



На правах рукописи

ВОЛКОВА
Ксения Васильевна

**ДЕГРАДИРУЕМЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПВХ**

05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва
2018

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский национальный университет информационных технологий, механики и оптики»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Успенская Майя Валерьевна
заведующий кафедрой информационных технологий топливно-энергетического комплекса Санкт-Петербургского национального университета информационных технологий, механики и оптики

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Бабкин Олег Эдуардович
профессор кафедры фотографии и народной художественной культуры ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения»

доктор химических наук
Роговина Светлана Захаровна
ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет"

Защита состоится «20» декабря 2018 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.204.01 при РХТУ им. Д.И. Менделеева по адресу: 125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РХТУ им. Д.И. Менделеева и на сайте <http://diss.muotr.ru/author/255/>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2018г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.204.01



Ю.В. Биличенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

В современном мире востребованность в полимерных синтетических материалах неуклонно растет. Одним из крупнотоннажных синтетических полимеров с широким спектром применения является поливинилхлорид (ПВХ), занимающий по объему мирового производства третье место после строительных пластиков и полиолефинов. Значительный диапазон эксплуатационных характеристик делает ПВХ незаменимым для производства упаковочных материалов: различного вида пленок, тары и т.п. Благодаря своей химической инертности и стабильности, важнейшими областями применения ПВХ в качестве упаковки, будь то жесткая, гибкая или в виде трубы, являются пищевая промышленность и медицина. Продукция на основе поливинилхлорида разнообразна, довольно легко производится и стерилизуется, не трескается и не протекает, и может быть использована *in vivo*.

Вследствие устойчивости химической структуры ПВХ и крайне медленного разложения в естественных условиях, в течение нескольких десятков лет, основным вопросом является утилизация материала после окончания срока его использования. Особую экологическую опасность представляют собой упаковочные материалы одноразового использования, которые выделяют при своем разложении ядовитые вещества, загрязняя почву и грунтовые воды.

В настоящее время существует несколько способов утилизации полимерных отходов, это, прежде всего, сжигание, захоронение, компостирование и вторичная переработка. Однако, каждый из этих методов имеет ряд существенных недостатков, включая и низкую эффективность, и трудность на подготовительных стадиях переработки и экологическую опасность, и технологические сложности производства и т.п.

Именно поэтому актуальным является разработка составов и технологии получения полимерных композитов на основе ПВХ, обладающих деградируемыми характеристиками, вступающими в силу, после окончания срока эксплуатации изделий под воздействием внешних факторов (почвенные микроорганизмы, свет, кислород, вода и т.д.).

Разработка материалов, претерпевающих ускоренные физико-химические и биологические изменения в природной среде, активно внедряющихся в

современное производство, основывается на принципах создания полимерных композитов, модифицированных либо биополимерами, либо минеральными наполнителями. Однако, введение в ПВХ наполнителей, способствующих более быстрому разложению материала, сопровождается значительным снижением его эксплуатационных характеристик. Таким образом, подбор оптимальных технологических параметров получения деградируемых ПВХ пленок с коротким сроком жизни и приемлемыми характеристиками, является одной из важнейших задач перехода к чистым экологически безопасным изделиям для упаковки.

Степень разработанности темы. Исследования в области деградируемых материалов на основе ПВХ связаны с поиском эффективных путей создания разрушаемых полимерных композитов с приемлемыми эксплуатационными характеристиками и установлением влияния наполнителей различной природы на свойства полимерной матрицы, установления закономерностей между составом, строением и основными свойствами наполненных композиций. Однако, до настоящего времени не разработаны промышленно выпускаемые составы деградируемых материалов и не выявлены возможности направленного регулирования их эксплуатационных характеристик.

Цели и задачи исследования. Целью настоящей работы явилась разработка деградируемых композиционных материалов на основе ПВХ с регулируемыми прочностными характеристиками и комплексом физико-химических свойств, удовлетворяющих современным требованиям к упаковочным материалам.

В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи:

- установить влияние рецептурных и технологических параметров: доли наполнителей – пектина, крахмала и бентонита, времени и температуры вальцевания на прочностные, термические, оптические и специальные свойства пленок на основе ПВХ;

- выявить взаимосвязь «состав – структура – свойство» для поливинилхлоридных композитов с целью прогнозирования приемлемых, для использования в качестве упаковочных материалов, физико-механических параметров;

- установить влияние УФ-облучения, плазмохимической обработки и компостирования на деградацию композиционных ПВХ пленок;
- оценить эффективность использования разработанных наполненных полимерных композитов в качестве деградируемой упаковки.

Научная новизна. Установлено, что:

- увеличение времени вальцевания до 10 мин полимерных композиционных пленок на основе ПВХ, модифицированных пектином, крахмалом и бентонитом, приводит к повышению прочности материала в 0,5 – 1,5 раза по сравнению с ненаполненным поливинилхлоридом;
- введение минерального и полимерных наполнителей способствует на 10 – 50% снижению деформационно-прочностных характеристик и повышению температуры стеклования материала. Использование наполнителя в малых концентрациях – 1 мас.% наиболее оптимально для всех исследованных ПВХ-композиций.
- УФ- и плазмохимическая обработка в аргон-кислородной среде приводит к существенному изменению морфологии поверхности композитных материалов, что может быть использовано, как одна из возможных стадий процесса утилизации полимерных отходов;
- использование в составе ПВХ композиции наполнителей – пектина, крахмала и бентонита, способствует деградации материала в модельной среде свалки - компосте, где предположительно, под воздействием микроорганизмов и внешних факторов (влажность, температура) параллельно протекают процессы окислительной деструкции и дегидрохлорирования полимерного композита.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в разработке методов прогнозирования и расчета физико-механических параметров деградируемых полимерных композитных пленок на основе ПВХ, модифицированных бентонитом, крахмалом и пектином, в зависимости от состава и условий получения.

На основании полученных экспериментальных данных предложена схема технологического процесса получения ПВХ композитов с наполнителями – бентонит, пектин, крахмал, - деградируемых в естественных условиях. Создан научно-технический задел для разработки новых деградируемых упаковочных пластиков.

Совместно с предприятием ООО «Клекнер Пентапласт РУС» выпущена опытная партия полимерных композитных пленок на основе ПВХ для использования в качестве упаковки.

Практическая значимость части предлагаемых технических решений подтверждена актами испытаний и патентом РФ.

Методология и методы исследования. В ходе проведения исследований были использованы современные методы диагностики материалов: ИК-Фурье спектроскопия, оптическая микроскопия, дифференциально-сканирующая калориметрия, термомеханический и термогравиметрический анализ, потенциометрия, метод импедансной кондуктометрии и прокалывания на анализаторе текстуры TA.TXplus. Модификацию поверхности пленок осуществляли методом реактивного ионно-плазменного травления низкотемпературной анизотропной плазмой в комплексе RIE-1701 (NORDSON MARCH, США).

Биотестирование полимерных пленок на основе ПВХ с различными наполнителями проводилось изучением изменения жизнедеятельной активности тестовых микроорганизмов *Lactobacillus bulgaricus*. Исследование деградации изучаемых полимерных композитов проводилось методом компостирования.

Положения, выносимые на защиту:

- Влияние рецептурных и технологических параметров: времени и температуры вальцевания композитных ПВХ пленок на получение деградируемых упаковочных материалов с регулируемыми физико-механическими характеристиками.

- Влияние природы и количества наполнителей на получение вальцеванием ПВХ пленок, а также на эксплуатационные и специальные свойства исследуемых композитов.

- Закономерности протекания процессов деградации материалов на основе ПВХ, модифицированных наполнителями – бентонитом, крахмалом и пектином, под действием УФ-, плазмохимической обработки и компостированием.

- Результаты испытаний разработанных ПВХ наполненных композитов в качестве упаковочных материалов с ускоренным жизненным циклом.

Личный вклад автора в работу состоит в активном участии в формировании цели и задач исследования, в организационно-техническом планировании и проведении исследований, в обработке и интерпретации полученных результатов, обобщении их в виде статей и докладов, формулировке научных выводов.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается воспроизводимостью экспериментальных данных, полученных с использованием современных методов исследования и применением математического аппарата, а также сопоставимостью с данными других авторов.

Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на Конгрессе молодых ученых Университета ИТМО 2015, 2016, 2017, VI Международной конференции молодых ученых «Органическая химия сегодня» InterCYS-2014, конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения 2015», Colloquium Spectroscopicum Internationale XXXIX, IET - 2015, 7-th International Conference "Biosystems Engineering 2016", AMSCM2017.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, из них 5 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, характеристики объектов и методов исследования, обсуждения результатов, выводов, списка литературы из 186 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 179 страницах, содержит 105 рисунков и 19 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разработки новых полимерных композиционных материалов на основе ПВХ и различных добавок для использования в качестве деградируемых упаковочных материалов.

Глава 1. Обзор научно-технической литературы

В первой главе представлен анализ современной отечественной и зарубежной научно-технической литературы, посвященный методам утилизации полимерных материалов, в том числе вопросам, связанным с производством деградируемых упаковочных пластиков, проанализированы

достоинства и недостатки описанных методов и материалов, показано современное состояние исследований в изучаемой области. Это позволило сформулировать цель и задачи диссертационной работы, а также определить объекты и методы исследования.

Глава 2. Объекты и методы синтеза и исследования ПВХ композитов

Во второй главе описаны объекты и методы их исследования, перечислены основные реагенты, изложены основные стадии технологии получения полимерных композитных пленок на основе ПВХ, описаны физико-химические методы исследования поверхности, структуры и свойств полученных материалов.

Объектами исследования являлись полимерные композиционные пленки на основе классической композиции суспензионного ПВХ: константа Фикентчера 57-58, массовая доля летучих веществ 0,04%, оловоорганический термостабилизатор 0,2-1,5 мас.%, модификатор полимерной смеси 2,0-4,0 мас.%, парафин (в качестве смазки) 0,1-0,5% и наполнителей – бентонита, крахмала и пектина с концентрацией до 15 мас.%.

Полимерные пленки были получены путём вальцевания на вальцевом оборудовании Polymix 150U (SCHWABENTHAN, Германия) при различном времени обработки: 2, 5 и 10 мин.

Определение технологических и эксплуатационных свойств полученных композиционных материалов проводилось по стандартным методикам согласно требованиям соответствующих ГОСТ.

Глава 3. Результаты и их обсуждение

Основными факторами, влияющими на структуру, а соответственно, и свойства конечного материала являются время и температура вальцевания, а также количественные соотношения реагентов. В ходе работы было изучено влияние условий получения ПВХ композитных пленок с различным наполнением на эксплуатационные характеристики материалов.

Пленки ПВХ без наполнителя имеют прочность на прокол 13,3 МПа. Как видно из рис.1, при наполнении ПВХ композиций природным бентонитом в количестве 15 мас.% увеличение продолжительности вальцевания до 10 мин приводит к соответствующему повышению прочностных характеристик полимерного материала в среднем на 10 – 15 %, что объясняется упрочняющими эффектами, протекающими во время формования пленок.

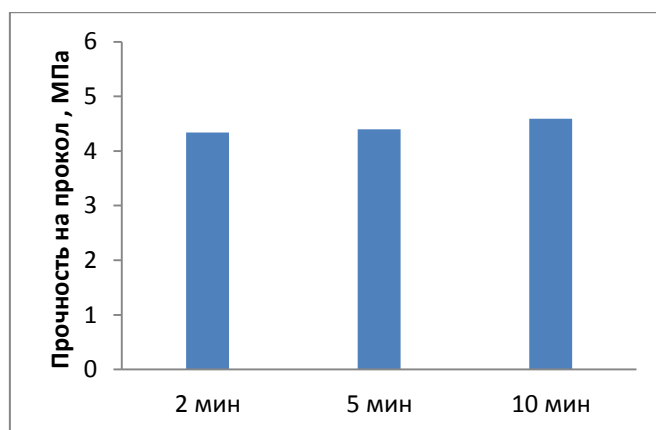


Рисунок 1 – Влияние времени вальцевания на прочность на прокол полимерных композитных пленок на основе ПВХ наполненных бентонитом

Зависимости прочности на прокол полимерных ПВХ пленок, наполненных бентонитом, описываются следующими экспоненциальными уравнениями: для концентрации бентонита 5 мас.‰: $\sigma = 5,5e^{-0,01\tau}$; для концентрации бентонита 10 мас.‰: $\sigma = 4,8e^{0,02\tau}$; для концентрации бентонита 15 мас.‰: $\sigma = 4,2e^{0,03\tau}$, где σ – прочность на прокол, МПа; τ – время вальцевания, мин.

Формирование полимерных ПВХ пленок, наполненных бентонитом, при времени вальцевания 2 минуты, приводит к получению менее однородной внутренней структуры материала, по сравнению с композитами, полученными при времени вальцевания 5 и 10 мин.

Для полимерной композиции ПВХ – пектин с концентрацией наполнителя 5 мас.‰ наблюдалась деструкция материала при обработке на вальцах более 6 минут, а при наполнении пектином 10 мас.‰ деструкция наблюдалась уже в течение 4 минут.

Для получения качественной полимерной пленки введение всех используемых наполнителей осуществлялось, во всех случаях, не во время вальцевания (как предусматривает стандартная технология), а на предварительной стадии смешения. Все исходные компоненты в необходимом соотношении, интенсивно перемешивались на лопастной мешалке при скорости 4000 об/мин в течение 4 минут. Введение дополнительной стадии дает получение более однородного полимерного материала с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Повышение температуры вальцевания до 170 °С в процессе изготовления ПВХ пленок, наполненных пектином, приводит к деструкции биополимера при

вальцевании, что не дает возможности получения полимерной пленки (см. рис. 2).



Рисунок 2 – Фотографии образца пленки, изготовленной на основе ПВХ и пектина при температуре 170 °С

В ходе работы были определены цветовые характеристики полимерных ПВХ пленок, наполненных бентонитом, крахмалом и пектином различной концентрации. Введение наполнителей, в общем случае, незначительно понижает светлость ПВХ образцов. Таким образом, в зависимости от вида и количества наполнителя возможно получение полимерных композиционных пленок различной цветовой гаммы.

Хорошо известно, что неровности на поверхности материала возникают, прежде всего, по причине деформаций верхнего слоя пленки в процессе переработки. В общем случае, поверхности полученных в работе полимерных наполненных бентонитом, пектином и крахмалом поливинилхлоридных пленок имеют небольшую шероховатость, увеличивающуюся в среднем в 1,5 – 3 раза с ростом доли наполнителя в составе композита, см. табл.1.

Как видно из микрофотографий, представленных на рис. 3, при введении в состав ПВХ пленок природного бентонита, наблюдается образование агломератов размерами от 30 до 230 мкм, что приводит к получению менее однородной и более шероховатой поверхности. Такие наполненные ПВХ пленки сильно рассеивают свет.

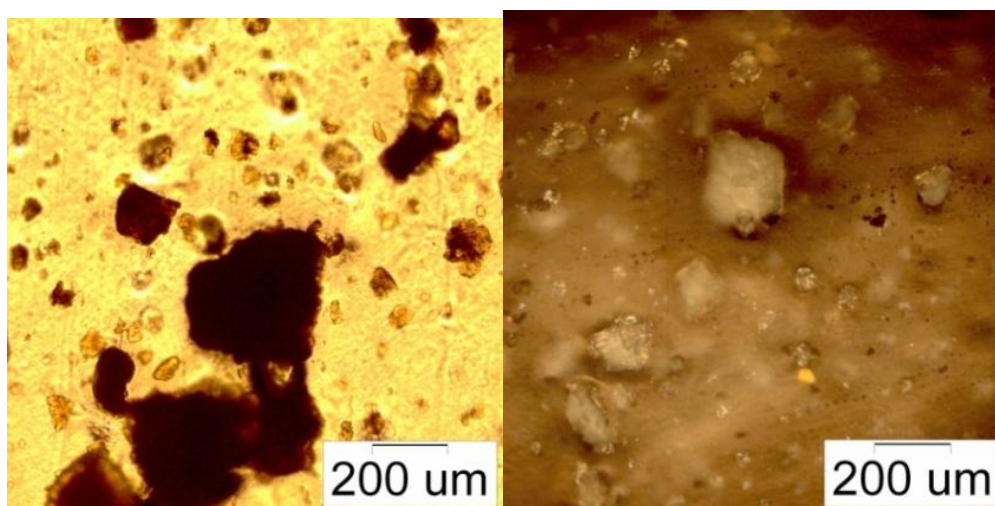
Именно поэтому, неорганический наполнитель может быть использован в качестве анти-блокинга при создании ПВХ композитов, давая меньшее слипание пленок между собой.

Таблица 1 – Характеристики полимерных композитных пленок на основе ПВХ

| Образец | Мутность, % | Коэффициент светопропускания, %, $K_{\text{свет}}$ | Блеск | Шероховатость поверхности, Rz, мкм |
|----------|----------------|---|-------|--|
| ПВХ | 70,4 | 88,9 | 92,1 | 2,52 |
| ПВХ-БН1 | 14,1 | 72,4 | 84,2 | 3,34 |
| ПВХ-БН5 | 31,9 | 69,1 | 53,2 | 6,10 |
| ПВХ-БН10 | 49,9 | 61,5 | 32,9 | 5,88 |
| ПВХ-Б1 | 49,4 | 70,1 | 26,0 | 2,54 |
| ПВХ-Б5 | 49,1 | 55,7 | 30,1 | 3,11 |
| ПВХ-Б10 | 49,3 | 49,3 | 31,0 | 3,53 |
| ПВХ-П1 | 14,1 | 73,4 | 89,5 | 1,54 |
| ПВХ-П5 | 31,8 | 67,0 | 55,5 | 3,05 |
| ПВХ-П10 | 47,8 | 40,2 | 35,7 | 5,09 |
| ПВХ-К1 | 15,4 | 75,4 | 81,6 | 2,67 |
| ПВХ-К5 | 37,3 | 73,5 | 59,5 | 3,04 |
| ПВХ-К10 | 51,2 | 73,1 | 38,6 | 5,58 |

Одним из важнейших параметров, говорящих об устойчивости исследуемых ПВХ материалов, а также используемым при изучении механизмов термической деструкции, старения и стабилизации полимеров, является величина эффективной энергии активации термического разложения.

В работе была исследована кинетика термической деструкции полимерных пленок ПВХ, наполненных бентонитом, крахмалом и пектином в зависимости от времени вальцевания материала и доли и природы наполнителя. Эффективная энергия активации термического разложения для ненаполненного ПВХ выше, чем для полимерных композитов на его основе, и составляет 214 кДж/моль. Во всех случаях, композиты ПВХ пленок, полученные при времени вальцевания 2 мин, обладают более высоким значение энергии активации, чем для аналогичных композитов, полученных при большем времени: 5 и 10 мин. Эффективная энергия активации реакции деструкции для поливинилхлоридных композитных пленок с пектином 2,5 раза ниже на первой стадии, чем значение $E_{\text{акт}}$ для ненаполненного ПВХ.



а)

б)

Рисунок 3 – Фотографии поверхности пленок ПВХ с бентонитом концентрацией 5 мас.%, полученные на: а) просвет; б) отражение с поляризатором

Термомеханический анализ полимерных композитов на основе ПВХ, содержащих от 1 до 15 мас.% бентонита, показал, что бентонит является не инертным, а активным наполнителем, взаимодействующим с полимерной матрицей. Адсорбция полимерных цепей на поверхности наполнителя приводит к их иммобилизации и уменьшению сегментальной подвижности, для реализации которой потребуется большее тепловое воздействие, чем для не адсорбированных молекул. Поэтому, чем выше набор таких различающихся по энергии взаимодействий полимера с наполнителем, тем в большем диапазоне температур будет происходить расстекловывание полимера. Это приводит к повышению температуры стеклования и изменению деформационного поведения материала в области высокоэластического состояния ПВХ.

С введением бентонита, в процессе нагревания образец переходит сначала в высокоэластичное состояние, а потом уже в вязкотекучее, что не происходит при введении пектина в состав композита– это может быть связано с тем, что пектин и ПВХ образуют более прочную полимерную композицию.

Образцы композитных ПВХ, приготовленные при времени вальцевания 5 и 10 мин, характеризуются близкими значениями температур стеклования, что позволяет сделать вывод о том, что 2 мин недостаточно для получения однородной структуры композита.

Процессы модифицирования поверхности полимерных материалов низкотемпературной плазмой приводит к функционализации поверхностного слоя пленок ПВХ, что дает возможность ускорения процесса деградации композитов на их основе. На рис. 4 представлены микрофотографии полимерных ПВХ композитов с пектином, в качестве наполнителя, до и после травления.

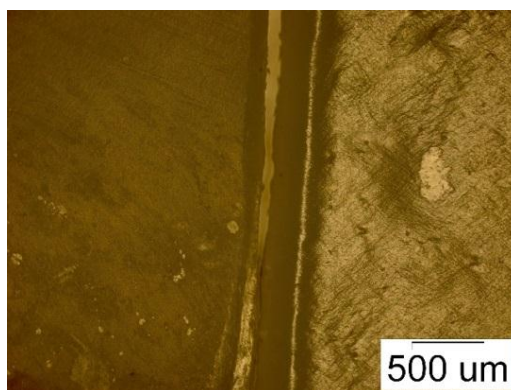


Рисунок 4 – Сравнение образцов после и до травления в течение 10 мин с содержанием пектина 10 мас. %

На приведенном ниже рисунке 5 представлены ИК-спектры полимерных композиционных пленок ПВХ с различным процентным содержанием пектина и вариативным временем травления – 5 и 10 минут.

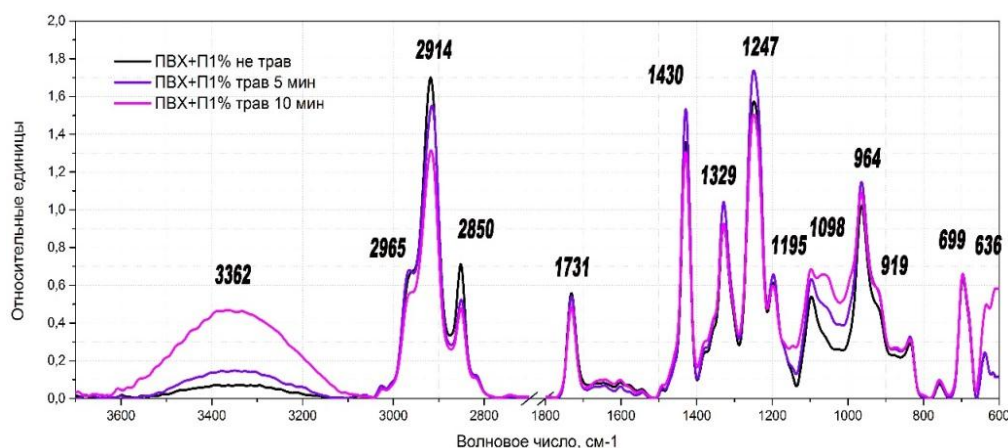


Рисунок 5 – Спектры композиционных пленок на основе поливинилхлорида и пектина с массовой долей 1 мас. % и различным временем травления

Как можно видеть из рис. 5, для полимерных образцов с 1 мас. % содержанием пектина, наблюдается значительное увеличение интенсивности пиков 3362, 2914 и 1098 см^{-1} , соответствующих колебанию –ОН групп, при этом, интенсивность пика 1731 см^{-1} , соответствующая характеристическим колебаниям карбонильной группы, увеличивается не существенно.

Значительное увеличение интенсивности пика 636 см^{-1} , соответствующее деформационным колебаниям C-Cl, наблюдается после травления полимерных образцов в течение 10 мин.

Для изучения влияния микроорганизмов *Lactobacillus bulgaricus* 298 на полимерные композиты были проведены исследования изменения механических и оптических характеристик после инкубации микроорганизмов.

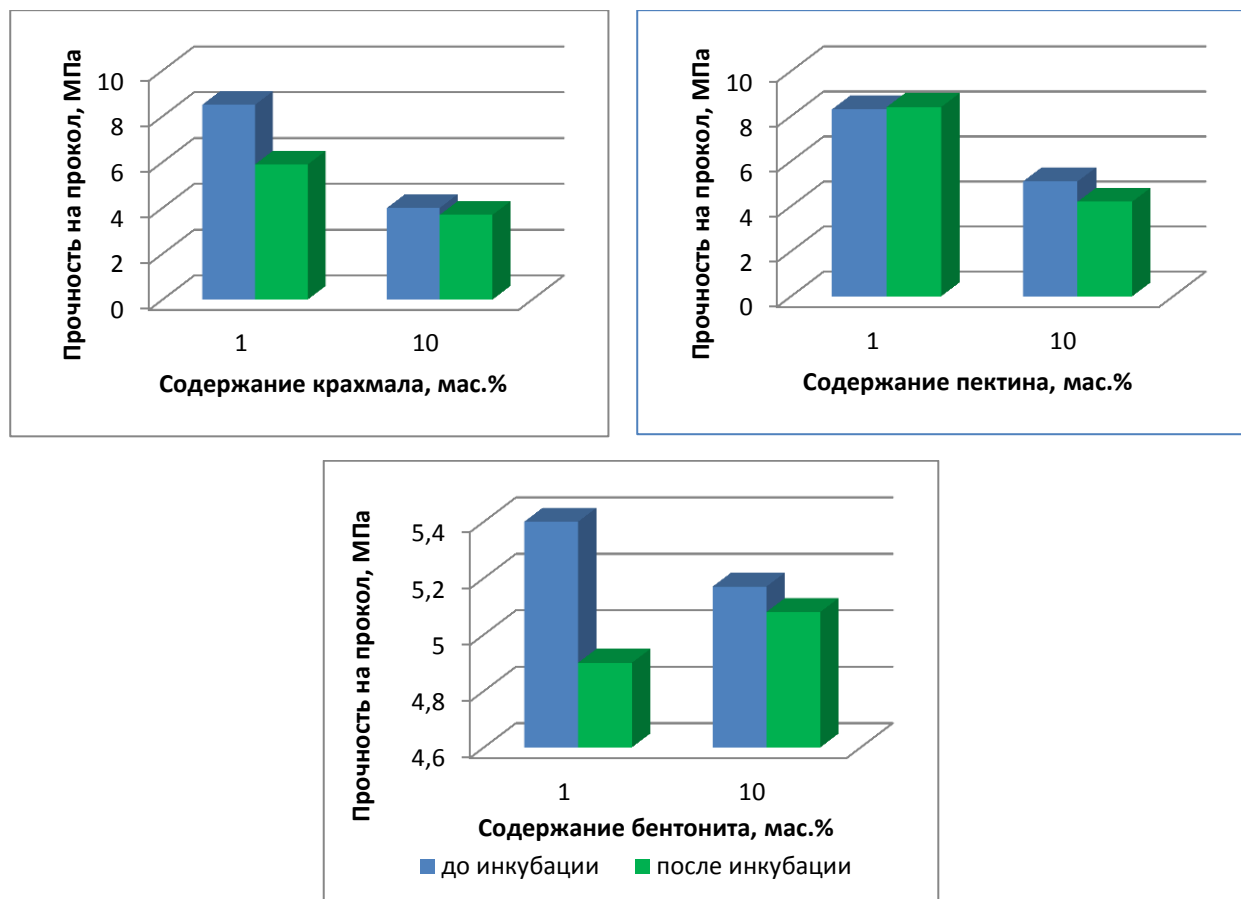


Рисунок 6 – Изменение прочности на прокол полимерных композитов при инкубации с микроорганизмами

Изменение механических характеристик ПВХ композитов после инкубации представлены на рис.6. Инкубация в течение 3-х суток в присутствии тестовых микроорганизмов уменьшала прочностные характеристики ПВХ пленок в среднем в 1,2 – 1,5 раза. При этом, наибольшие изменения наблюдались у композитов, содержащих минеральный наполнитель с массовой долей 1 мас.%, что, вероятнее всего, можно объяснить теорией малых добавок.

Выводы

1. Разработаны деградируемые композиционные материалы на основе поливинилхлорида, наполненные до 15 мас.% бентонитом, пектином и крахмалом, с приемлемыми физико-механическими и специальными характеристиками, предназначенные для применения в качестве упаковки. Выявлены возможности прогнозирования прочностных свойств полимерных композиционных материалов в зависимости от природы и доли наполнителя.
2. Установлено влияние технологических параметров: времени и температуры вальцевания, концентрации наполнителей на эксплуатационные характеристики ПВХ композитов. Время обработки на вальцах в течение 5 минут позволяет получить композиционные полимерные материалы с улучшенными прочностными и оптическими характеристиками. Показана целесообразность изготовления ПВХ пленок наполненных пектином с концентрацией более 5 мас.% при температуре 165 °С.
3. Используемые наполнители оказывают существенное влияние на оптические и термические характеристики композиционных ПВХ пленок: уменьшают светлость, понижают мутность, увеличивают шероховатость поверхности, смещают температуру стеклования композитов в более высокотемпературную область. Наибольший эффект отмечен при использовании бентонита в количестве 10 мас.-%: температура стеклования увеличивается на 5 – 10 °С.
4. Показано, что воздействие УФ-излучения или плазмохимической обработки на композиционные ПВХ пленки приводит к модификации приповерхностных слоев полимерного материала, и как следствие, уменьшает их устойчивость к внешним деструктивным воздействиям. Значительные изменения в химической структуре ПВХ пленок наблюдалось после травления полимерных образцов в течение 10 мин.
5. Продемонстрировано, что использование в качестве наполнителя - крахмала в большей степени повышает деградируемые свойства композиционного материала, по отношению к не модифицированному ПВХ, чем пектин, или бентонит при одинаковой концентрации добавок. При этом с увеличением содержания наполнителя до 15 мас.% возрастает степень деградации материала и происходит снижение прочности на прокол в 1,5 – 2 раза. Основным фактором, определяющим общую деградируемость исследуемых композитов, являлась их механоразрушаемость.

6. Разработанные составы деградируемых композиционных ПВХ материалов с ускоренным жизненным циклом и регулируемыми прочностными характеристиками прошли успешные испытания при изготовлении упаковочной пленки.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Волкова К.В.**, Носенко Т.Н., Успенская М.В., Белухичев Е.В., Сивцов Е.В. Исследование термических характеристик полимерных полимерных композитов на основе поливинилхлорида // Известия СПбГТИ(ТУ), 2017, Т.40 №66, С.55-60
2. Денисюк И.Ю., Позднякова С.А., Корякина И.Г., Успенская М.В., **Волкова К.В.** Фотодеградация полимера, инициированная наночастицами ZnO // Оптика и спектроскопия - 2016. - Т. 121. - № 5. - С. 833-836
3. **Волкова К.В.**, Ситникова В.Е., Сибирцев В.С., Успенская М.В., Белухичев Е.В., Сивцов Е.В. Деградируемые композиции на основе поливинилхлорида и бентонита // Химическая промышленность сегодня.2018.№ 1.С.12-16.
4. **Volkova K.V.**, Uspenskaya M.V., Olekhnovich R.O., Ishevski A.L. Biodegradable polymer nanocomposite // International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM: 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016 - 2016, pp. 47-54 (Web of Science)
5. **Volkova K.**, Uspenskaya M., Sivtsov E., Belukhichev E. The study of polymer composites based on polyvinylchloride film and biopolymer filler // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM - 2017, Vol. 17, No. 41, pp. 225-230 (Web of Science).

Публикации в других изданиях, включая авторские свидетельства и патенты:

6. Заявка 2017138370 от 03.11.2017 "Способ определения устойчивости материалов биодegradации". В.С. Сибирцев, М.В. Успенская, **К.В. Волкова.**
7. Патент 2622430 от 27.01.2016 "Способ получения нанокомпозитного сорбента для засушливых почв". М.В. Успенская, Р.О. Олехнович, А.А. Успенский, **К.В. Волкова.** МПК В01J 20/30. Опубл. 15.06.2017, Бюл. № 17

8. **Волкова К.В.**, Троценко И.В., Успенская М.В., Баля В.К., Сивцов Е.В., Белухичев Е.В. Исследование влияния плазмохимической обработки на свойства полимерных пленок на основе поливинилхлорида // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 5. С. 834–840
9. Сибирцев В.С., **Волкова К.В.**, Хайдаров А.Х., Чан Т., Строев С.А., Радин М.А. Исследование биodeградации, а также антимикробных свойств поливинилхлоридных пленок с добавками пектина и крахмала // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики - 2018. - Т. 18. - № 1(113). - С. 43-49
10. Сибирцев В.С., **Волкова К.В.**, Андреев А.А., Видякина А.В., Радин М.А. Новый метод оценки устойчивости к биodeградации различных полимерных материалов // Проблемы медицинской микологии - 2018. - С. принята в печать
11. **Волкова К.В.**, Успенская М.В., Занин М.О., Куцакова В.Е., Кременевская М.И., Филиппов В.И. Полимерные композиты на основе сорбирующих материалов для огнезащитных конструкций // Полимеры в науке и технике. Материалы Всероссийской научной Интернет-конференции с международным участием. - 2014. - С. 5-7
12. **Волкова К.В.**, Успенская М.В., Подзноев А.М. Создание и исследование эксплуатационных характеристик эластомерных композиций для ультразвуковой диагностики // Современная наука: Актуальные проблемы и пути их решения - 2014. - № 10. - С. 31-33

Тезисы докладов:

13. Успенский А.Б., Плотникова Л.В., Волкова К.В., Успенская М.В., Олехнович Р.О. ИК-спектроскопическое исследование эластомерных акриловых композиций Материалы VI Международной конференции молодых ученых «Органическая химия сегодня» InterCYS-2014 - 2014. - С. 100
14. Троценко И.В., Хисамова Г.И., Успенская М.В., Волкова К.В. Создание условий и проведение эксперимента с целью получения бездефектных полимерных материалов различной геометрической формы // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения - 2015. - Т. I. - С. 177-178

15. Motovilov V.V., Volkova K.V., Nechiporenko A.P., Uspenskaya M.V., Olekhnovich R.O. Cross-linked acrylic hydrogels research using ESDR//Colloquium Spectroscopicum Internationale XXXIX, IET - 2015, pp. 73
16. Волкова К.В., Успенская М.В., Соснина О.А., Кременевская М.И. Ресурсосберегающие технологии при создании биологических композитов//Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – 2016