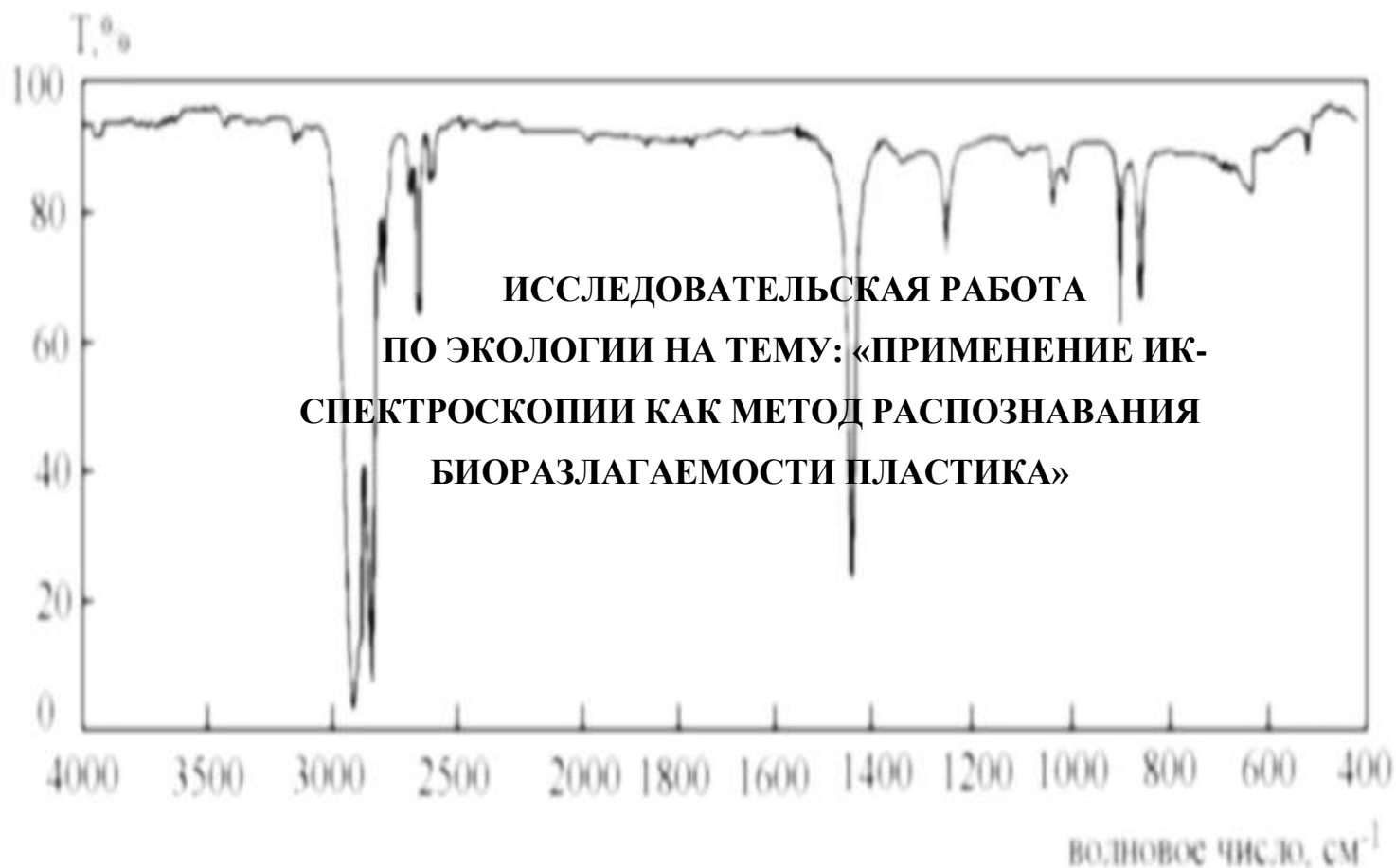


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН**

**ГБПОУ Уфимский колледж радиоэлектроники,
телекоммуникаций и безопасности**



Авторы исследовательской работы:

студенты группы 9 Э-1-21 УКРТБ

Левит Марк и Горшков Андрей

Научный руководитель:

преподаватель естествознания УКРТБ

Мажитова Регина Салаватовна

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Литературный обзор.....	4
Методика исследования.....	11
Результаты исследований и их обсуждение.....	13
Выводы.....	20
Заключение.....	21
Список использованной литературы.....	22
Приложение.....	24

ВВЕДЕНИЕ

Самый продаваемый товар в российских супермаркетах — пластиковые пакеты. Их используют буквально 12 минут, чтобы донести продукты из магазина. Затем в пакетах выносят мусор или копят, чтобы потом всё равно отправить на свалку. Стоит только задуматься, 12 минут используемый предмет, который разлагается около 400 лет! В данное время на рынке высокомолекулярных материалов большое изобилие, но до сих пор не разрешен вопрос хотя бы частичной замены синтетических неразлагаемых пластмасс на «биозамены» на постоянной основе. Исследования производства упаковочного материала из биоразлагаемых полимеров на основе возобновляемого сырья для решения уже давно назревших проблем ограниченности запасов традиционного сырья и экологичной утилизации ТБО- тема не до конца изученная, но очень важная. Именно поэтому мы считаем тему нашей работы актуальной.

Цель нашей работы: изучение использования ИК-спектроскопии как метода исследования биоразлагаемости полимеров

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Выявление ИК-спектров химических группировок, которые характеризуют биоразлагаемость материалов;
2. Исследование пакетов на предмет биоразлагаемости;
3. Изучение метода ИК-спектроскопии как перспективный метод экологического мониторинга пластика.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Проблема роста пластиковых упаковок

Из всех выпускаемых пластиков 41 % используется в упаковке, из этого количества 47 % расходуется на упаковку пищевых продуктов. Удобство и безопасность, низкая цена и высокая эстетика являются определяющими условиями ускоренного роста использования пластических масс при изготовлении упаковки. Упаковка из синтетических полимеров, составляющая 40 % бытового мусора, практически "вечна" – она не подвергается разложению. Поэтому использование пластмассовой упаковки сопряжено с образованием отходов в размере 40...50 кг/год в расчете на одного человека [1].

В связи со сложившейся на территории России санитарно-эпидемиологической обстановкой по вирусу COVID-19 Роспотребнадзор рекомендовал использовать дополнительную упаковку для развесных товаров, чтобы минимизировать возможность передачи вируса между покупателями [2], в связи с чем в торговых сетях и в заведениях питания возросло примерно в два раза количество использованной пластиковой упаковки и, соответственно, отходов. Как правило, для упаковки используются полимерные материалы, обладающие универсальностью (позволяют создать любой дизайн), возможностью получения материалов с широким набором необходимых свойств, экономичностью сырья, малым весом, низкой энергоемкостью производства (по сравнению с производством стекла, металла, бумаги) и долговечностью [3]. Все это, с точки зрения хранения продуктов – один из самых важных аспектов ее широкого применения.

Одной из самых главных задач, стоящих перед человечеством в настоящее время, является борьба с загрязнением окружающей среды, в частности, с возрастанием отходов пластика. Так, в России ежегодно образуется около 60 млн. т. твердых коммунальных отходов (ТКО), производство которых за последние двадцать лет удвоилось. По данным

Росприроднадзора, это связано с активным использованием упаковочных материалов – полиэтилена, пластика и бумаги.

Отходы полимерных материалов можно сжечь, но тогда надо улавливать выделяющиеся газы с целью их использования или обезвреживания. Кроме этого надо упомянуть сколько углекислого газа высвобождается при производстве хотя бы одного из самых популярных материала - полиэтилена.

Углеродный след производства полиэтилена

Независимыми экспертными организациями проведен ряд исследований по данному вопросу:

Организация	Заключение
Гражданское движение StopPlastics (Канада)	Оценка углеродоемкости (углеродного следа) по пластикам (LDPE, PET, polyethylene) составляет до 6 кг CO ₂ на каждый произведенный килограмм полиэтиленовой упаковки.
Стэнфордский Университет (США)	В соответствии с данными Агентства по охране окружающей среды США при производстве каждой унции полиэтилена (PET) образуется примерно 1 унция CO ₂ (1:1). Другой источник указывает это же соотношение как 5:1
Еврокомиссия	В отчете Еврокомиссии « <i>Recycled plastic reduces carbon footprint of packaging</i> » приводится следующее соотношение: при производстве 1 кг полиэтилена (PET) образуется примерно 1,54 кг CO ₂ .

Таким образом, экспертная оценка углеродного следа по производству полиэтилена варьируется от 1 кг до 6 кг CO₂ на 1 кг полиэтиленовой упаковки.

Полимерный мусор после очистки может быть подвергнут повторной переработке. Определенная доля полимерных отходов – это так называемая полимерная тара, т. е. изделия разового потребления. По различным источникам, от 10 до 15% всех производимых полимеров используется для изготовления тары. Японскими специалистами было осуществлено прогнозирование роста количества отходов пластмасс с учетом и без учета мероприятий, направленных на снижение отходов [4].

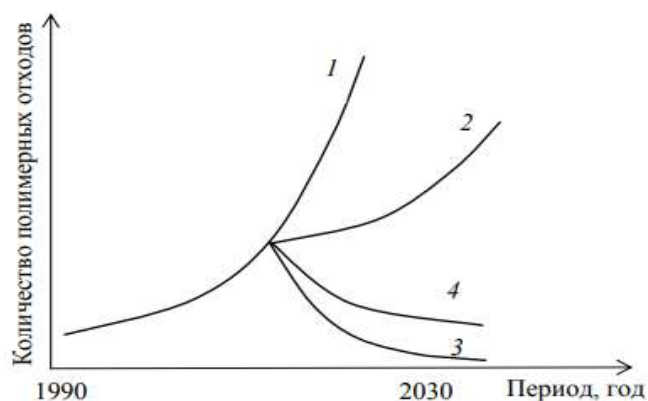


Рис. 1.1. Прогнозирование роста количества отходов пластмасс:
 1 – отсутствие контроля в росте отходов; 2 – использование государственных и законодательных мер, контролирующих эти отходы; 3 – использование полимерных материалов, срок жизни которых составляет 2 месяца;
 4 – использование полимерных материалов, срок жизни которых составляет 2 месяца при условии, что количество отходов удвоится

Биоразлагаемые полимеры

Одной из главных экологически безопасных альтернатив пластиковым пакетам являются биоразлагаемые пакеты. Биоразлагаемые полимеры – полимеры, которые в окружающей среде под действием микроорганизмов (бактерий или грибов) и физических факторов (УФ-излучение, температура, кислород) разлагаются. Биоразложение – это вызванный биологической деятельностью процесс изменения химической структуры материала, приводящий к получению натуральных конечных продуктов обмена веществ. Различают два вида биоразложения материалов: аэробное и анаэробное. Аэробное разложение (компостирование) – биологическое разложение органических веществ ПМ с потреблением свободного кислорода или воздуха в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Продуктами в данном случае являются углекислый газ, вода, минеральные вещества и биомасса. Анаэробное разложение (биогазификация) – биологическое разложение органических веществ ПМ при отсутствии потребления свободного кислорода или воздуха в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Продуктами в данном случае являются метан, вода, минеральные вещества и биомасса.

Классификация биопластиков по типу сырья, из которого изготавливается полимер:

- возобновляемое сырье;
- невозобновляемое (ископаемое).

Другим критерием для классификации является способность ПМ к самопроизвольному распаду в природной среде, то есть биоразложение:

- биоразлагаемые;
- небiorазлагаемые.

Согласно этим характеристикам, все пластики можно разделить на четыре группы.

Группа 1. Небиоразлагаемые пластики из ископаемого сырья – все «традиционные» крупнотоннажные полимеры: полиэтилены, полипропилен, ПВХ, полиэтилентерефталат, полистиролы, полибутилентерефталат, поликарбонаты, полиуретаны и т. п.

Группа 2. Биоразлагаемые пластики из ископаемого сырья – синтетические материалы, полученные традиционными методами на основе нефтехимического углеродородного сырья, но благодаря своим структурным особенностям способные к биодеградации: полибутираты (сополимеры адипиновой кислоты, диметилтерефталата и 1,4-бутандиола (PBAT), полибутиленсукцинаты (PBS), поливиниловый спирт (PVAL), поликапролактоны (PCL) и полигликолевая кислота (PGA). К этому виду можно отнести традиционные пластики, модифицированные с помощью промоторов деполимеризации (группа 2а), или полученные с введением нестойких к гидролизу сополимеров (группа 2б). Это в основном модифицированный ПЭТФ, где в качестве сополимера используется, например, PBAT.

Группа 3. Небиоразлагаемые пластики на основе природного сырья – классические полимеры (биополиэтилен, биоПВХ, терефталевые биополиэферы ПЭТФ или ПБТФ), сырьем для которых является биомасса. Это биоэтилен и получаемый из него биомоноэтиленгликоль, а также био-1,4-бутандиол и моноэтиленгликоль прямого брожения сахаров. А также полиамид-11, который производится из растительного масла.

Группа 4. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, которые делят по способу получения полимера на подгруппы.

Группа 4а. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых полимерная цепь образована естественным путем. Задачи их производства сводятся к выделению их из биосырья или к модификации их структуры без синтеза полимерной цепи (биополимеры на основе крахмала, модифицированной целлюлозы).

Группа 4б. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых полимерная цепь образуется благодаря жизнедеятельности микроорганизмов в определенной среде (полигидроксиалканоаты (PHA)).

Группа 4в. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых в результате биологического процесса образуется мономер, сборка самого полимера осуществляется с помощью синтеза [5].

Биоразлагаемые пластики на основе традиционных полимеров

Для создания подобных ПМ используют специальные добавки при переработке. Некоторые из них позволяют модифицировать период биоразложения ПМ до 1–3 лет в зависимости от структуры полимера. Существуют ОХО-разлагаемые и гидроразлагаемые ПМ. Добавка d2w – катализатор реакции окисления углеродных связей в молекуле полимера под действием ультрафиолетового света, кислорода воздуха через определенный период времени. Получаемые ПМ называют ОХО-разлагаемыми. При этом после процесса окисления наблюдается рост микроорганизмов на поверхности полимера. Гидроразлагаемые ПМ – материалы на основе возобновляемых источников растительного сырья либо синтетические пластики, которые содержат специальные добавки (крахмал), разлагаемые реакцией гидролиза без доступа кислорода. По этой причине в процессе биоразложения таких пластиков выделяется метан. Конечные продукты разложения аналогичны ОХО-разлагаемым ПМ. Поверхность окисленного полимера в обоих случаях обладает гидрофильными свойствами в отличие от первоначального ПМ и поэтому легко подвержена действию воды и бактерий.

Биоразлагаемые ПМ на основе природных полимеров В производстве биоразлагаемой упаковки наибольшее распространение получили полисахариды (крахмал, декстрины, хитозан, целлюлоза, отходы деревопереработки). Обычно крахмал содержит 30–40% связанной влаги, которую используют как наиболее доступный пластификатор при производстве ПМ на основе крахмала. В качестве пластификаторов также известно применение мочевины, моно-, ди- и полиэтиленгликолей. Вспененные ПМ на основе крахмала применяют в качестве звукоизолирующей упаковки. Экструзией смесей кукурузного крахмала и микрокристаллов целлюлозы и метилцеллюлозы получают ПМ для защиты пищевых продуктов от потери массы и порчи. Возрастающее значение в качестве основы для производства биоразлагаемых упаковочных пленок и текстильных волокон приобретают смеси хитина и хитозана.



Общая схема биодegradации полимерных материалов

Для защиты ПМ от биологического разложения используют соединения с биоцидными свойствами: производные фенолов, четвертичные аммониевые соединения, салициланилиды, 8-оксихинолят меди, трилан, трихлорэтилфосфат, 1-фтор-3-бром-4,6-динитробензол, салицилат фенилртути, фталат фенилртути, пентахлорфенол. В качестве биоцидов используют также металлоорганические, хлорорганические, четвертичные аммониевые и неорганические соединения. Биоциды можно разделить на четыре группы: –

неорганические (ZnO, CuSO₄, NaF, NH₄ BF₄, Ca(CN)₂); – органические (производные фенола, фосфорсодержащие соединения, амины и др.); – металлоорганические (содержащие ртуть, свинец, олово, натрий, серебро); – полифункциональные (синтетические биологически активные соединения). Установлено, что карбонат кальция в качестве наполнителя уменьшает, а асбест и тальк увеличивает интенсивность роста микроорганизмов; оксид цинка в составе полимерных композитов ингибирует рост микроорганизмов, диоксид титана инертен, а оксиды железа и магния стимулируют его. Однако абсолютно устойчивых к действию живых организмов ПМ не существует. Исследования показали, что такие материалы, как неопрен и нейлон, поражаются под действием грибов *A. niger*, *A. Flavus* и заметно ухудшают свои свойства. Однозначного мнения нет и в отношении ряда других полимеров: капрон, полиуретан, ацетат целлюлозы, ацетобутират целлюлозы, фенолоанилиноформальдегидная смола, меламиноформальдегидная смола. Установлено, что продуктами жизнедеятельности грибов являются уксусная, пропионовая, масляная, фумаровая, янтарная, яблочная, лимонная, винная, глюконовая и щавелевая кислоты. Образующиеся кислоты в силу агрессивности приводят к изменению физико-механических характеристик ПМ и являются пищей для развития грибов [6]

Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов

Биоразлагаемые полимерные материалы сохраняют свои свойства практически неизменными в течение срока эксплуатации, по окончании которого претерпевают ускоренные физико-химические и биологические превращения в природной среде, легко включаясь в метаболизм полисистем. Утилизация биоразлагаемых полимерных материалов не требует дополнительных площадей под свалки, продукты их разложения в почве не оказывают вредного влияния на окружающую среду. БПМ активно внедряются в современное промышленное производство и постепенно захватывают рынок полимерной упаковки. В связи с расширением объемов выпуска БПМ важнейшую задачу представляет разработка нормативных

требований, касающихся методологии испытаний и количественного определения параметров процесса биоразложения материалов. В данном разделе систематизированы данные информационного поиска по методам оценки биоразлагаемости БПМ с целью выбора методологии, отвечающей критериям быстроты, надежности, адекватности результатов реальным условиям биоутилизации полимерных отходов. Методы оценки биоразлагаемости разделяются по следующим классификационным признакам (рис. 1.6):

- условия проведения испытаний;
- лабораторные и натурные (в естественных условиях);
- продолжительность – длительные и экспресс-методы;
- уровень регламентации – стандартные и нестандартные;
- определяемый параметр биоразлагаемости;
- предусматривающий исследование кинетики изменения характеристик БПМ (биообрастания, массы, деформационно-прочностных показателей, степени дегратации макро-, микро- и молекулярной структуры образцов, молекулярно-массового распределения полимерного связующего и др.) либо состава и свойств биологической системы, в которой протекает биодеструкция (дыхательной активности, кислотности, химического и микробиологического состава почвы или другой биологической среды и т. п.).

Наиболее общим критерием классификации являются условия проведения испытаний БПМ на биоразлагаемость: лабораторные или естественные. Ниже приведены описания некоторых лабораторных и натуральных методов, которые объединены в группы по принципу адекватности экспериментальных подходов и условий испытаний либо определяемому параметру биоразлагаемости БПМ.[4]

Заключение по литературному обзору

На основании изученного литературного обзора мы очередной раз убедились в актуальности нашего исследования. К сожалению, по

литературным данным, все приведенные методы определения и изучения степени биоразлагаемости полимеров довольно долгосрочны. ИК-спектроскопия является экспресс методом исследования биоразлагаемости пластиковых упаковок и методика созданная на её основе в будущем могла бы являться хорошим инструментом мониторинга полимерных материалов и отходов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Этапы проведенных работ:

1. Нахождение зависимости между экологическими проблемами, возникающими в ходе использования полимеров и их химическим составом.
2. Подбор полимерных материалы.
3. Запись ИК- спектров четырех образцов пакетов.
4. Проведение сравнительного анализа биоразлагаемости полимеров по данным полученных спектров.

Место проведения работы: лаборатория нефтехимических материалов на базе Уфимского государственного авиационного технического университета.

Сроки проведения: сентябрь-октябрь 2022 года.

ИК-спектры записывались на спектрометре Фурье «Nicolet iS 10» с математическим обеспечением «OMNIC» в интервале частот $400 - 4000 \text{ см}^{-1}$.



Рис. ИК -Фурье спектрометр «Nicolet iS 10»

Прибор предназначен для измерения содержания различных органических и неорганических веществ в твердых и жидких образцах, продуктах питания, почвах, волокнах, полимерах, нефтепродуктах и т.д. по спектрам в инфракрасной области электромагнитных излучений.

Принцип действия прибора основан на том, что при движении одного из зеркал интерферометра происходит изменение разности хода между интерферирующими лучами, контроль положения и скорости движения зеркала интерферометра осуществляется с использованием встроенного вспомогательного маломощного лазера. Регистрируемый световой поток на выходе интерферометра представляет собой Фурье – образ регистрируемого оптического спектра. Сам спектр получается после выполнения обратного преобразования Фурье.

Спектры снимали на оптической приставка для регистрации спектров нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО)

Приставка однократного НПВО предназначена для экспресс-анализа различных типов твердых и жидких образцов, позволяет работать без пробоподготовки и получать качественные ИК спектры даже при малых количествах исследуемого вещества. Она представляет собой металлический столик для образцов с алмазным окошком в центре и прижимное устройство (винт), которое обеспечивает хороший контакт материала образца с кристаллом алмаза. Общий вид приставки изображён на фотографии Б. Приставка НПВО монтируется на ИК-спектрометре (*рис1. Приложение1*). Основные технические характеристики приведены в приложении 2.

Образцы для исследования:

1. Образец №1 - полиэтиленовый пакет, в котором продают фрукты на рыночных точках;
2. Образец №2 - полиэтиленовый пакет из магазина FIXPRISE, на пакете указана информация, что данный полимерный продукт на 50% сделан из вторсырья;

3. Образец №3 - биоразлагаемый пакет, как указано в составе – «синтезирован из биоразлагаемой смолы»;

4. Образец №4 - биоразлагаемый пакет на основе кукурузного крахмала.

Все фотографии образцов прилагаются в *приложении 3*.

Т.к ранее указана информация об отсутствии пробоподготовки для данного ИК-спектрометра, образцы полимерной продукции были просто разрезаны на небольшие квадраты размером примерно 5*5 см. (см. *Приложение 4*.) Далее через данные материалы были проведены ИК излучения (см. *Приложение 5*).

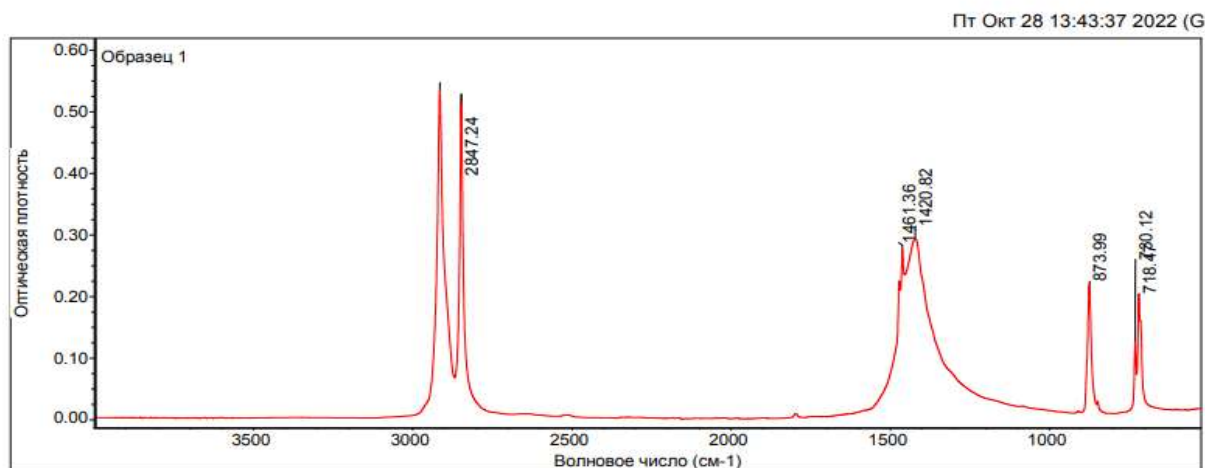


Снятие спектров образца полимера

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После проведения физико- химического исследования 4-х отобранных образцов были получены следующие спектры:

1. Образец №1



Время измерения: Чт Окт 27 11:29:28 2022 (GMT

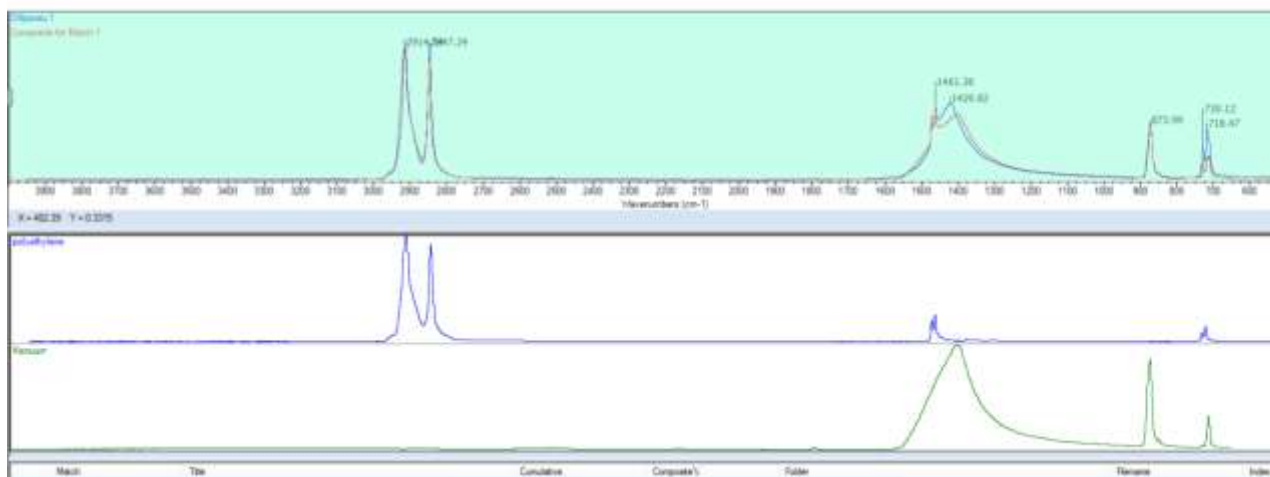
Пт Окт 28 13:43:17 2022 (GMT+06:00)

ПОИСК ПИКОВ:

Спектр: Образец 1
Область: 3999.81 525.05
Порог: 0.118
Чувствительность: 50

Таблица пиков:

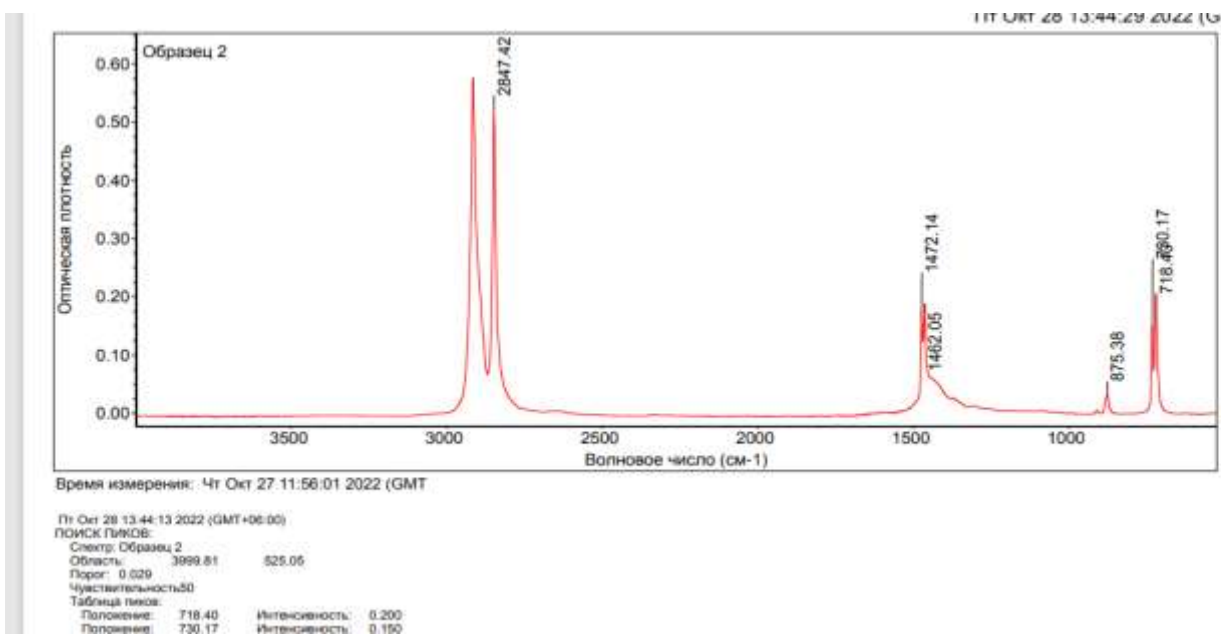
Положение:	Интенсивность:
718.47	0.201
730.12	0.127
873.99	0.218
1420.82	0.294
1461.36	0.276
2847.24	0.514
2914.54	0.534

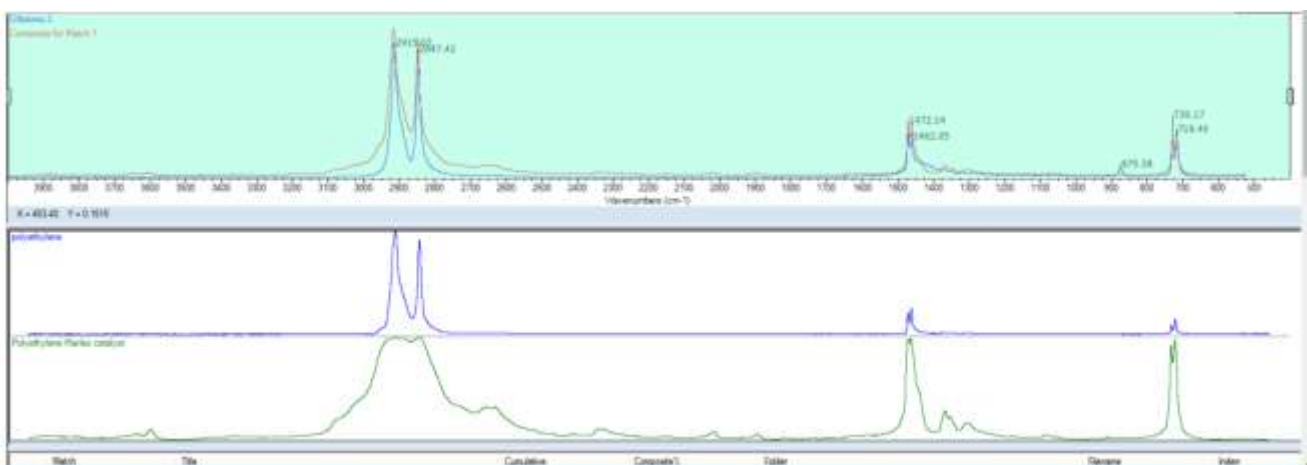


	Match	Title	Cumulative
1	80.47	polyethylene	69.75
		Кальцит	80.47
2	73.77	polyethylene	69.75
		Calcium carbonate 99% (DRIFTS)	73.77
3	73.66	polyethylene	69.75
		Methylenecyclopentane	73.66
4	73.66	polyethylene	69.75
		METHYLENECYCLOPENTANE, 97%	73.66
5	72.41	polyethylene	69.75
		Thallium(I) ethoxide	72.41

Из результатов ИК- спектров мы видим, что в состав образца №1 кроме полиэтилена входит карбонат кальция, который добавляют для устойчивости пакета от микроорганизмов и для снижения горючих свойств полимера. Метилциклопентан, как мы предполагаем выступает в роли ингибитора.

2. Образец №2.






	Match	Title	Cumulative
1	85.67	polyethylene	81.47
		Polyethylene Marlex catalyst	85.67
2	85.34	polyethylene	81.47
		Linear low density polyethylene	85.34
3	84.34	polyethylene	81.47
		oxidized polyethylene	84.34
4	83.61	polyethylene	81.47
		1,2-Dichloroethane	83.61
5	83.06	polyethylene	81.47
		Polyethylene oxidized by heat	83.06

В образце №2, как мы видим на спектре полиэтилен с небольшим количеством 1,2- дихлорэтана, который выступает в роли антипиренов. Использование антипиренов - эффективный способ снижения горючести материалов и изделий на основе полимеров.

Образец №3

Как было заявлено на этикетке данного пакета, он синтезирован из биоразлагаемых смол. Термином «биоразлагаемый» принято именовать полимер, деструкция, ухудшение прежних качеств которого может быть вызвана хотя бы частично биологической системой. В целом деструкция полимера включает первичные процессы поглощения тепла и света, диффузии компонентов среды в материале, его обрастания микроорганизмами.

Данные об образце №3, заявленные производителем



Кратко о товаре:

- Стильный дизайн. Не протекает и не рвется
- Размер пакета 23 на 22 см
- Размер рулона 2,5 на 6 см
- Можно использовать даже для самых больших собак
- С запахом: лаванды
- В комплекте один рулон
- В рулоне не менее 15 пакетов
- Состав: специальные полимеры
- Срок разложения в компосте примерно 180 дней

Описание товара Инструкция **Состав** Отзывы (23)

Биоразлагаемая смола - натуральное нетоксичное вещество на водной основе.

Описание товара Инструкция Состав Отзывы (23)

Пакеты для уборки за собаками значительно облегчат Вам процедуру уборки продуктов жизнедеятельности за своим питомцем.

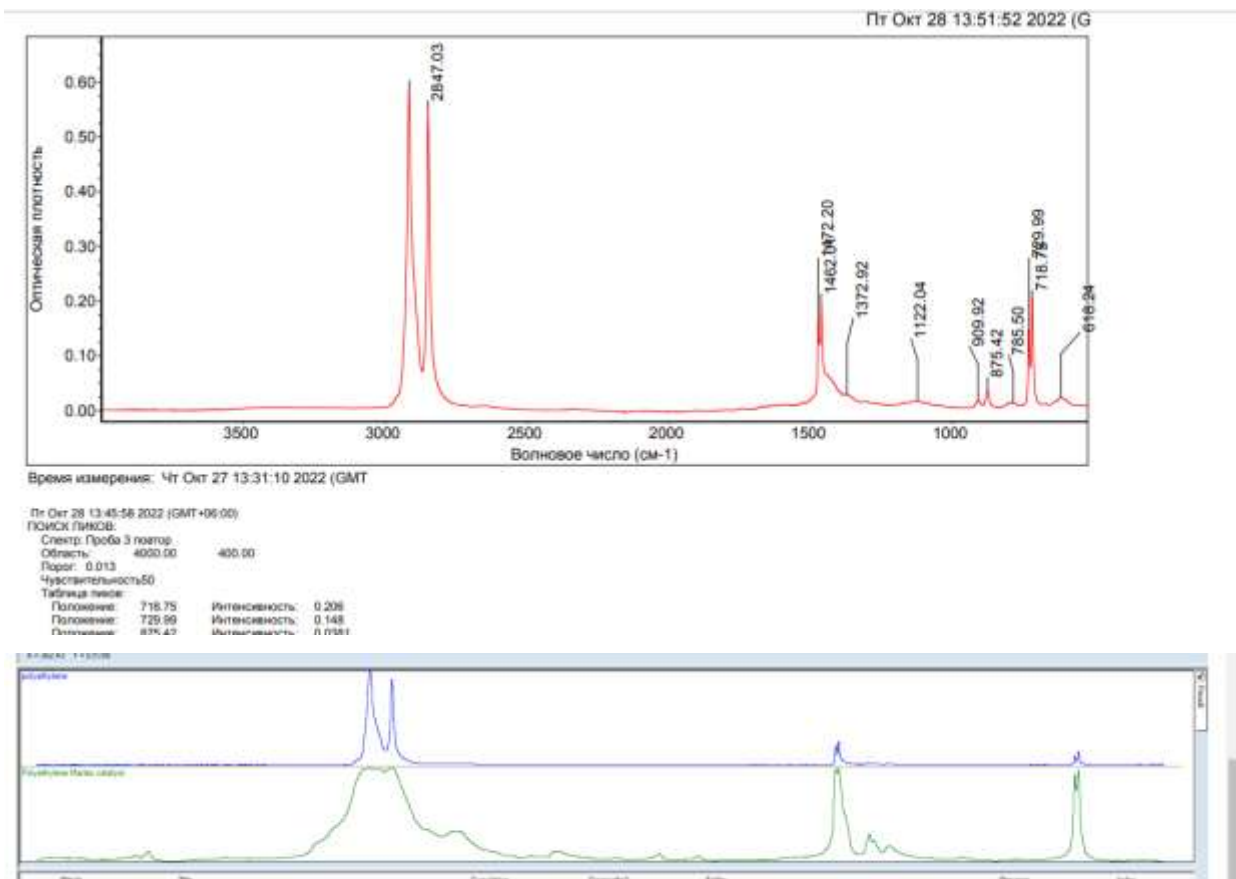
Пакеты перфорированы для удобного отрывания и свернуты в компактные рулоны, которые легко помещаются в диспенсер ([контейнер для хранения](#)).

Специальные полимеры, под воздействием микроэлементов компоста (типа перегной), ускоряют процесс разложения. Пакет в таких условиях разлагается примерно в течении 180 дней, что очень схоже с циклом разложения опавшей листвы. Приобретая эти пакеты, вы облегчаете себе ежедневные прогулки с питомцем, а также заботитесь об окружающей среде.

Контейнер для пакетов можно приобрести [тут](#).

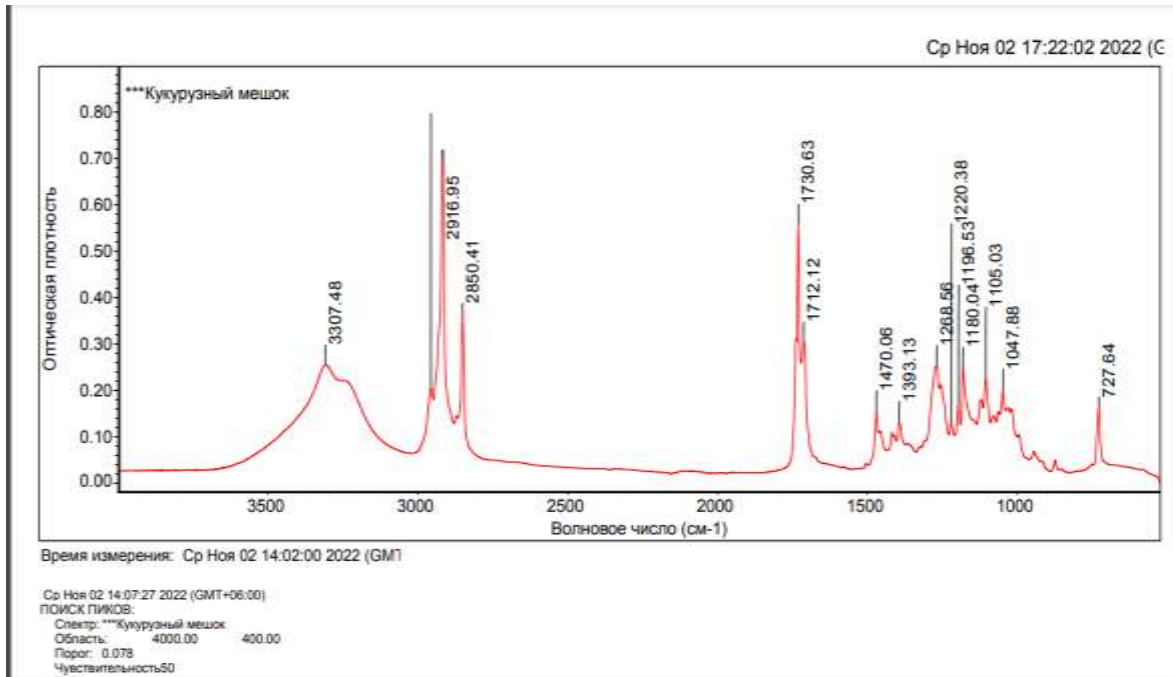
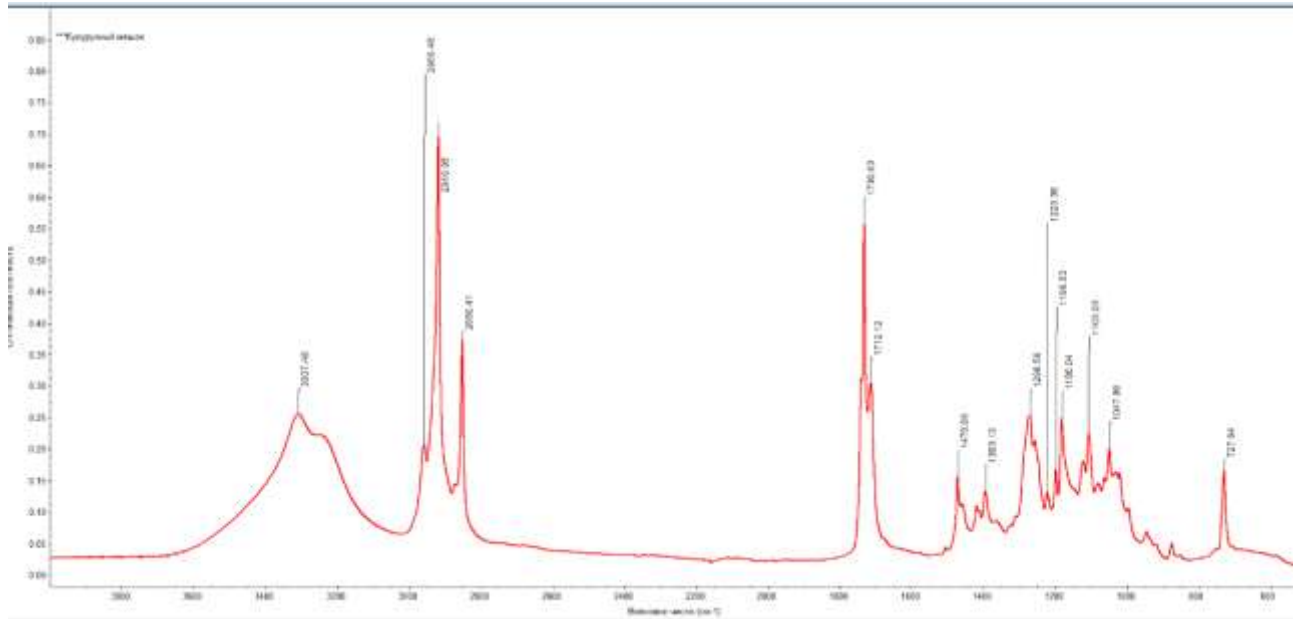
Для биоразложения полимер должен содержать либо фрагменты биологических полимеров (крахмал, целлюлоза, хитин и т.д.), либо должен содержать биоразлагаемые композиции, содержащие в своих составах как полиэфир-полиамидные, так и уретановые, карбонатные группы и в особенности фрагменты гидроксикарбоновых кислот, что позволяет получать на их основе широкую гамму компостируемых изделий. Диметилтрисульфид, который обнаружил спектрометр, как мы предполагаем появился при производстве этилена. Т.к в литературных источниках указано, что такого рода соединения применяются при синтезе неопределенных соединений, для увеличения действия катализаторов [4]. Никаких

литературных данных о применении данного соединения для увеличения биоразлагающих свойств полимеров мы не нашли. Значит можем сделать вывод, что производитель преподносит ложную информацию о составе данного образца.



Match	Title	Cumulative
1	polyethylene	77.79
	Polyethylene Marlex catalyst	81.22
2	polyethylene	77.79
	Linear low density polyethylene	80.87
3	polyethylene	77.79
	1,2-Dichloroethane	79.46
4	polyethylene	77.79
	DIMETHYL TRISULFIDE, 98+%	79.30
5	polyethylene	77.79
	Polyethylene oxidized by heat	79.19

Образец №4



	Match	Title	Cumulative	Composite%
1	60.36	L-ASCORBIC ACID 6-PALMITATE, 95%	50.46	46.72
		BETA-ALANINE ETHYL ESTER HYDROCHLORIDE, 98%	55.96	22.29
		ETHYL TRIACONTANOATE, 98%	60.36	30.99
2	60.28	L-ASCORBIC ACID 6-PALMITATE, 95%	50.46	54.28
		Cocaine .HCl	55.88	16.94
		ETHYL TRIACONTANOATE, 98%	60.28	28.78
3	60.14	L-ASCORBIC ACID 6-PALMITATE, 95%	50.46	42.99
		Mono and diglycerides from edible meat fat	56.02	39.72
		Cocaine .HCl	60.14	17.29
4	59.29	L-ASCORBIC ACID 6-PALMITATE, 95%	50.46	47.79
		METHYL TRICOSANOATE, 99%	55.86	28.79
		BETA-ALANINE ETHYL ESTER HYDROCHLORIDE, 98%	59.29	23.42
5	59.26	L-ASCORBIC ACID 6-PALMITATE, 95%	50.46	39.26
		BETA-ALANINE ETHYL ESTER HYDROCHLORIDE, 98%	55.46	20.99
		Mono and diglycerides from edible meat fat	59.26	39.75

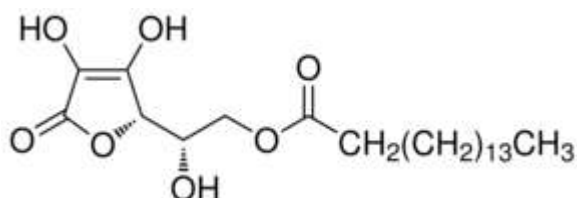
Как было заявлено производителем данный материал полностью состоит из кукурузного крахмала

Характеристики

Тип	Диспенсер для гигиенических пакетов, Пакет гигиенический	Упаковка	Пакет
Цвет	Зеленый	Артикул	10200
Биоразлагаемость	Да	Бренд	ЭльТим
Единиц в одном товаре	30	Срок годности в днях	1825
Материал	Кукурузный крахмал	Предназначено для	Для собак
Страна-изготовитель	Китай		

Данные об образце №4, заявленные производителем

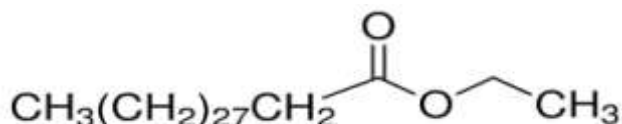
Как мы видим из спектра, в образце не присутствуют пики характерные для полиэтилена- 2847, которые мы наблюдали для изученных ранее образцов (образцы №1, №2, №3). Вещества, которые смог распознать спектрометр- природные органические составляющие.



L-аскорбиновая кислота 6-пальмитат



Гидрохлорид этилового эфира β- аланина



Метиловый эфир высших жирных кислот

Несмотря на то, что сам крахмал биоразлагаем, все же для ускорения биодegradации и получения изделий с заданными свойствами в композицию наряду с крахмалом вводят и полимеры на основе полиэфира. Например, вспененные изделия для упаковки предлагается получать на основе двух компонентов: крахмала и полиэфира гидроксикарбоновых кислот [7].

В ИК-спектрах крахмалов наблюдаются широкие полосы поглощения валентных колебаний гидроксильных групп в области 3000–3700 см⁻¹, а также ряд полос в низкочастотной области от 2000 до 500 см⁻¹. Проявление всех типов ИК-поглощения гидроксильной группы зависит от того, к какому углеродному атому звена полимера присоединена гидроксильная группа – первичному, вторичному или третичному, является ли эта группа свободной или она связана внутримолекулярными или межмолекулярными водородными связями, какова сила этих водородных связей [8]. Как мы видим в наших спектральных данных присутствуют идентичные широкие полосы в указанном диапазоне, что свидетельствует о наличии крахмала в образце. Ввиду не обнаружения следов полиэтилена в четвертом образце и наличия характерных пиков для органических группировок можно считать его биоразлагаемым.

ВЫВОДЫ

В результате проведения лабораторных исследований мы пришли к следующим выводам:

1. Выявлены ИК-спектры химических группировок, которые приводят к биоразлагаемости материалов: гидроксильные группы крахмала – в диапазонах $3000\text{--}3700\text{ см}^{-1}$ и от 2000 до 500 см^{-1} ; 2916 см^{-1} и $1740\text{--}1710\text{ см}^{-1}$ карбоксильные группы и углерод-водородные связи лимонной кислоты (сшивающий компонент); алифатические простые эфирные группы в крахмале – $1150\text{--}1060\text{ см}^{-1}$ и $920\text{--}800\text{ см}^{-1}$.
2. Среди отобранных четырех образцов спектры только образца № 4 соответствуют свойству биоразлагаемости, как было и заявлено производителем.
3. Образец № 3, заявленный производителем так же биоразлагаемым, не имеет в спектре химические группировки, обуславливающие биоразлагаемость пакета, а состоит из полиэтилена.
4. ИК-спектметрия является точным анализирующим методом для исследования пластиковых упаковок на предмет биоразлагаемости и на основе данного инструмента можно создать методику для экспресс-изучения полимеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России до настоящего времени наиболее распространенным методом ликвидации полимерных отходов является захоронение на свалках. Однако синтетические полимеры инертны к воздействию факторов окружающей среды и практически не разлагаются в естественных условиях. В этой связи в мире все большее внимание исследователей привлекает задача придания биоразлагаемости синтетическим полимерным системам, которые сохраняли бы свои потребительские свойства в течение срока эксплуатации, а по его истечении подвергались бы при определенных условиях физико-химическим и биохимическим превращениям, ускоренно разрушаясь и разлагаясь на безвредные для природы компоненты. Именно для того, чтобы на рынке биоразлагаемые материалы не «потерялись» среди пластиковой продукции и для мониторинга производителей полимерных материалов нужны лаборатории и методики, позволяющие быстро и качественно различать полимеры.

Практическая значимость нашей работы:

- 1) в использовании лабораториями данного метода ИК-спектроскопии для контроля выпускаемой полимерной продукции
- 2) в возможности применения данного метода для экологического мониторинга отходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В. У84 Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80с
2. Методические рекомендации МР 3.1/2.3.6.0190-20 “Рекомендации по организации работы предприятий общественного питания в условиях сохранения рисков распространения COVID-19” [Электронный ресурс]. URL: http://11.rospotrebnadzor.ru/395/-/asset_publisher/uP0t/content/рекомендации-роspotребнадзора-по-организации-работы-предприятия-общественного-питания-с-учетом-эпидемиологической-ситуации (20.08.2020).
3. Упаковочные изделия из полимерной пленки [Электронный ресурс]. URL: <https://www.okhta.ru/articles/upakovochnye-izdeliya-iz-polimernoy-plenki/> (20.08.2020)
4. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 04 «Технология пластических масс» / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с.
5. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II А.К. Мазитова , Г.К. Аминова , И.И. Зарипов , И.Н. Вихарева, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Нанотехнологии в строительстве 2021; 13 (1): 32–38
6. Костин А. Биопластики: перспективы в России // Пластикс. – 2015. – № 3. – С. 44–50.
7. Технология биоразлагаемых полимерных материалов: учеб.-метод. пособие для студентов специальности «Химическая технология

органических веществ, материалов и изделий» специализации «Технология пластических масс» / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск: БГТУ, 2014. – 105 с.

8. Исмадова Р.А., Амонова М.М. Физико-химические аспекты получения и применения полимерной композиции для шлихтования хлопчатобумажной пряжи // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 6(87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11955>

ПРИЛОЖЕНИЕ



Рис.1 приставка НПВО

Основные технические характеристики	
Оптическая схема:	Оптика "pinned-in-place" Герметичная оптическая схема, не требующая юстировки после замены одной или всех оптических деталей (источник, лазер, зеркала, детектор). Оптическое отделение с цельнометаллическими зеркалами.
Оптические лучи: (кюветное отделение и внешние):	2
Спектральный диапазон, см ⁻¹ :	7 500 – 350
Разрешение, см ⁻¹ :	не хуже 0,4 см ⁻¹
Точность по волновому числу:	0,01 см ⁻¹
Скорость сканирования, скан/с:	40
Интерферометр:	интерферометр Майкельсона. Динамическая настройка интерферометра и автоматическая оптимизация энергии излучения.
Проверка и валидация:	Встроенные стандарты NIST, соответствие USP, EP и BP
Программное обеспечение:	OMNIC™ на русском языке
Операционная система:	Windows XP / Vista
Интерфейс:	USB 2.0
Работа в сети:	Стандарт
Размеры кюветного отделения, см:	21x26x20
Размеры оптического блока, см:	55x57x25
Вес оптического блока, кг:	39
Детектор влажности:	электронный детектор влажности в приборе в режиме постоянного контроля с выводом данных в программное обеспечение.
Диагностика спектрометра:	автоматическая система диагностики узлов прибора в режиме on-line и тестирование прибора.
Система продувки спектрометра:	комплект для продувки спектрометра, включая регулятор продувки.
Внешние устройства и дополнительные модули	ИК микроскоп ТГА интерфейс Автоматические приставки Smart Приставки Foundation Интегрирующая сфера Модуль iZ10
Области применения:	Добыча и переработка сырья Экология Криминалистика Материаловедение Полимерная промышленность Фармация



Образец № 1, цена 3 рубля



Образец №2, цена 5 рублей



Образец №3, цена 9 рублей



Образец №4, цена 16 рублей



Фотографии отбора материалов



Фотографии работы на спектрометре