости гексана и толуола объясняется образованием непрерывной фазы СЭВС уже при невысоких содержаниях (17–18 об.%), что согласуется с данными по селективной растворимости. Раздел, посвященный утилизации вторичного ПЭНД совместно с отходами многослойных пленок, логически завершает работу и выводит ее на уровень практического внедрения. Разработаны композиционные материалы на основе вторичного ПЭНД (после однократной экструзии и дробленых канистр) с добавлением 20–30% мас. СЭВС и 10% мас. отходов многослойных пленок, которые, благодаря наличию малеинизированного полиэтилена, выступили эффективным компатибилизатором системы. Полученные композиции по диффузионным барьерным свойствам превзошли ПЭНД и практически сравнялись с первичным полипропиленом при стоимости материала на 10–35% ниже стоимости ПП. Высокая плотность экспериментальных данных и логическая последовательность разделов третьей главы подчеркивают завершенность и высокую научную культуру проведенного исследования.

В заключении обобщены основные результаты исследований и представлены содержательные выводы по работе, подтверждающие как научную новизну, так и существенную практическую значимость, а также указаны перспективы данного направления исследования. Представленные в работе результаты и их обоснование, а также выводы свидетельствуют о достижении поставленной цели и решении сформулированных задач научного исследования. В приложении к диссертационной работе Юсупова Б.Н. приведен официальный документ от научно-исследовательского

центра ООО «Сибур-инновации» от 23.04.2026, подтверждающий практическую реализацию, производственную апробацию и технологическую ценность результатов исследований.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации полностью и адекватно отражает основное содержание работы, он оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в 13 печатных работах, в том числе 6 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Замечания по работе:

1. В работе основное внимание уделено начальным свойствам материалов. Поскольку несовместимые полимерные смеси склонны к медленным процессам коалесценции дисперсной фазы и релаксации межфазных напряжений, следовало привести данные по изменению свойств композиций в процессе их естественного или ускоренного климатического старения.
2. При исследовании влияния состава на показатель текучести расплава зафиксировано резкое аномальное падение ПТР. Процесс сшивания по свободно-радикальному механизму доказан введением антиоксидантов Irganox. Однако автор проводил измерения только при одной скорости сдвига (в условиях капиллярного вискозиметра ИИРТ). Представляется, что для технологической оценки

перерабатываемости таких смесей методами экструзии или выдувного формования было необходимо изучить кривые течения в более широком диапазоне скоростей сдвига для оценки эффекта сдвигового разжижения.

3. Для материалов, предназначенных для хранения органических растворителей и ГСМ, важно знать поведение при длительном контакте. Желательно получить информацию не только о сорбционно-диффузионных характеристиках, но и о миграции низкомолекулярных компонентов из полимерной матрицы в растворитель и возможного разрушения композиций при длительной эксплуатации.
4. Автором подробно изучена сорбция гексана и толуола, которые являются неполярными углеводородами. Учитывая, что СЭВС содержит большое количество полярных гидроксильных групп, для полноты картины барьерных свойств разработанных материалов следовало бы также оценить диффузионно-сорбционные характеристики композиций по отношению к полярным средам (например, к воде или низшим спиртам), которые могут вызывать пластификацию СЭВС-фазы.
5. Встречаются единичные опечатки и редакционные погрешности в оформлении подрисуночных надписей в Главе 3 (например, на некоторых графиках совмещены шкалы объемных и массовых процентов без явного пояснения в тексте).

Высказанные замечания не снижают оценки рецензируемой диссертационной работы. Оценка работы остается положительной.

Диссертационное исследование Юсупова Булата Наилевича «Композиции на основе смесей сополимеров этилена и винилового спирта с полиэтиленом и этилен-винилацетатными сополимерами» выполнено на

высоком научно-методическом уровне с привлечением широкого спектра современных и взаимодополняющих физико-химических методов.

Представленные экспериментальные данные хорошо структурированы и подкреплены корректной интерпретацией.

Достоверность положений и выводов автора базируется на корректном использовании стандартных, общепринятых и научно апробированных методик эксперимента.

Результаты работы открывают серьезные перспективы как для дальнейших теоретических изысканий, так и для решения актуальных прикладных задач полимерного материаловедения.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Таким образом, диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки высокобарьерных композиционных материалов на основе несовместимых смесей первичных и вторичных полимеров.

Диссертация Юсупова Булата Наилевича «Композиции на основе смесей сополимеров этилена и винилового спирта с полиэтиленом и этилен-винилацетатными сополимерами» соответствует паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов в пунктах 2 «свойства синтетических и природных полимеров, фазовые взаимодействия; исследования в направлении прогнозирования состав-свойства» и 6 «Полимерное материаловедение. Разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств».

По своей актуальности, научной новизне, практической значимости работы и личному вкладу автора, диссертационная работа Юсупова Булата Наилевича «Композиции на основе смесей сополимеров этилена и винилового спирта с полиэтиленом и этилен-винилацетатными сополимерами» соответствует требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Юсупов Булат Наилевич заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 - Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Содержание автореферата, диссертации и отзыва обсуждены и одобрены на совместном семинаре лаборатории химической стойкости полимеров и лаборатории физико-химии композиций синтетических и природных полимеров ИБХФ РАН (Протокол № 3 от 01.октября 2026 г.). На заседании присутствовало 19 человек (8 кандидатов наук, 2 доктора наук).

Отзыв составлен:

Зав. лабораторией химической стойкости полимеров ИБХФ РАН к.х.н. Ломакиным С.М.

Ломакин Сергей Модестович, кандидат химических наук (02.00.06), заведующий лабораторией химической стойкости полимеров
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук (ИБХФ РАН)
Адрес организации: 119334, Российская Федерация, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4
E-mail: ibcp@sky.chph.ras.ru
Телефон: +7(499)137-64-20

Вход. № 05-9207
«26» 10 2026 г.
подпись