

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

**Васильева Ильи Юрьевича**

### на тему: «СОЗДАНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ С ПРИДАНИЕМ ИМ СВОЙСТВА БИОРАЗЛАГАЕМОСТИ»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

**Актуальность работы.** Тенденции развития полимерной отрасли взаимосвязаны с возможностью расширения областей применения изделий, характеризующихся функциональным назначением, которым способствуют свойства, присущие полимерным материалам: низкая плотность, химическая стойкость, высокие эксплуатационные свойства и т.д. Полимерные материалы применяются как в легкой, так и в тяжелой промышленности, большая часть которых позиционируется для использования в упаковочной и пищевой отраслях. Увеличение производительности производственных мощностей сопряжено с увеличением пластиковых отходов, которые накапливаются в окружающей среде.

При разработке биоразлагаемых материалов важно учитывать не только физические, физико-механические свойства, скорость биоразложения, но и доступность сырьевой базы для их изготовления. Поставляемые из-за рубежа модификаторы для придания синтетическим полимерам свойства биоразлагаемости или готовые смесевые компаунды имеют высокую цену и малую степень доступности, а в связи с введенными санкциями импорт таких материалов невозможен. В связи с вышесказанным необходимо разрабатывать технологии по созданию биоразлагаемых материалов для отечественного производства, что является актуальным.

Безусловным достоинством диссертационной работы Васильева И.Ю. является то, что первая ее часть посвящена детальному описанию зарубежных как биоразлагаемых материалов, так и наполнителей – модификаторов для полимеров с функцией биоразлагаемости, описаны их структурные и химические параметры, что позволило автору сформулировать основные теоретические подходы и предложить технологические решения по разработке отечественных биоразлагаемых полимерных материалов.

Вышесказанное отражено в **цели диссертационной работы**, которая посвящена разработке рецептурно-технологических параметров получения термопластичных крахмалов и их применение в смесевых композициях с

полиэтиленом низкой плотности для создания полимерных материалов, обладающих способностью к биоразложению.

Диссертационная работа Васильева И.Ю. выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, техники и технологий в Российской Федерации в рамках гранта «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре» (проект № 19-33-90284\19), что подтверждает научную и практическую значимость работы и является актуальной.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа Васильева И.Ю. структурирована по классической схеме и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов по работе и списка используемых источников, который включает 231 ссылку. Диссертационная работа содержит 53 рисунка, 11 таблиц, 1 приложение. Полный объем диссертационной работы изложен на 135 страницах машинописного текста. По объему и структуре диссертационная работа соответствует всем общепринятым требованиям.

В введении Васильев И.Ю. формулирует основополагающие критерии, на основе которых формирует диссертационную работу: актуальность выбранной темы, цель и задачи, новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

В литературном обзоре автор диссертационной работы приводит основные направления, связанные с разработкой биоразлагаемых полимерных материалов. Разновидности синтетических матриц полимеров и наполнителей, характеризующиеся свойством биоразлагаемости. Аргументированно охарактеризовывает их достоинства и недостатки. В литературном обзоре представлены разработки биоразлагаемых материалов за последние 20 лет. Описаны способы модификации структуры и свойств полимеров для создания биоразлагаемых материалов, в частности, возможность использования энергии ультразвукового воздействия на расплавы полимеров.

Стоит отметить достаточно подробное изучение структуры и свойств модификаторов, которые автор использовал в своей диссертационной работе, а также подробно описал технологические особенности получения биоразлагаемых полимерных материалов. Литературный обзор построен логично, написан на хорошем квалификационном уровне и дает достаточно полное представление о состоянии изучаемой научной проблемы.

В главе 2 «Объекты и методы исследования» автор диссертации описывает и аргументирует выбор используемого сырья для изготовления биоразлагаемых полимерных материалов, а также приводит экструзионную технологию получения пленочных биоразлагаемых полимерных композитов, указывая их рецептурно-технологические параметры и анализирует свойства,

используя современные методы исследования, которые, в свою очередь, взаимодополняемые. Структуру исходного сырья, термопластичных крахмалов и полимерных композитов в сочетании с полиэтиленом низкой плотности Васильев И.Ю. анализирует, применяя сканирующую электронную, оптическую микроскопию, рентгеноструктурный анализ. Теплофизические параметры, физико-химические свойства автор диссертации изучает с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии, ИК-спектроскопии. Эксплуатационные свойства Васильев И.Ю. определяет, используя современное лабораторное оборудование. Способность разработанных полимерных композитов на основе полиэтилена низкой плотности и термопластичных крахмалов к биоразложению автор работы исследует, используя ГОСТированные методы определения в почве, а также метод Штурма.

В главе 3 «Результаты и их обсуждение» Васильев И.Ю. приводит технологию изготовления биоразлагаемых полимерных материалов, сравнивая две пластифицирующие системы на основе глицерин/сорбитол, а также глицерин/моноголицерид в смесевых композициях с полиэтиленом низкой плотности для изготовления биоразлагаемых полимерных композитов. Приводит доводы в пользу новой пластифицирующей системы на основе глицерин/моноголицерид, обосновывая это формированием более гомогенной структуры при изготовлении термопластичных крахмалов, что влияет на физико-механические свойства, а также приводит расчеты по параметру растворимости этих компонентов.

Стоит отметить важную часть экспериментальных исследований, направленные на изучение влияния энергии ультразвуковых колебаний на расплавы полимеров. Автор диссертационной работы отмечает, что одна из технологических проблем совместимости дисперсного наполнителя в синтетической матрице полимера является низкий уровень диспергирования первого, а также неоднородное распределение его в матрице полимера. Для решения этой проблемы автор модернизирует технологическое оборудование, установив ультразвуковую приставку между зоной дозирования и плоскощелевой головкой экструдера, что совершенно правильно связывает это с тем, что направленные ультразвуковые колебания в расплав полимера дополнительно диспергируют агломерированные частицы термопластичного крахмала и распределение в матрице полимера осуществляется более равномерно, приводя данные о распределении частиц термопластичного крахмала до и после обработки расплавов полимеров энергией ультразвуковых колебаний в смесевых композициях с полиэтиленом низкой плотности.

Рецензент считает важным отметить, что подобного рода модификация расплавов полимеров для термопластичных крахмалов ранее не применялась, что приносит существенный вклад в данную работу.

С целью выявления влияния энергии ультразвуковых колебаний на биоразлагаемые композиты Васильев И.Ю. приводит экспериментальные данные по определению физико-механических свойств разработанных композитов, отмечая меньшее снижение деформационно-прочностных свойств в сравнении с исходными образцами на 30%, что связывает это с тем, что новая пластифицирующая система позволяет сформировать более однородное распределение термопластичного крахмала в матрице полиэтилена низкой плотности, причем указывает, что изменение деформационно-прочностных свойств зависит от размера исходных зерен крахмала и их фракционного диапазона.

В заключительном разделе главы автор приводит данные о биоразложении разработанных композитов, особенно, выделяя то, что процесс биоразложения для композиций, подвергшихся ультразвуковой обработке в процессе экструзии в сравнении с исходными образцами увеличивается на 15%, аргументируя это тем, что более равномерное распределение термопластичного крахмала в матрице полимера позволяет в большей степени создать условия к активному продуцированию микромицетов плесневых грибов группы *Aspergillus brasiliensis*, что подтверждается данными оптической микроскопии, ИК-спектроскопии, водопоглощения и потери массы композиционных образцов.

Рецензируемую работу приятно отличать тщательностью выполнения экспериментальных исследований, а также отметить факт, что диссертант старается тщательно объяснить полученные им результаты.

Васильев И.Ю. на хорошем высококвалифицированном уровне справился с целью и задачами диссертационной работы, применив их при постановке и решении методологии разработки рецептурно-технологических параметров изготовления термопластичных компаундов и смесевых композиций в сочетании с полиэтиленом низкой плотности для изготовления биоразлагаемых полимерных материалов; обосновании целесообразности перевода нативного крахмала в термопластичное состояние; влияние состава и структуры смесевых композиций на физико-механические свойства, водопоглощение, а также на процесс биоразложения до и после воздействия энергии ультразвуковых колебаний.

Практически все вышеперечисленные подходы позволили диссертанту сформировать новые результаты, которые нашли отражение в пунктах **научной новизны диссертационной работы**:

- установлена возможность перевода нативного крахмала в термопластичное состояние, путем его модификации новой пластифицирующей системой на основе смеси глицерина с моноглицеридом высших жирных кислот растительного происхождения (МГД).

- предложена рецептура и технологические параметры получения термопластичных компаундов на основе крахмала, глицерина и моноглицерида высших жирных кислот растительного происхождения (МГД) методом экструзионного смешения.

- проведена ультразвуковая обработка смесевой композиции на основе полиэтилена низкой плотности и разработанных термопластичных крахмалов при их переработке через расплав. Доказано, что воздействие ультразвука приводит к увеличению технологической совместимости полимеров, а также уменьшению размеров и лучшему диспергированию частиц термопластичных крахмалов в экструдруемых пленках.

- доказано комплексное влияние термопластичных компаундов и ультразвукового воздействия на их смесевые композиции с полиэтиленом низкой плотности, приводящее к получению пленок со способностью к биоразложению.

**Практическая значимость работы** не вызывает сомнения и заключается в разработке рецептурно-технологических параметрах изготовления термопластичных крахмалов и их применение в смесевых композициях с полиэтиленом низкой плотности для создания полимерных материалов, модифицированных ультразвуковой обработкой расплавов при экструзии и обладающих способностью к биоразложению, которая подтверждается актом о выпуске опытной партии в ООО «Руспласт» и патентами на изобретения.

**Апробация работы** не вызывает сомнений, так как результаты получены при использовании современного оборудования, а также подтверждены публикациями в 10 печатных статьях, из которых 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России и включенные в международную базу цитирования SCOPUS.

Результаты диссертационной работы докладывались на международных и всероссийских научных конференциях и опубликованы в 6 – материалах. Получены 2 патента на изобретения.

Главы диссертационной работы по содержанию соответствуют своим названиям, материал логически структурирован и последовательно изложен. Экспериментальные данные наглядно представлены в виде рисунков и табличных данных. Все разделы диссертационной работы имеют проблематику, ее экспериментальное решение и теоретическое обоснование. В конце диссертационной работы сформулированы основные выводы по работе.

Автореферат диссертации и печатные труды полностью соответствуют всем положениям, результатам и выводом по диссертационной работе.

**По содержанию диссертационной работы имеются ряд вопросов и замечаний:**

1. В диссертационной работе не приводится обоснование температурных режимов изготовления термопластичных крахмалов и биологически разрушаемых композиций (табл. 2.4, табл. 2.5, табл. 2.6). Почему различаются режимы изготовления ТПК с моноглицеридом и сорбитолом, а также ПЭНП и горохового ТПК?

2. Не понятно, почему соискателем не рассматривается такая важная упруго-прочностная характеристика как модуль упругости при растяжении.

3. На рис. 3.27 не корректно изображать кривую чистого ПЭНП.

4. Утверждение приведенное на стр. 92 «Все образцы из атмосферы сорбируют до 1 мас. % водяных паров без прямого контакта с жидкой фазой» не вполне обосновано, так как на данный параметр влияет значительное количество факторов (температура, влажность воздуха, количество наполнителя и др.)

5. Не понятно, почему соискатель ограничился при определении кинетики водопоглощения БГК 192 часами (рис. 3.28)

6. В прил. 1 приводится акт об изготовлении опытно-промышленных образцов биоразлагаемых полимерных материалов, но нигде не приводится технико-экономическое обоснование. Насколько экономически выгоден процесс производства?

Указанные выше замечания не влияют на общее положительное мнение по работе Васильева Ильи Юрьевича и не снижают ее достоинства и ценности и соответствует уровню и требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

**Заключение.** Диссертационная работа Васильева И.Ю. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой разработаны и научно обоснованы решения по созданию технологии отечественных биоразлагаемых полимерных композиционных материалов на основе полиэтилена низкой плотности и термопластичных крахмалов различного происхождения (кукурузный, гороховый, рисовый) модифицированных ультразвуком при экструзии, и решают важные задачи для полимерной и упаковочной промышленности.

Рассмотренные в диссертации вопросы соответствуют направлениям исследований, включенных в паспорт специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов:

Направление исследований п.1: Физико-химические основы технологии синтетических и природных полимеров, разработка рецептуры; процессы синтеза (в том числе нетрадиционные) в эмульсии, суспензии, процессы в расплаве и твердой фазе, очистка готового продукта и его характеристика.

Направление исследований п.5: Оборудование, машины, аппараты химической и биотехнологической технологии получения и переработки синтетических и природных полимеров, волокон и композитов.

Направление исследований 6: Полимерное материаловедение; методы прогнозирования и прототипирования; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств; разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры; испытание и определение физико-механических и эксплуатационных характеристик синтетических и природных полимерных материалов и изделий; теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых синтетических и природных полимерных материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки.

По актуальности, новизне, уровню выполнения, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., в действующей редакции), а соискатель, Васильев Илья Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология переработки синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент:

**Кузьмин Антон Михайлович**, кандидат технических наук (05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства), доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции Института механики и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»

23.01.2024г.

 / Антон Михайлович Кузьмин

Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Институт механики и энергетики, кафедра механизации переработки сельскохозяйственной продукции, кандидат технических наук.

430904 г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Российская, д. 7. Телефон: +7(927)176-59-60, e-mail: kuzmin.a.m@yandex.ru

