

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Детский эколого-биологический центр «Росток»
Воронежская область
Город Воронеж
Объединение: «Юный исследователь»

**ОЦЕНКА РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА
РАЗНЫХ МАРОК В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ**

Воронина Алла Ивановна, 11 класс

Руководители: Беспалова О. А., педагог дополнительного образования

МБУДО «Детский эколого – биологический центр «Росток»;

Консультант: Студеникина Любовь Николаевна, к.т.н., доцент кафедры
промышленной экологии ВГУИТ

Воронеж -2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| Глава 1. Обзор литературы..... | 5 |
| Глава 2. Объекты и методы исследования..... | 9 |
| Глава 3. Результаты исследования | 9 |
| Исследование №1. Определение прочности упаковочных материалов при нормальных условиях..... | 10 |
| Исследование №2. Визуальные изменения исследуемых материалов после содержания в почве..... | 10 |
| Исследование №3. Определение прочности исследуемых Материалов после содержания в почве..... | 11 |
| Исследование №4. Расчет потери прочности композитов на основе ПВС..... | 11 |
| Выводы..... | 12 |
| Заключение..... | 12 |
| Список литературы..... | 13 |
| Приложение..... | 14 |

Введение

Для решения «мусорной проблемы» населенных пунктов наряду с организацией системы сбора и переработки бытовых и промышленных отходов (вторсырья), крайне необходима разработка и внедрение биоразлагаемых материалов (БРМ). Особенно в те сферы, где вторичная переработка затруднена или нерентабельна (разовая посуда, упаковочные подложки, лотки и т.д., которые вошли в привычный обиход, и подавляющая часть которых после использования не перерабатывается).

Технологии производства биоразлагаемых упаковочных материалов существуют уже более 20 лет, но в силу разных причин в нашей стране они до сих пор не получили широкого распространения. Основным ограничивающим фактором является сложность изготовления и дороговизна. Между тем, прогрессирующая проблема накопления пластика в окружающей среде диктует необходимость скорейшего перехода на экоупаковку. При этом основной задачей является разработка эффективных, нетоксичных и дешевых материалов, доступных для потребителей. В последнее время внимание исследователей привлекает получение биоразлагаемых материалов на основе водорастворимого термопластичного полимера – поливинилового спирта (ПВС). В качестве наполнителя ПВС предлагается использовать крахмал, гидрогель целлюлозы. [9.10]

Поливиниловый спирт (ПВС) – один из немногих синтетических термопластов, способный к биоразложению, производится в РФ и включен в перечень биоразлагаемых пластиков по ГОСТ Р 57432-2017.

В прошлом году нами проводилась работа по оценке разложения упаковочных материалов на основе ПВС в окружающей среде. Мы выяснили, что композиты на основе ПВС и целлюлозы в соотношении 20%-80%, наиболее подвержены биодеструкции. В этом году мы продолжили работу по изучению биоразлагаемости композитов на основе ПВС.

Цель работы: оценить показатели разложения образцов композитов на основе поливинилового спирта разных марок в почвенной среде.

Задачи исследования:

- 1) провести литературный обзор по теме исследования,
- 2) изготовить образцы композитов на основе ПВС,
- 3) определить прочностные показатели выбранных для исследования композитов в нормальных условиях,
- 3) оценить визуальные изменения композитов после 5 месяцев содержания в почве,
- 4) определить прочностные показатели выбранных для исследования композитов после биodeградации,
- 5) дать оценку композитам на основе разных марок ПВС соответствия стандартам биоразложения.

В качестве объектов исследования были выбраны композиты на основе поливинилового спирта (ПВС марки 1799 и марки ВР-05), наполненные

целлюлозой и крахмалом.

Объекты исследования:

ПВС-1799 + крахмал,
ПВС-1799 + целлюлоза,
ПВС ВР-05 + крахмал,
ПВС ВР-05+ целлюлоза.

Композиты на основе ПВС были изготовлены на кафедре совместно с консультантом. Композиты в виде пластин получали жидкофазным совмещением 5%-го раствора ПВС и порошка целлюлозы и крахмала с последующим обезвоживанием в вакуум-сушильном шкафу.

ПВС ВР-05 водорастворимый поливиниловый спирт, ПВС-1799-растворимый в горячей воде поливиниловый спирт.

Методы исследования:

Макроструктуру композитов определяли с помощью цифрового микроскопа Levenhuk-D670T с программным обеспечением LevenhukTourView (x100).

Прочностные показатели до и после биодegradации оценивались по ГОСТ 11262-17 (с помощью разрывной машины РМ-50 с программным обеспечением «StretchTest»).

Определяли начальную прочность материалов, а затем помещали их в почву. Периодически увлажняли субстраты, через 5 месяцев извлекли исследуемые материалы и оценили их визуальные изменения, а также определили прочность после биовоздействия.

Практическая часть работы по получению композитов и определению прочности материалов, а также процессов биодеструкции была выполнена на лабораторном оборудовании кафедры промышленной экологии ВГУИТ. Компостирование исследуемых композитов проводилось на базе центра «Росток» 2020-2021 год.

Глава 1. Обзор литературы

На мировом рынке представлено два вида полимеров, которые, по заверению производителей, обладают более высокой скоростью деградации в окружающей среде: оксоразлагаемые и биоразлагаемые. Из них всё чаще делают одноразовые пакеты, якобы заботясь о природе.[1]

Оксоразлагаемые полимеры.

Представляют собой традиционные полимеры (например, полиэтилен низкого давления), в которые внедрены добавки (например — d2w, содержащие соли переходных металлов), ускоряющие окисление и распад материала под воздействием ультрафиолета и/или тепла и кислорода. Процесс окисления приводит к ускоренному распаду материала на фрагменты.

Под воздействием ультрафиолета пакет просто быстрее распадается на фрагменты. На этом его «биоразлагаемость» заканчивается.

В теории, фрагментация полимера должна приводить к более быстрому процессу биоразложения, при котором образуется диоксид углерода и вода. Однако на практике это зависит от множества факторов: размера частиц полимера, качества химических добавок, которые использовались для фрагментации, и условий окружающей среды, в которых предполагается процесс биоразложения.[4, 5]

В природе оксоразлагаемые полимеры, распавшись на фрагменты, требуют намного больше времени для естественного биоразложения. При этом окружающая среда загрязняется микропластиком, который из-за своих размеров способен мигрировать по пищевой цепи и в итоге оказаться на наших тарелках.

Так как основная функция оксоразлагаемых полимеров — распаться на мелкие фрагменты за короткий промежуток времени (от нескольких месяцев), их использование в товарах длительного пользования крайне ограничено и, в свою очередь, требует применения стабилизаторов — дополнительных химических веществ, препятствующих фрагментации[6,8].

Современные технологии переработки не обладают способностью выделять оксоразлагаемые полимеры из общего потока пластика, поступающего на переработку. Это снижает качество вторсырья и может привести к тому, что загрязнённая оксоразлагаемыми полимерами партия пластика не сможет быть переработана.

Получается, что оксоразлагаемые пластмассы не являются решением для окружающей среды и не подходят для долгосрочного использования, переработки или компостирования. [6]

Согласно же российскому ГОСТу 33747-2016, оксоразлагаемая упаковка не предполагает переработки и должна быть направлена на специализированные полигоны для последующей деградации.

Желая помочь природе, люди наполняют окружающую среду микропластиком.

Фактически, использование оксоразлагаемого полимера под видом биоразлагаемого вводит в заблуждение потребителей.

Биоразлагаемые полимеры.

Разлагаются в условиях компостирования на диоксид углерода, воду, неорганические соединения и биомассу и не приводят к образованию токсичных отходов. Изготавливаются, как правило, из кукурузного и картофельного крахмалов, сои, целлюлозы.[3,4]

Процесс разложения такого полимера в условиях компоста составляет 180 дней.

Современные упаковочные материалы и пути их утилизации.

Существует довольно много видов пластика, что уже само по себе усложняет переработку, так как вместе можно перерабатывать только одинаковый вид этого сырья.

НЕ поддается переработке неликвидный пластик и произведенные из него предметы:

- 1.пластик с маркировкой 3 (PVC или ПВХ) и 7 (OTHER);
- 2.пластик без маркировки или с невнятной маркировкой;
- 3.одноразовая посуда и контейнеры с маркировкой PET (исключение – PET бутылки);
- 4.смешанный пластик (с приставкой “С”, например, C/LDPE, C/HDPE, C/PP);
- 5.эколин (упаковка для масла, творога);
- 6.упаковка из вспененного полистирола (6 PS). При этом гладкий прозрачный, белый или цветной полистирол годится в переработку;
- 7.фольгированный пластик, блестящий внутри (например, упаковка от чипсов), даже если на нем есть маркировка;
- 8.многокомпонентная упаковка, например, дозаторы от жидкого мыла (содержат несколько видов пластика и металл);
- 9.одноразовая пластиковая посуда и стаканчики (в том числе и “бумажные”);вакуумная упаковка (например, для колбасной нарезки) и термоусадочная пленка (которая полностью “обтягивает” бутылку);
- 10.фантики от конфет;
- 11.чайные пакетики;
- 12.пластиковая упаковка из-под яиц;
- мягкая упаковка “дой-пак” (для майонезов и соусов);
- 13.файлы для документов;
- 14.CD/DVD диски;
- 15.искусственные елки;
- 16.скотч;
- 17.зубные щетки.

По недавнему исследованию только 12% упаковки из пластиковой пленки в мире идет в переработку. В прошлом году Европейский союз запретил производить одноразовую посуду, если она не перерабатывается. Упаковочная отрасль по прогнозам должна прийти к этому в 2021 году.

В России о запрете пластика пока говорят очень осторожно. В апреле почти незамеченной осталась новость о том, что первый зампред комитета по природным ресурсам Василий Власов предложил запретить полиэтиленовые пакеты в 2025 году.[9.10]

Согласно паспорту национального проекта «Экология», к 2024 году в России должны утилизировать 36 % бытового мусора. В 2019 году этот показатель составлял всего 7 %. Оптимистичная цель вызывает вопросы у экологов: они выступили против приравнивания сжигания мусора к утилизации. Однако Госдума уже во втором чтении приняла законопроект, признающий сжигание мусора переработкой, если при этом образуется тепловая или электрическая энергия. [11]

Композиты на основе синтетических термопластов: свойства и область применения.

Композитный материал (КМ), композит — многокомпонентный материал, изготовленный из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые, в сочетании, приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов.

ПВС: перспективы применения в упаковочной индустрии

Поливиниловый спирт (ПВС) — искусственный, водорастворимый, термопластичный полимер. Синтез ПВС осуществляется реакцией щелочного/кислотного гидролиза сложных поливиниловых эфиров.

Поливиниловый спирт (ПВС) – один из немногих синтетических термопластов, способный к биоразложению, производится в РФ и включен в перечень биоразлагаемых пластиков по ГОСТ Р 57432-2017.

Однако при получении и применении таких материалов возникает ряд вопросов, требующих изучения. Например, биодegradация ПВС и композитов на его основе зависит от многих факторов: состава, внешних факторов. [4,5]

Поливиниловый спирт (ПВС) – один из немногих синтетических термопластов, способный к биоразложению, он вдвое дешевле БРП, полученных микробиологическим синтезом (ПЛА, ПГБ), производится в РФ и включен в перечень биоразлагаемых пластиков по ГОСТ Р 57432-2017.

Например, ПВС марки 1799 имеет высокую ММ (вязкость 24-26 мПа·с) и низкое содержание ВА(винилацетата). Он не растворяется в холодной воде и является одной из наиболее дешевых марок ПВС. Это делает его привлекательным не только с экономической точки зрения, а также обеспечивает некоторые преимущества потребительских свойств (прочность, лучшая водостойкость и др.), однако, может ингибировать его биодegradацию.

ПВС марок ВР-05, ВС-05 и др., напротив, имеют низкую ММ (вязкость 5-6 мПа·с) и способны достаточно быстро растворяться в холодной воде. Это может несколько ограничивать область применения, однако позволяет прогнозировать полную биоконверсию при компостировании.

Известно, что модификация ПВХ наполнителями и добавками изменяет структуру макромолекул. Термин «биodeградация» подразумевает поэтапную трансформацию полимера в углекислый газ, воду, неорганические соединения, включающиеся в естественный круговорот веществ.

Стандарты оценки биodeградации материалов.

В настоящее время в развитых странах сформулированы требования к биоразлагаемым упаковочным материалам (стандарты EN13432, ASTM D6400, ISO17088, EN14995, AS4736, AS5810), основное из которых – способность компостироваться в течение 180 суток с образованием в качестве продуктов деструкции простых веществ и биомассы, при этом полученный компост должен быть безопасен для растений. В РФ действует модифицированный по отношению к европейскому стандарту EN 13432 национальный стандарт ГОСТ Р 54530-2011. Также в РФ действует стандарт на оксо-биоразлагаемую упаковку (ГОСТ 33747-2016), но хотелось бы отметить, что оксоразложение полиолефинов связано с проблемой образования микропластика и эмиссии формальдегида. [11]

Глава 2 Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны композиты на основе поливинилового спирта (ПВС марки 1799 и ВР-05), наполненных полисахаридами: крахмалом (К) и целлюлозой (Ц)

Объекты исследования:

ПВС-1799 + крахмал(50%)

ПВС-1799 + целлюлоза, (50%)

ПВС ВР-05 + крахмал, (50%)

ПВС ВР-05+ целлюлоза. (50%)

Композиты на основе ПВС были изготовлены на кафедре совместно с консультантом. Композиты в виде пластин получали жидкофазным совмещением 5%-го раствора ПВС и порошка целлюлозы и крахмала с последующим обезвоживанием в вакуум-сушильном шкафу.

ПВС ВР-05 - растворимый в холодной воде поливиниловый спирт, ПВС-1799- растворимый в горячей воде поливиниловый спирт.

Композиты предоставлены кафедрой ПЭОХиНХП ВГУИТ, они были изготовлены в опытно-промышленных условиях в рамках НИР кафедры.

Методы исследования:

Макроструктуру композитов определяли с помощью цифрового микроскопа Levenhuk-D670T с программным обеспечением LevenhukTourView (x100)

Прочностные показатели до и после биодegradации оценивались по ГОСТ 11262-17 (с помощью разрывной машины РМ-50 с программным обеспечением «StretchTest»).

Ход исследований.

Определяли начальную прочность материалов, а затем помещали их в почву. Периодически увлажняли субстраты, через 5 месяцев извлекли исследуемые материалы и оценили их визуальные изменения, а также определили прочность после биовоздействия.

Глава 3. Результаты исследования

Исследование №1

Определение прочности упаковочных материалов при нормальных условиях.

Материалы и оборудование

ПВС-1799 + крахмал, (50%)

ПВС-1799 + целлюлоза, (50%)

ПВС ВР-05 + крахмал, (50%)

ПВС ВР-05+ целлюлоза, (50%)

Ход работы

1.Взяли образцы материалов и поместили для определения прочности в разрывную машину РМ 50.

2.Провели эксперимент по разрыву образцов. Результаты представлены в протоколах 1-4 (приложение)

Определили прочность исследуемых материалов до компостирования в почве.

С полученными результатами будем сравнивать результаты прочности после 5 месяцев пребывания образцов в почве.

Исследование №2

Визуальные изменения исследуемых материалов после содержания в почве.

Материалы и оборудование

ПВС-1799 + крахмал, (50%)

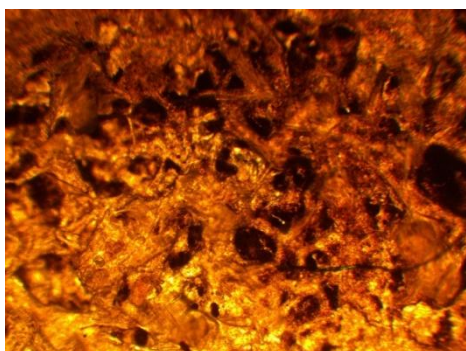
ПВС-1799 + целлюлоза, (50%)

ПВС ВР-05 + крахмал, (50%)

ПВС ВР-05+ целлюлоза, (50%)

Все образцы были выдержаны в почве 5 месяцев

Визуальные изменения материалов после выдержки в почве в течении 5 месяцев представлены в таблицы №1(приложение)



Макроструктура композита, после 5 месяцев компостирования

Макроструктура композита ПВС1799:Ц (50%) показана на рисунке. Структура гетерогенна, наполнитель распределен однородно в виде «сетки», при большем увеличении видны поры, что является важным фактором для

проникновения ферментов в объем композита при биодegradации.

После воздействия внешних факторов видно, что в поры композита эффективно проникают компоненты почвы, которые способствуют биодеструкции, появлению микротрещин.

Исследование №3

Определение прочности исследуемых материалов после содержания в почве.

Материалы и оборудование

ПВС-1799 + крахмал, (50%)

ПВС-1799 + целлюлоза, (50%)

Ход работы.

1. Исследуемые материалы поместили в почву на 5 месяцев. Периодически увлажняли.

2. Определили прочность образцов с помощью разрывной машины РМ 50. Результаты представлены в протоколах 5,6 (приложение).

Образцы композитов ПВС ВР-05 + крахмал и ПВС ВР-05+ целлюлоза полностью разложились.

Исследование №4

Расчет потери прочности композитов на основе ПВС

Анализируя протоколы исследований, составили таблицу по определению потери прочности композитов на основе ПВС

Материалы и оборудование

ПВС-1799 + крахмал, (50%)

ПВС-1799 + целлюлоза, (50%)

Композиты: ПВС ВР-05 + крахмал и ПВС ВР-05+ целлюлоза после 5 месяцев пребывания в почвенной среде подверглись полной деструкции.

Результаты расчета приведены в таблице №2 (приложение).

Самый высокий уровень потери прочности у образца ПВС-1799 + целлюлоза.

Показатели потери прочности композитных материалов позволяют удобно и достоверно оценить скорость деструктивных процессов под воздействием различных факторов.

Выводы

- композиты ПВС ВР-05 + крахмал и ПВС ВР-05+ целлюлоза полностью подвергаются процессам биодеструкции в период 5 месяцев, их невозможно обнаружить в почве, они полностью разлагаются и не сохраняют свои эксплуатационные свойства.

- композиты ПВС-1799 + крахмал и ПВС-1799 + целлюлоза подвергаются процессам биодеструкции, хорошо сохраняя свои эксплуатационные свойства. Но полного разложения исследуемых образцов ПВС 1799 не произошло, возможно, необходимо увеличить время пребывания в почве.

Заключение

В результате работы оценили показатели разложения образцов композитов на основе поливинилового спирта разных марок в почвенной среде.

ПВС ВР-05 является полностью биоразлагаемым, соответствует стандартам на компостируемый пластик.

ПВС-1799 использовать можно, но требуется уточнение сроков и условий разложения.

Перспективы работы

В дальнейшем планируем продолжить работу по исследованию деструкции композитных материалов на основе ПВС по созданию экоупаковки.

Список литературы:

1. Г. М. Власова. Биоразлагаемые пленки на основе термопластов. Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2000. – Т. 44, № 6. – С. 100–103.
2. С. В. Власов, А. А. Ольхов. Биоразлагаемые полимерные материалы\ Полимерные материалы: изделия, оборудование, технологии № 7- С. 23-26; № 8 .- С. 35-36; № 10 .- С. 28-33
3. О. Легонькова, Е. Мелицкова, А. Пешехонова. Будущее за биоразложением. Тара и упаковка. – 2003. – № 2. – С. 62–63.
4. О. Легонькова. Биоразлагаемые материалы в технологии упаковки. Тара и упаковка. – 2003. – № 6. – С. 78–80.
5. М. Л. Шериева, Г. Б. Шустов, Р. А. Шетов. Биоразлагаемые композиции на основе крахмала. Пластические массы. – 2004. – № 10. – С. 29–31.
6. О. А. Ермолович. Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов. Биотехнология. – 2005. – № 4. – С. 47–54.
7. Легонькова, О. Еще раз о биоразложении полимерных материалов. Тара и упаковка. – 2006. – № 2. – С. 57–58.
8. Н. С. Винидиктова. Прочность биоразлагаемых полипропиленовых плоских лент, наполненных модифицированным крахмалом. Механика композитных материалов. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 389–400.
9. Студеникина Л.Н. Получение высоконаполненного крахмалом полиэтилена с использованием модифицирующих добавок / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, 2012
10. <https://zen.yandex.ru/media/w2e/gid-po-pererabatyvaemym-i-nepererabatyvaemym-othodam>.
11. <https://copackingcenter.ru/blog/blog/pererabatyvaemaya-upakovka-novaya-era-upakovochnykh-materialov>.



Рис. 1. Машина разрывная РМ-50 с программным обеспечением «StretchTest»



Рис. 2. Подготовка образцов для испытания прочности



Рис.3 Помещение исследуемых образцов в почву



Рис. 4. Образцы композитов ПВС-1799 + крахмал и ПВС-1799 + целлюлоза, после 5 месяцев содержания в почве.

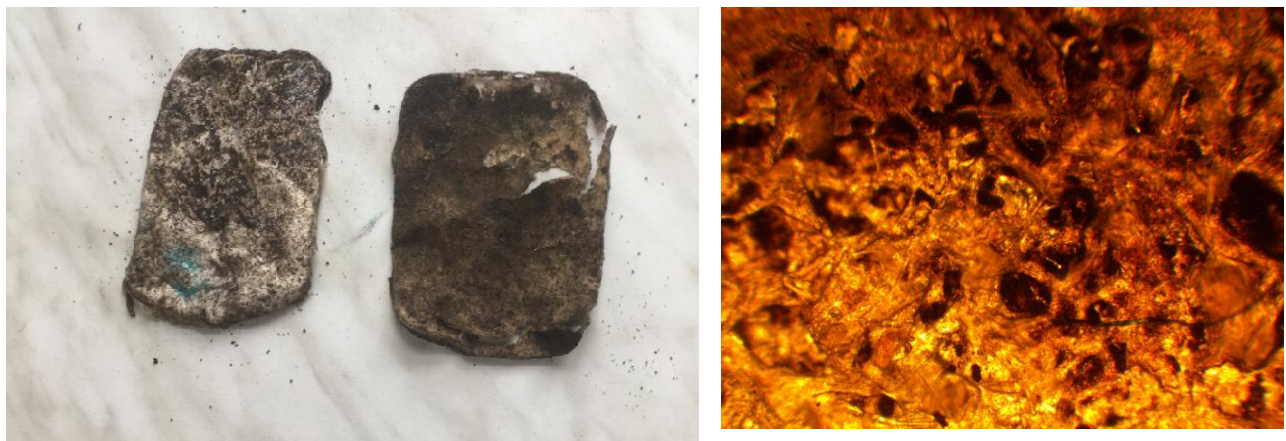


Рис. 5 Деструкция композита марки ПВС1799 после содержания в почве

Таблица №1. Визуальные изменения материалов после содержания в почве в течение 5 месяцев.

| Композит (состав, об.%) | Визуальные изменения после выдержки в почве |
|----------------------------------|--|
| <u>ПВС-1799 + крахмал,</u> | Механическое загрязнение поверхности, сохранение формы, цвета, структуры материала |
| <u>ПВС-1799 + целлюлоза,</u> | Механическое загрязнение поверхности, сохранение формы, цвета, структуры материала |

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <u>ПВС ВР-05 + крахмал,</u> | Произошло полное разложение |
| <u>ПВС ВР-05+ МЦ</u> | Произошло полное разложение |

Таблица №2. Расчет потери прочности материала (после почвенного теста)

| Композит (состав, об.%) | Прочность МПа | | Потеря прочности, % |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|
| | До воздействия | После 5 месяцев воздействия | |
| <u>ПВС-1799 + крахмал,</u> | 11,12 | 0,776 | 93% |
| <u>ПВС-1799 + целлюлоза,</u> | 5,35 | 0,229 | 95% |

Протокол лабораторных испытаний №1
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

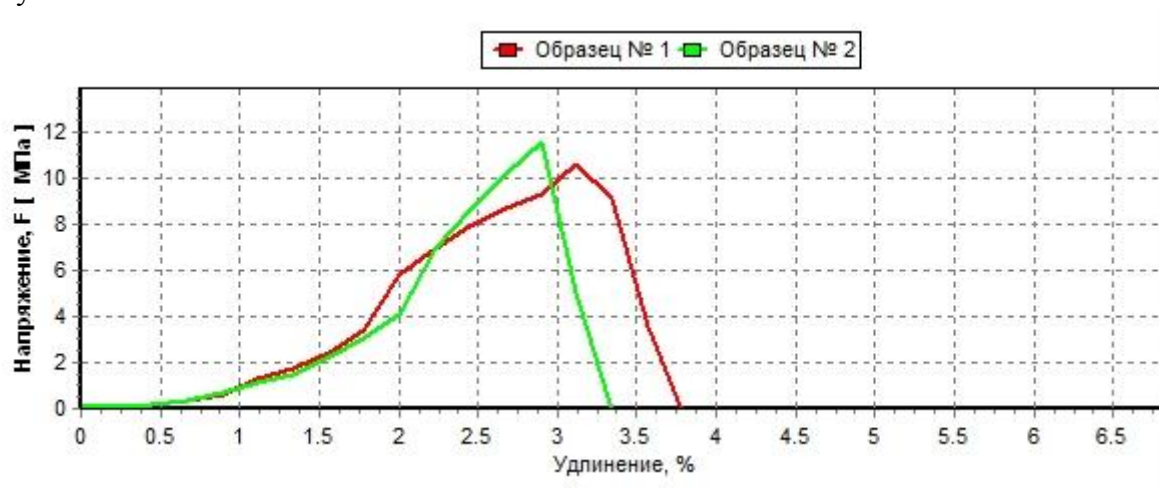
Дата проведения испытаний
Метод проведения испытаний
Описание

ГОСТ 14236

Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью

Материал
Нормативная документация
№ партии
Направление
Скорость [мм/мин]
Результаты испытаний

ПВС 1799+КР (50%)
ТУ 2297-001-84929570-2008
Долевое (MD)
100



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузка (N) | Удлинение (мм) | Макс. Прочность МПа | Относительное удлинение (%) | Примечание |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | 10 | 600 | 50 | 63.79 | 2.45 | 10.63 | 4.9 | |
| 2 | 10 | 600 | 50 | 69.62 | 3.12 | 11.6 | 6.24 | |
| Среднее: | 10 | 600 | 50 | 66.7 | 2.79 | 11.12 | 5.57 | |

Протокол лабораторных испытаний №2
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения испытаний

ГОСТ 14236

Описание

Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью

Материал

ПВС 1799+МЦ (50%)

Нормативная документация

ТУ 2297-001-84929570-2008

№ партии

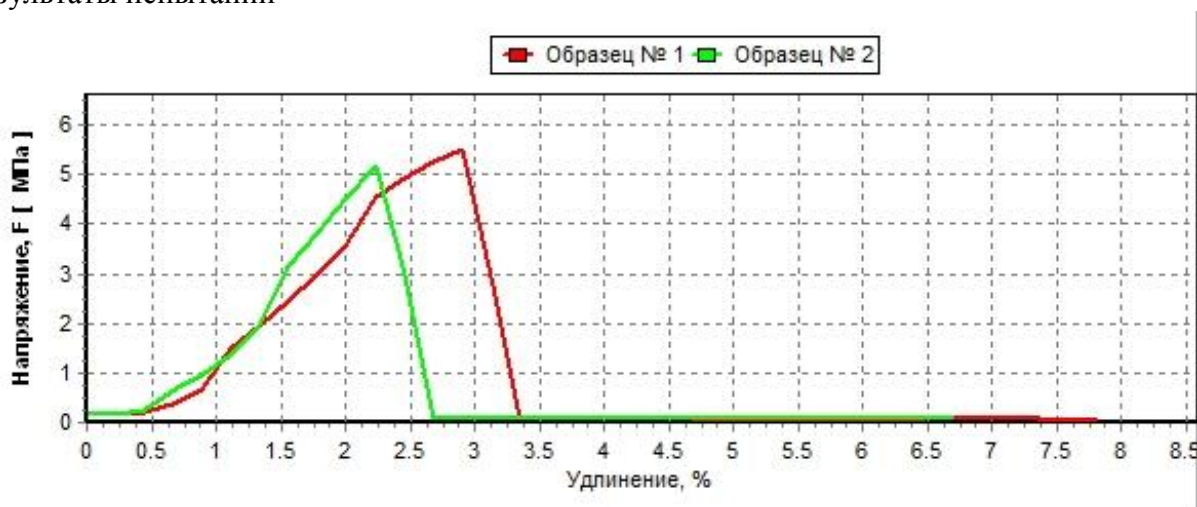
Направление

Долевое (MD)

Скорость [мм/мин]

100

Результаты испытаний



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузка (N) | Удлинение (мм) | Макс. Прочность МПа | Относительное удлинение (%) | Примечание |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | 10 | 800 | 50 | 44.15 | 3.9 | 5.52 | 7.8 | |
| 2 | 10 | 800 | 50 | 41.4 | 0 | 5.17 | 0 | |
| Среднее: | 10 | 800 | 50 | 42.78 | 1.95 | 5.35 | 3.9 | |

Протокол лабораторных испытаний №3
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения испытаний
Описание

ГОСТ 14236

Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью

Материал
Нормативная документация
№ партии

пвс:Вр-05Крахмал (50%)
ТУ 2297-001-84929570-2008

Направление
Скорость [мм/мин]

Долевое (MD)
100

Результаты испытаний



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузка (N) | Удлинение (мм) | Макс. Прочность МПа | Относительное удлинение (%) | Примечание |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | 10 | 200 | 50 | 19.13 | 4.79 | 9.57 | 9.58 | |
| 2 | 10 | 200 | 50 | 49.13 | 0 | 24.57 | 0 | |
| Среднее: | 10 | 200 | 50 | 34.13 | 2.4 | 17.07 | 4.79 | |

Протокол лабораторных испытаний №4
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения испытаний
Описание

ГОСТ 14236

Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью

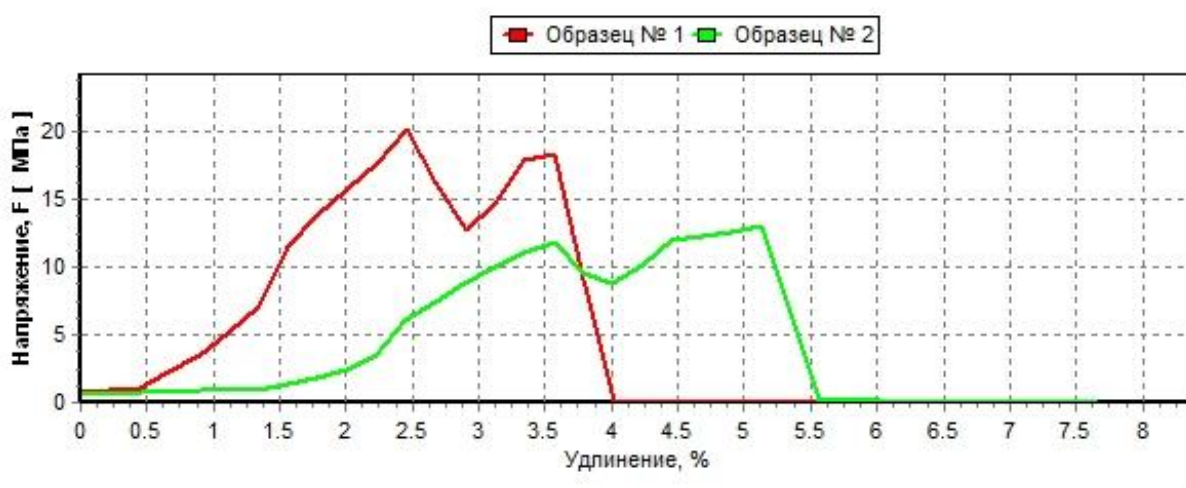
Материал
Нормативная документация
№ партии

пвс:Вр-05МЦ (50%)
ТУ 2297-001-84929570-2008

Направление
Скорость [мм/мин]

Долевое (MD)
100

Результаты испытаний



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузка (N) | Удлинение(мм) | Макс. Прочность МПа | Относительное удлинение(%) | Примечание |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------------|----------------------------|------------|
| 1 | 10 | 200 | 50 | 40.48 | 3.34 | 20.24 | 6.69 | |
| 2 | 10 | 200 | 50 | 26.09 | 3.82 | 13.04 | 7.64 | |
| Среднее: | 10 | 200 | 50 | 33.28 | 3.58 | 16.64 | 7.17 | |

Протокол лабораторных испытаний №5
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения испытаний
Описание

ГОСТ 14236

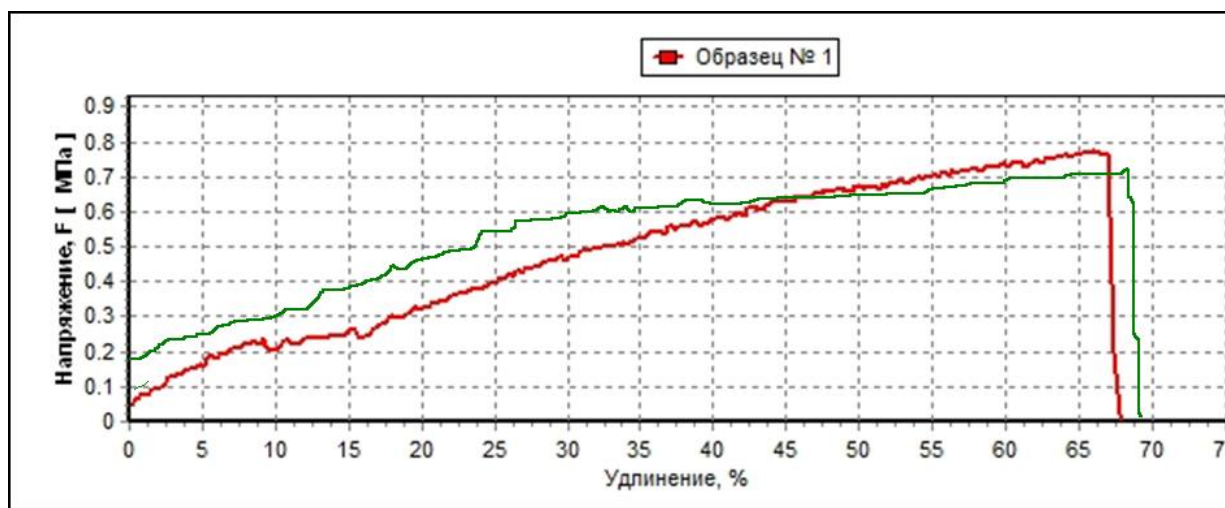
Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью

Материал
Нормативная документация
№ партии

пвс1799-крахмал(50/50)
ТУ 2297-001-84929570-2008

Направление
Скорость [мм/мин]
Результаты испытаний

Долевое (MD)
100



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузка (N) | Удлинение (мм) | Макс. Прочность МПа | Относительное удлинение (%) | Примечание |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | 20 | 350 | 50 | 5.44 | 34.22 | 0.776 | 68.44 | |
| Среднее: | 20 | 350 | 50 | 5.44 | 34.22 | 0.776 | 68.44 | |

Протокол лабораторных испытаний №6
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения
испытаний
Описание

ГОСТ 14236

**Определение прочности и относительного удлинения
при растяжении образца с определенной скоростью**

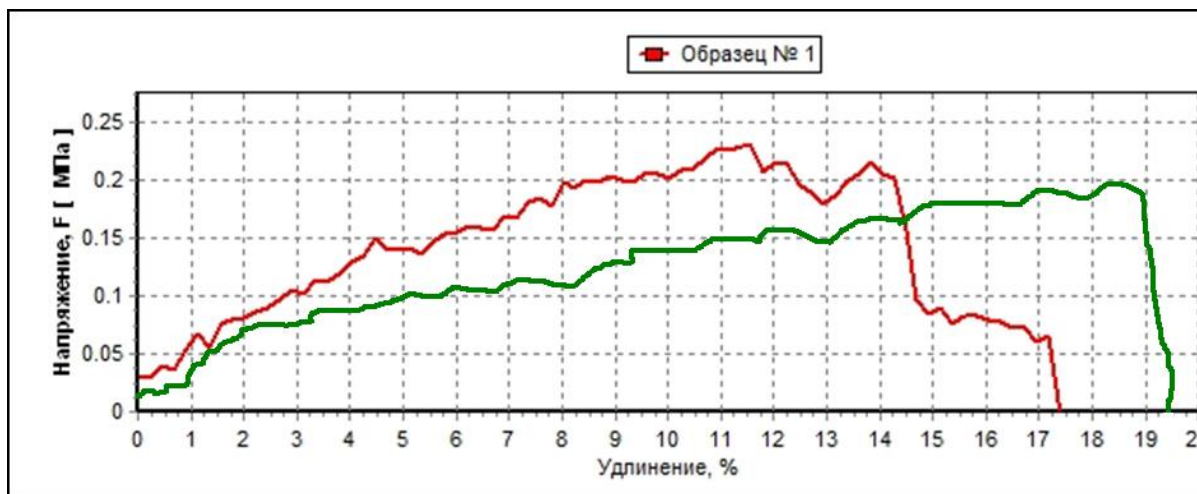
Материал
Нормативная
документация
№ партии

пвс1799-целлюлоза (50/50)
ТУ 2297-001-84929570-2008

Направление
Скорость [мм/мин]

Долевое (MD)
100

Результаты испытаний



| № | Ширина образца (мм) | Толщина образца (мкм) | Длина образца (мм) | Макс. Нагрузк а(N) | Удлинен ие(мм) | Макс. Прочнос ть МПа | Относит ельное удлинен ие(%) | Примеча ние |
|----------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 1 | 15 | 400 | 50 | 1.38 | 9.14 | 0.229 | 18.28 | |
| Среднее: | 15 | 400 | 50 | 1.38 | 9.14 | 0.229 | 18.28 | |