

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

О соответствии диссертационной работы «Биоразлагаемые композиции на основе полиолефинов и эластомеров» Варьян Иветты Арамовны профилю диссертационного совета 24.1.038.01 и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Комиссия в составе д.х.н. Семёновой Марии Германовны, д.х.н., проф., Мисина Вячеслава Михайловича, д.х.н. Шибряевой Людмилы Сергеевны, констатирует, что диссертационная работа «Биоразлагаемые композиции на основе полиолефинов и эластомеров» по теме, постановке задач, методам исследования и полученным результатам соответствует специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Комиссия отмечает следующие **основные научные результаты** диссертационной работы и её **новизну**:

Исследование Варьян И.А. направлено на создание и всестороннее изучение биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и натурального каучука (НК). Автором разработана рецептура и технология получения плёночных материалов ПЭНП/НК, в которых при содержании каучука 30% и выше формируется термодинамически устойчивая взаимопроникающая структура типа «сетка в сетке». Установлены закономерности влияния количества НК на морфологию, гидрофильность и эксплуатационные свойства полимерных композиций: при 40–50 % каучука достигаются оптимальные показатели биодеструкции при сохранении удовлетворительной прочности плёнок. С помощью экспериментальных методов исследования подтверждена окислительная фрагментация макроцепей под действием почвенных микроорганизмов и влаги.

В работе Варьян И.А. впервые проведено комплексное исследование влияния различных концентраций натурального каучука на структуру, свойства и механизм

биоразложения композиций ПЭНП/НК. Экспериментально показано, что непрерывная каучуковая фаза, возникающая при содержании НК > 30%, инициирует ускоренную деструкцию как самого каучука, так и полиэтиленовой матрицы. Обнаружено ранее не описанное перераспределение молекулярных фракций – при добавлении в полиэтилен 50% НК в процессе длительной почвенной экспозиции происходит потеря до 70% массы исследуемых образцов за счет биодеструкции, связанной с разрывом макроцепей. Полученные результаты имеют существенную теоретическую и практическую значимость для разработки экологичных полиолефиновых паковочных материалов с запрограммированной скоростью разложения.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась сочетанием взаимодополняющих факторов. Эксперименты выполнены на современном оборудовании лаборатории физико-химии композиций синтетических и природных полимеров и центров коллективного пользования ИБХФ РАН и РЭУ им. Г.В. Плеханова. Методики подготовки образцов и проведения испытаний соответствовали нормативным требованиям. Экспериментальные условия (температура, влажность, давление, состав почвенного грунта) поддерживались в заданных пределах и находились под постоянным контролем. Воспроизводимость результатов оценивалась на основе статистической обработки экспериментальных данных.

Согласованность данных, полученных различными независимыми методами (оптическая и сканирующая электронная микроскопия, ИК-Фурье спектроскопия, гель-проникающая хроматография, механические испытания и др.), обеспечивает внутреннюю верификацию выводов. Представленные тенденции согласуются с опубликованными результатами отечественных и зарубежных авторов, что дополнительно подтверждает корректность интерпретации.

Таким образом, применённый комплекс современных, стандартизованных и взаимно подтверждающих методик, измерения с надёжной статистической обработкой, использование контрольных образцов и сопоставление с

литературными данными в совокупности обеспечивают высокую достоверность и научную обоснованность полученных в диссертации результатов.

Практическая и научная значимость результатов диссертационной работы

Результаты диссертационного исследования Варьян И.А. обладают высокой практической значимостью в контексте разработки экологически безопасных упаковочных и одноразовых изделий на основе полиолефинов. Полученные композиционные материалы на основе ПЭНП и НК характеризуются заданной скоростью биодеструкции, что делает их перспективными для применения в сферах, где требуется ограниченный срок службы изделий с последующим их разложением. Разработанные подходы могут быть внедрены в производство биосовместимых полимерных композиций, используемых в агротехнике, медицине и упаковочной промышленности.

Научная значимость работы заключается в установлении новых закономерностей влияния структуры и состава полиолефиновых композитов на их биодеструкционные свойства. Впервые экспериментально показано, что образование взаимопроникающей структуры при содержании более 30 % НК приводит к активации процессов биоразложения не только в каучуке, но и в полиэтиленовой матрице. Установлена взаимосвязь между морфологическими особенностями, молекулярно-массовыми характеристиками и скоростью биodeградации. Полученные данные вносят вклад в развитие научных основ конструирования биоразлагаемых полимерных систем и могут использоваться для моделирования и прогнозирования их поведения в естественных условиях. Основные результаты диссертационной работы изложены в статьях автора, опубликованных в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Варьян, И.А. Биodeградация смесей полиэтилена низкой плотности с натуральным каучуком в почве. / И.А. Варьян, Н.Н. Колесникова, А.А. Попов // Химическая физика. – 2021. – Т. 40, № 12. – С. 42–47;

Varyan, I.A. Biodegradation of blends of low-density polyethylene with natural rubber in soil. / I.A. Varyan, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov // Russian Journal of Physical Chemistry B. – 2021. – Т. 15, № 6. – С. 1041–1045.

2. Варьян, И.А. Влияние природы биоразлагаемых компонентов на биодegradацию композитов на основе полиэтилена / И.А. Варьян, М.В. Подзорова, Ю.В. Тертышная, Н.Н. Колесникова, А.А. Попов // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2022. – № 11. – С. 2–8;

Varyan, I.A. The effect of the nature of biodegradable components on biodegradability of composites based on polyethylene / I.A. Varyan, M.V. Podzorova, Yu.V. Tertyshnaya, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov // Polymer Science Series D. – 2023. – Vol. 16, № 2. – С. 477–482;

3. Варьян, И.А. Биоразлагаемые композиции на основе полиолефинов и эластомеров / И.А. Варьян, Н.Н. Колесникова, А.А. Попов // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2022. – Т. 12, № 6. – С. 17–22;

4. Варьян, И.А. Полимерные экоматериалы сельскохозяйственного назначения с добавлением натурального каучука / М.В. Подзорова, Ю.В. Тертышная, И.А. Варьян // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 3 (96). – С. 51–58;

5. Варьян, И.А. Влияние УФ-излучения на деструкцию композитов на основе полиэтилена низкой плотности с биоразлагаемыми добавками / М.В. Подзорова, И.А. Варьян, Ю.В. Тертышная, Н.Н. Колесникова, А.А. Попов, З.Р. Абушахманова // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2023. – № 7. – С. 35–43;

Varyan, I.A. Influence of UV Radiation on Degradation of Composites Based on Low-Density Polyethylene with Biodegradable Additives / M. V. Podzorova, I. A. Varyan, Yu. V. Tertyshnaya, N. N. Kolesnikova, A. A. Popov, Z. R. Abushakhmanova // Polymer Science Series D. – 2024. – Vol. 17, № 1. – P. 160–166.

6. Varyan, I.A. Structural changes in the low-density polyethylene/natural rubber composites in the aqueous and soil media / E.E. Mastalygina, I.A. Varyan, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1736 – P. 1–4;

7. Varyan, I.A. Analysis of stress-strain characteristics of composite films based on polyethylene polymers with natural rubber / I.A. Varyan, E.E. Mastalygina, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov, E.O. Perepelitsina // AIP Conference Proceedings. – 2017. – Vol. 1909 – P. 1–4;
8. Varyan, I.A. Impact of natural rubber on biological fouling and degradation of polyethylene composites / I.A. Varyan, E.E. Mastalygina, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1981 – P. 1–4;
9. Varyan, I.A. Physical-Mechanical Properties of Polyethylene-Natural Rubber Blends / I. Varyan, E. Mastalygina, N. Kolesnikova, A. Popov // IOP Conference Series: Journal of Physics Conference Series. – 2018. – Vol. 1129 – P. 1–5;
10. Varyan, I. Effect of natural rubber in polyethylene composites on morphology, mechanical properties and biodegradability / E. Mastalygina, I. Varyan, N. Kolesnikova, M.I.C. Gonzalez, A. Popov // Polymers. – 2020. – Vol. 12, № 2. – 437;
11. Varyan, I.A. Mechanical and structural study of hybrid composites based on polyethylene and natural rubber / I.A. Varyan, N.N. Kolesnikova, E.E. Mastalygina, A.A. Popov // AIP Conference Proceedings. – 2020. – Vol. 2310 – P. 1–5;
12. Varyan, I. Biodegradable low-density polyethylene with natural rubber additives as a promising "eco-friendly" packaging material / I. Varyan, N. Kolesnikova, A. Popov // Procedia Structural Integrity. – 2021. – Vol. 40 – P. 445–449;
13. Varyan, I.A. Ensuring Environmental Safety and Economic Benefits from the Use of Biodegradable Materials Based on Low-Density Polyethylene with Natural Rubber Additives as Products with a Short Service Life // I.A. Varyan, A.L. Bobkov, I.A. Mikhailov, N.N. Kolesnikova // Macromolecular Symposia. – 2021. – Vol. 395 – P. 1–4;
14. Varyan, I.A. Development and evaluation of the efficiency of using biopolymers of the low-density polyethylene/natural rubber composition for the production of products with a short service life, taking into account the requirements of the green economy / I.A. Varyan, A.L. Bobkov, N.N. Kolesnikova // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1990 – P. 1–8;
15. Varyan, I.A. Influence of Biodegradable Component Nature on Biodegradation of Composites Based on Polyethylene / I.A. Varyan, M.V. Podzorova,

Yu.V. Tertyshnaya, N.N. Kolesnikova // Key Engineering Materials. – 2022. – Vol. 910 – P. 623–629;

16. Varyan, I. Biodegradability of Polyolefin-Based Compositions: Effect of Natural Rubber / I. Varyan, N. Kolesnikova, H. Xu, P. Tyubaeva, A. Popov // Polymers. – 2022. – Vol. 14, № 3. – 530;

17. Varyan, I.A. Investigation of the structure and properties of low-density polyethylene compositions with the addition of vulcanized and non-vulcanized natural rubber / I.A. Varyan, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov, S.M. Anshin // AIP Conference Proceedings. – 2022, – Vol. 2509. – P. 1–4;

18. Varyan, I. Biodegradable Polymer Materials Based on Polyethylene and Natural Rubber: Acquiring, Investigation, Properties / I. Varyan, P. Tyubaeva, N. Kolesnikova, A. Popov // Polymers. – 2022. – Vol. 14, № 12. – 2457;

19. Varyan, I. Digital Modeling of the Characteristics of Biodegradable Polymers Using the Example of Compositions Based on Low Density Polyethylene with Natural Rubber / I. Varyan, A. Bobkov // Macromolecular Symposia. – 2022. – Vol. 404, № 1. – P. 1–4;

20. Varyan, I.A. Agricultural synthetic and natural polymer films / M. V. Podzorova, I. A. Varyan, Yu. V. Tertyshnaya, L. S. Shibryaeva // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2503. – P. 1–4;

21. Varyan, I.A. Development of Digital Models of Physical and Mechanical Characteristics of Biodegradable Polymers Using the Example of Compositions Based on Low Density Polyethylene with Natural Rubber / I.A. Varyan, A.L. Bobkov, N.N. Kolesnikova, A.A. Popov // Materials Science Forum. – 2023. – Vol. 1082. – P. 102–107;

22. Varyan, I.A. Materials for the needs of agriculture based on biopolymers: a comparative analysis of physical and mechanical properties / M.V. Podzorova, I.A. Varyan, M.V. Nachevskiy, L.S. Shibryaeva // Materials Science Forum. – 2023. – Vol. 1082. – P. 127–132;

23. Varyan, I. The Use of Natural Rubber as an Initiator of LDPE Biodegradation in Soil / I. Varyan, P. Tyubaeva, M. Poletto, E.S. Morokov, A.V.

Bolshakova, S.G. Karpova, E.A. Kolesnikov, A. Popov // Polymers. – 2025. – Vol.17. – P. 2885.

Публикации основных научных результатов диссертации соответствуют требованиям пунктов 11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 с изменениями Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, в ред. Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 г. № 1168).

Диссертация Варьян И.А. отвечает требованиям пунктов 9, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, в ред. Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 г. № 1168). Диссертация не содержит заимствованных материалов и результатов без ссылок на авторов и источники заимствования. В диссертации даны ссылки на результаты работ, выполненных Варьян И.А. в соавторстве с д.х.н. Поповым А.А., к.х.н. Колесниковой Н.Н., к.х.н. Масталыгиной Е.Е., к.х.н. Тюбаевой П.М., к.х.н. Подзоровой М.В., к.х.н. Тертышной Ю.В., к.х.н. Михайловым И.А., к.э.н. Бобковым А.Л.

На основании вышеизложенного комиссия рекомендует диссертационному совету 24.1.038.01 принять к защите диссертационную работу Варьян Иветты Арамовны «Биоразлагаемые композиции на основе полиолефинов и эластомеров» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Комиссия рекомендует утвердить в качестве официальных оппонентов:

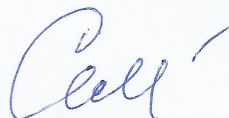
- доктора химических наук, профессора **Штильмана Михаила Исаакович**, профессора кафедры биоматериалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»;
- доктора технических наук, доцента **Наумову Юлию Анатольевну**, профессора кафедры химии и технологии переработки эластомеров Института тонких

химических технологий им. М.В. Ломоносова МИРЭА - Российского технологического университета.

В качестве ведущей организации - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук.

Председатель комиссии:

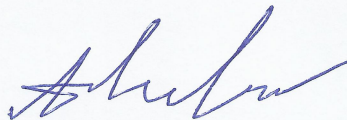
д.х.н.



Семёнова М.Г.

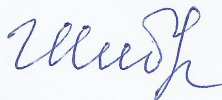
Члены комиссии:

д.х.н.



Мисин В.М.

д.х.н.



Шибряева Л.С.