

ОТЗЫВ

Официального оппонента Штильмана Михаила Исааковича
на диссертационную работу Варьян Иветты Арамовны
«Биоразлагаемые композиции на основе полиолефинов и эластомеров»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения»

Создание полимерных материалов с управляемыми свойствами и прогнозируемым жизненным циклом остаётся одной из ключевых задач современной химии высокомолекулярных соединений. Наиболее интенсивно развиваются направления, ориентированные на проектирование композитов, в которых структура, межфазное взаимодействие и морфология определяют как эксплуатационные характеристики, так и способность материала к контролируемой трансформации в природных условиях. В этом научно-технологическом контексте особый интерес представляют полиолефиновые системы, модифицированные природными эластомерами, как модельные объекты для исследования механизмов эволюции полимеров в процессе эксплуатационного и постэксплуатационного периода.

Диссертационная работа Варьян Иветты Арамовны относится к такому междисциплинарному направлению, сочетая подходы физической химии полимеров, материаловедения и методов оценки долговечности материалов. Исследование композиционных систем на основе ПЭНП и натурального каучука представляется актуальным, поскольку данные системы демонстрируют сочетание морфологических, механических и химических изменений, позволяющих рассматривать их как основу для получения материалов с регулируемой способностью к разрушению. Такое сочетание фундаментального характера и практической направленности делает работу значимой как для академической науки, так и для современных научно-производственных задач, связанных с разработкой материалов для отраслей, ориентированных на контролируемую долговечность и безопасность жизненного цикла продукции.

Отмечу также, что тематика диссертации выходит за рамки традиционного описания экологических аспектов применения полиолефинов. Работа направлена на установление фундаментальных закономерностей строения и эволюции полимерных систем при введении природного эластомера и потому представляет интерес прежде всего как физико-химическое исследование

процессов, определяющих структуру, свойства и динамику разложения полимерных композитов.

Диссертационная работа представляет собой целостное, логично выстроенное исследование. Иветта Арамовна демонстрирует умение анализировать материалы не только с позиции их эксплуатационных свойств, но прежде всего с точки зрения структурно-морфологических изменений, межфазных взаимодействий и эволюции надмолекулярной организации. Такой подход придаёт работе глубину и отличает её от описательных подходов.

Работа включает большой объем экспериментальных данных, полученных с использованием различных методов: оптической и электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, ИК-Фурье спектроскопии, гель-проникающей хроматографии, методов контактной углометрии, ДСК, ТГА и механических испытаний. Это создаёт основу, позволяющую автору исследовать полученные композиции ПЭНП/НК как многоуровневые полимерные системы, свойства которых формируются на стыке морфологии, химического состава и физико-механических характеристик.

Одним из ключевых достоинств работы является стремление рассматривать композицию как многоуровневый объект, в котором миграция фаз, межфазные взаимодействия, степень кристалличности и гидрофильность поверхности действуют согласованно, определяя кинетику деградационных процессов.

Структура диссертации традиционна, внутренняя логика глав демонстрирует последовательное движение от методологических оснований – к эксперименту – и далее к комплексной интерпретации полученных результатов:

Первая глава представляет собой не просто литературный обзор, а методологическую рамку, формирующую критерии оценки деградационных процессов. Автор выделяет ключевые параметры – морфологию, молекулярно-массовые характеристики, доступность активных центров для окисления, гидрофильность, межфазные взаимодействия – которые впоследствии становятся основой для анализа поведения композиций ПЭНП/НК. Введение в анализ параметров межфазной поверхности и обсуждение влияния природных компонентов НК на реакционную способность системы позволяет перейти к интерпретации экспериментальных данных.

Вторая глава содержит подробное описание методик и условий эксперимента. Методическая часть позволяет воспроизвести эксперименты и формирует основу для последующих сопоставлений. Научная ценность методического блока заключается в том, что он создаёт основу для

сопоставительного анализа материалов до и после длительной экспозиции в почвенном грунте, что крайне важно для систем с протекающими процессами деструкции.

Третья глава представляется наиболее важной частью диссертации. Автор выявляет пороговое содержание натурального каучука (выше 20 масс.%), при котором происходит переход от диспергированной структуры к взаимопроникающей сетчатой морфологии. Это наблюдение имеет принципиальное значение для понимания механизмов биодеструкции: увеличение площади межфазной поверхности и рост доли перенапряжённых связей создают предпосылки для ускоренного окисления полиэтилена. В работе убедительно показано, что именно морфология, а не только химическая природа компонентов, определяет реакционную способность системы.

Автору удалось продемонстрировать согласованность морфологических, механических и химических изменений:

- снижение угла смачивания и рост водопоглощения при увеличении доли НК;
- изменение фазовой структуры в зависимости от состава композиции, преобразование микроструктуры и появление развитых сетчатых зон;
- активную биодеструкцию НК в процессе почвенных испытаний;
- снижение молекулярной массы ПЭНП после экспозиции в почвенном грунте.

Такой комплексный анализ позволяет рассматривать систему ПЭНП/НК как модельный объект, демонстрирующий взаимосвязь морфологии, межфазных процессов и химической эволюции полимеров при естественном старении. Научная значимость работы заключается в том, что автор не только фиксирует изменение свойств, но и стремится объяснить его через механизмы, характерные для физической химии полимеров: релаксацию, перераспределение фаз, окислительное расщепление и формирование новых функциональных групп. Это делает главу не только научно содержательной, но и практически значимой: полученные закономерности могут быть использованы в задачах при создании материалов с заданной скоростью деструкции.

Таким образом, диссертация отличается чёткой структурой, внутренней логикой и научно обоснованным переходом от анализа исходных характеристик к оценке долгосрочного поведения полимерной системы. Полученные результаты представляют существенный вклад в физико-химию полиолефиновых композитов: установлено пороговое содержание НК, при котором формируется взаимопроникающая морфология, определяющая

дальнейшее поведение материала; выявлены согласованные изменения структуры, молекулярно-массовых характеристик и механических свойств при длительной экспозиции; показана роль развитой межфазной поверхности в ускорении деструкции ПЭНП. Новизна работы заключается в комплексном анализе эволюции композиций ПЭНП/НК и использовании длительных (пятилетних) испытаний, что позволило автору обосновать закономерности разложения модифицированных полиолефинов. Практическая значимость исследования заключается в том, что установленные структурные и морфологические критерии могут быть использованы при разработке рецептур, предназначенных для изделий, требующих ускоренного разложения без образования микропластика.

По работе у оппонента имеются следующие вопросы и замечания:

1. При анализе микроструктуры композиций целесообразно привести количественные характеристики распределения частиц натурального каучука (например, размерные гистограммы), что позволило бы более строго обосновать вывод о переходе к взаимопроникающей морфологии при повышении содержания НК;

2. В работе в качестве эластомерного компонента использовался натуральный каучук, обладающий определённым биоразлагаемым потенциалом. Однако остаётся неясным, рассматривалась ли возможность применения синтетического каучука СКИ-3, широко используемого в технологии полиолефиновых композиций. Представляется целесообразным пояснить причины выбора НК и обсудить, возможно ли использование СКИ-3 в аналогичных рецептурах с точки зрения совместимости, перерабатываемости и воздействия на характеристики биоразложения.

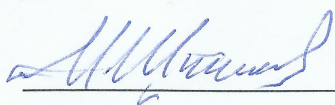
Перечисленные вопросы и замечания носят уточняющий характер и не затрагивают основного содержания и научной ценности диссертационной работы. Диссертационная работа Варьян И.А. представляет собой самостоятельное и завершённое исследование, в котором решена важная научная задача, связанная с установлением структурно-морфологических и физико-химических закономерностей эволюции композиций ПЭНП/НК при длительной экспозиции. Полученные результаты отличает комплексность подхода, обоснованность выводов и согласованность данных, полученных различными методами анализа. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Материалы диссертации отражены в 36 печатных работах, в том числе в 23 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и

Scopus, 13 материалах докладов научных региональных, всероссийских и международных конференций.

Работа обладает научной новизной, содержит значимый теоретический и практический материал и отвечает требованиям, установленным пунктами 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Варьян Иветта Арамовна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения».

Официальный оппонент:

профессор кафедры биоматериалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», доктор химических наук (02.00.06 Высокомолекулярные соединения), профессор



Штильман Михаил Исаакович

15.12.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева), 125047, г. Москва, Миусская площадь д.9.

тел.: +7 (910) 409-04-37

E-mail: shtilmanm@yandex.ru

Подпись профессора кафедры биоматериалов РХТУ им. Д.И. Менделеева, доктора химических наук, Штильмана Михаила Исааковича

у д о с т о в е р я ю

Учёный секретарь

РХТУ им. Д.И. Менделеева

доктор технических наук

профессор



Николай Александрович Макаров