

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования

«Детский эколого - биологический центр «Росток»

Воронежская область

Город Воронеж

Объединение: «Юный исследователь»

Научно-технический конкурс учащихся "Открытый мир. Старт в науку.

**ОЦЕНКА УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПВС  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БОРНОЙ КИСЛОТОЙ И ПОЛИСАХАРИДАМИ**

Сапунов Михаил Сергеевич, 10 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 -2023

## Содержание

Введение .....	3
Обзор литературы.....	5
Объекты и методы исследования.....	9
Результаты исследования.....	10
Выводы.....	12
Список литературы.....	13
Приложения.....	14

## **Введение**

### **Актуальность**

Сегодня в повседневной жизни люди используют большое количество пластиковых материалов (упаковка, одноразовая посуда и т.п.), которые имеют огромный период разложения в естественных условиях. Частичным решением проблемы может стать замена традиционного пластика на биоразлагаемые материалы, которые смогут распадаться в окружающей среде до воды, углекислого газа, неорганических компонентов и биомассы, например материалы на основе поливинилового спирта (далее ПВС).

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, но при этом упаковка не сохраняет эксплуатационные свойства. В этом году продолжили работу по изучению биоразлагаемости композитов на основе ПВС, модифицированного борной кислотой и полисахаридами

**Цель работы:** оценить показатели деструкции образцов композитов на основе ПВС, модифицированного борной кислотой и различными полисахаридами, в почвенной среде.

### **Задачи:**

- 1) провести литературный обзор по теме исследования,
- 2) изготовить образцы композитов на основе ПВС, модифицированного борной кислотой (12,5%, 25%, 50%), полисахаридами: декстрин, микроцеллюлоза и крахмал в соотношении 50:50.
- 3) определить прочностные показатели выбранных для исследования композитов;
- 3) оценить прочностные показатели композитов после 6 месяцев содержания в почве;
- 4) дать оценку исследуемым композитам на основе ПВС на соответствие стандартам биоразложения.

### **Объекты исследования:**

ПВС Kuraray 5%

1.1 ПВС Kuraray 5% +12,5% борной кислоты

1.2 ПВС Kuraray 5%+ 25% борной кислоты

1.3 ПВС Kuraray 5%+ 50% борной кислоты

1.4 ПВС Kuraray 5% +декстрин (50:50)

1.5 ПВС +микроцеллюлоза(50:50),

1.6 ПВС +крахмал (50:50)

### **Методы исследования:**

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

Прочностные показатели до и после биodeградации 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 6 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» 2022-2023 год.

## 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, зубные щётки.

### **Композиты на основе синтетических термопластов: свойства и область применения.**

#### **ПВС: перспективы применения в упаковочной индустрии**

Поливиниловый спирт (ПВС) — искусственный, водорастворимый, термопластичный полимер.

**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.

**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.

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 условий. [4,5]

Область применения водорастворимых пленок ПВС включает упаковки для самых различных товаров: в сельском хозяйстве - удобрений, ядохимикатов, упаковки корней саженцев и т.д.; в химической и косметической промышленности - разовую упаковку для шампуней, красителей, стиральных порошков, моющих и отбеливающих средств; в медицинских учреждениях - для упаковки предметов, подлежащих стирке, дезинфекции или стерилизации; в пищевой промышленности - водорастворимые этикетки и стикеры, на которых указывают дату изготовления, условия и срок хранения продуктов, например, рыбы замороженной в ледяной глазури и др.[3].

Основная причина ограничения применения водорастворимых плёночных материалов на основе ПВС - отсутствие механизма регулирования скорости их растворения [3]. ПВС выпускаются промышленностью различных марок, отличающихся молекулярной массой (ММ) и остаточным содержанием винилацетатных групп (ВА-групп), и как следствие – степенью гидролиза. Поливиниловый спирт, содержащий до 5% ВА-групп, набухает в холодной и растворяется в нагретой до 90-100°C воде,

Известно, что модификация ПВС наполнителями и добавками изменяет структуру макромолекул. Термин «биодegradация» подразумевает



поэтапную трансформацию полимера в углекислый газ, воду, неорганические соединения, включающиеся в естественный круговорот веществ.

### **Объекты и методы исследования**

В качестве объектов исследования был выбран ПВС марки Kuraray, наполненный борной кислотой, декстрином.

#### **Объекты исследования:**

1. ПВС Kuraray 5%
  - a. ПВС Kuraray 5% +12,5 % борной кислоты
  - b. ПВС Kuraray 5%+ 25% борной кислоты
  - c. ПВС Kuraray 5%+ 50% борной кислоты
  - d. ПВС Kuraray 5% +декстрин (50:50)
  - e. ПВС +микроцеллюлоза(50:50)
  - f. ПВС +крахмал (50:50)

Композиты на основе ПВС были изготовлены на кафедре совместно с консультантом. Композиты в виде пластин получали жидкофазным совмещением 5%-го раствора ПВС с раствором борной кислоты и декстрином (полисахаридами) с последующим обезвоживанием в вакуум-сушильном шкафу.

ПВС Kuraray- растворимый в холодной 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 биodeградации 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 6 месяцев извлекли исследуемые материалы и оценили их визуальные изменения, а также определили прочность после биовоздействия.

## **Результаты исследования**

### **Исследование №1**

#### **Определение прочности упаковочных материалов при нормальных условиях.**

Материалы и оборудование

##### **1. ПВХ Kuraray 5%**

- a. ПВХ Kuraray 5% +12,5 % борной кислоты
- b. ПВХ Kuraray 5%+ 25% борной кислоты
- c. ПВХ Kuraray 5%+ 50% борной кислоты
- d. ПВХ Kuraray 5% +декстрин (50:50)
- e. ПВХ +микроцеллюлоза(50:50)
- f. ПВХ +крахмал (50:50)

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-№6( приложение)

Определили прочность исследуемых материалов до компостирования в почве. ( приложение).

Композит, содержащий декстрин оказался хрупким и начальные прочностные показатели не определяли.

С полученными результатами будем сравнивать результаты прочности после 6 месяцев пребывания образцов в почве.

### **Исследование №2**

#### **Микроскопирование образцов.**

Материалы и оборудование

## 2. ПВС Kuraray 5%

- a. ПВС Kuraray 5% +12,5 % борной кислоты
- b. ПВС Kuraray 5%+ 25% борной кислоты
- c. ПВС Kuraray 5%+ 50% борной кислоты
- d. ПВС Kuraray 5% +декстрин (50:50)
- e. ПВС +микроцеллюлоза(50:50)
- f. ПВС +крахмал (50:50)

Для микроскопирования образцы очищали от механических загрязнений, кондиционировали на воздухе 24 часа, еще раз очищали поверхность кисточкой и оценивали при увеличении  $\times 100$  развитие микроорганизмов на поверхности и в объеме материалов, приложение рисунок 4-10.

Для образцов, модифицированных борной кислотой ящика 1 рисунок 5,6,7 - обнаружено развитие мицелия микроскопических грибов на образцах, возможно бор играет роль биогенного элемента (известно что борная к-та используется в растениеводстве для подкормки растений), образец 4 (50% борной кислоты) - слишком плотная структура, препятствует проникновению компонентов почвы и микроорганизмов в объем материала.

В остальных образцах с полисахаридами, видно проникновение компонентов почвы и микроорганизмов в объем материалов (темные пятна, мицеллий).

### **Исследование №3**

**Определение прочностных показателей композитов после 6 месяцев пребывания в почве.**

Материалы и оборудование

ПВС Kuraray 5%

- a. ПВС Kuraray 5% +12,5 % борной кислоты
- b. ПВС Kuraray 5%+ 25% борной кислоты
- c. ПВС Kuraray 5%+ 50% борной кислоты
- d. ПВС Kuraray 5% +декстрин (50:50)

е. ПВС +микроцеллюлоза(50:50)

ф. ПВС +крахмал (50:50)

#### 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 №7-№12( приложение)
- 3.Определили прочность исследуемых материалов после компостирования в почве. ( приложение)
- 4.Композит, содержащий декстрин оказался хрупким и практически разложился за исследуемый период, прочностные показатели не определяли.

#### Выводы.

- 1.Композит, содержащий декстрин, подвергается деструкции в окружающей среде, но изначально его эксплуатационные свойства ограничены. Материал очень хрупкий и необходимо подобрать пластификаторы (глицерин) для усиления гибкости, растяжимости и пластичности.
- 2.Борная кислота, хорошо сшивает полимерные цепи ПВС, увеличивает прочность и водостойкость, но времени на разложение 6 месяцев не достаточно, возможно, необходимо увеличить время пребывания в компосте. С увеличением процентного содержания борной кислоты в композите (50%), увеличивается первоначальная прочность материала до 15,59 МПа, а после компостирования в почве, уменьшается до 4,19МПа-2,62 МПа (73% - 83%).
- 3.Модификация ПВС крахмалом приводит к сополимеризации веществ и образованию очень прочной структуры, что ингибирует биодеструкцию.
- 4.Модификация ПВС целлюлозой сопровождается эффектом армирования и не снижает биоразлагаемость.
4. Можно сделать вывод, что исследуемые композиты на основе ПВС,модифицированного борной кислотой (12,5%, 25%, 50%),не соответствуют стандартам биоразложения, и за период компостирования 6 месяцев не подвергаются полной деструкции. Тем не менее борную кислоту

можно использовать для модификации ПВС, это увеличивает эксплуатационные качества материалов и способность гидролизу (деструкции).

Необходимо продолжить лабораторные исследования по подбору необходимых соотношений ПВС и борной кислоты, а также времени пребывания в компосте.

#### **Список литературы:**

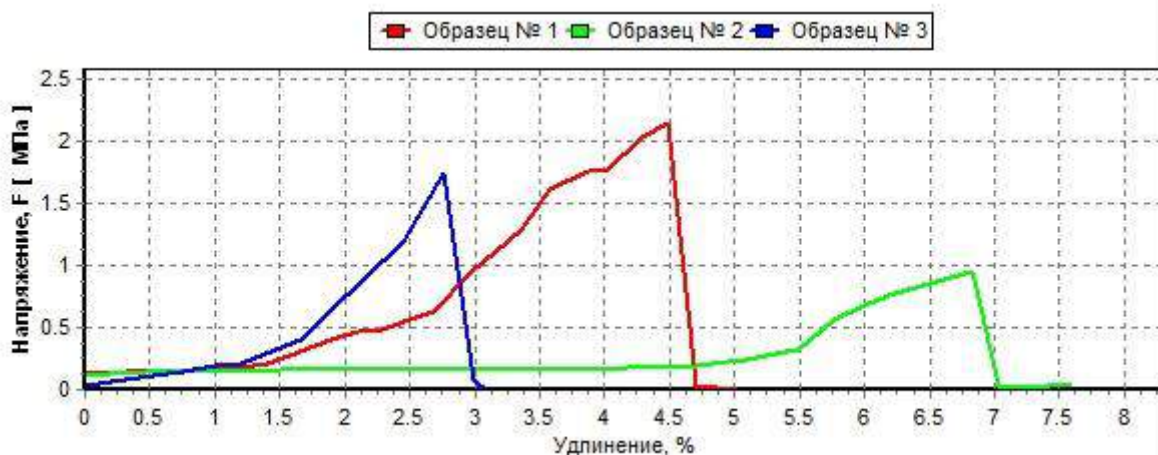
1. Г. М. Власова. Биоразлагаемые пленки на основе термопластов. Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2000. – Т. 44, № 6. – С. 100–103.
2. С. В. Власов, А. А. Ольхов. Биоразлагаемые полимерные материалы\ Полимерные материалы: изделия, оборудование, технологии № 7- С. 23-26; № 8.- С. 35-36; № 10.- С. 28-33
3. В.М. Гематдинова, Ю.Д. Сидоров, М.А.Поливанов, С. В. Василенко. Регулирование растворимости композиционных материалов на основе поливинилового спирта. Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 6, с. 96-99
4. О. Легонькова, Е. Мелицкова, А. Пешехонова. Будущее за биоразложением. Тара и упаковка. – 2003. – № 2. – С. 62–63.
5. О. Легонькова. Биоразлагаемые материалы в технологии упаковки. Тара и упаковка. – 2003. – № 6. – С. 78–80.
6. М. Л. Шериева, Г. Б. Шустов, Р. А. Шетов. Биоразлагаемые композиции на основе крахмала. Пластические массы. – 2004. – № 10. – С. 29–31.
7. О. А. Ермолович. Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов. Биотехнология. – 2005. – № 4. – С. 47–54.
8. Легонькова, О. Еще раз о биоразложении полимерных материалов. Тара и упаковка. – 2006. – № 2. – С. 57–58.
9. Н. С. Винидиктова. Прочность биоразлагаемых полипропиленовых плоских лент, наполненных модифицированным крахмалом. Механика композитных материалов. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 389–400.
10. 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

Рис. 1,2,3 Работа с исследуемыми образцами после компостирования



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

Метод проведения испытаний	ГОСТ 14236
Описание	<b>Определение прочности и относительного удлинения при растяжении образца с определенной скоростью</b>
Контролер	Виденин О.В
Материал	№4 ПВС контроль
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	11	1100	50	26.04	2.73	2.15	5.47	
2	11	1100	50	11.44	3.79	0.946	7.58	
3	10	1100	50	19.13	0	1.74	0	
Среднее:	10.67	1100	50	18.87	2.18	1.61	4.35	

**Протокол лабораторных испытаний №2**  
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**

Контролер

Виденин О.В

Материал

№1 ПВС с борной кислотой 12,5%

Нормативная документация

ТУ 2297-001-84929570-2008

№ партии

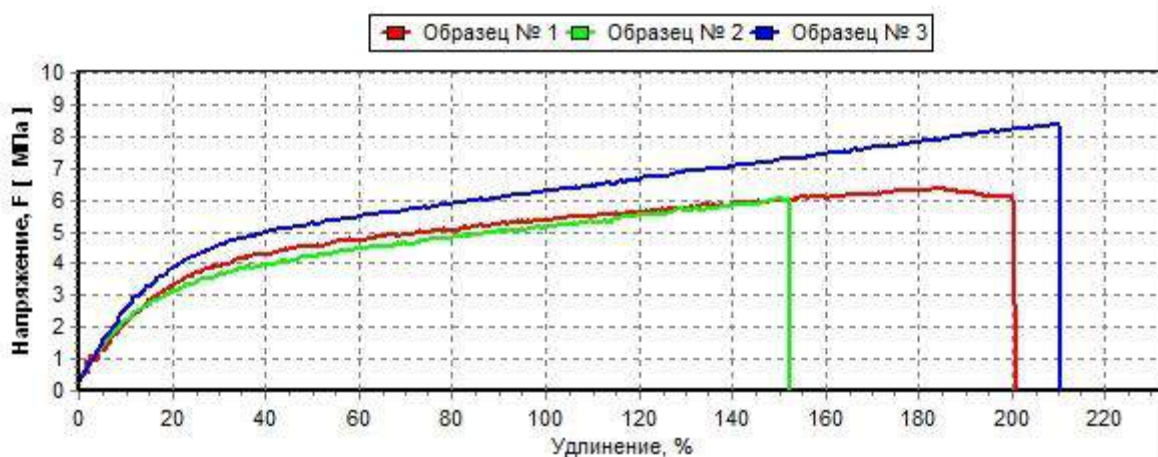
Направление

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	250	50	15.9	101.12	6.36	202.23	
2	10	250	50	15.11	77.3	6.04	154.59	

3	11	250	50	23.06	106.15	8.39	212.3	
Среднее:	10.33	250	50	18.03	94.85	6.93	189.71	

**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**

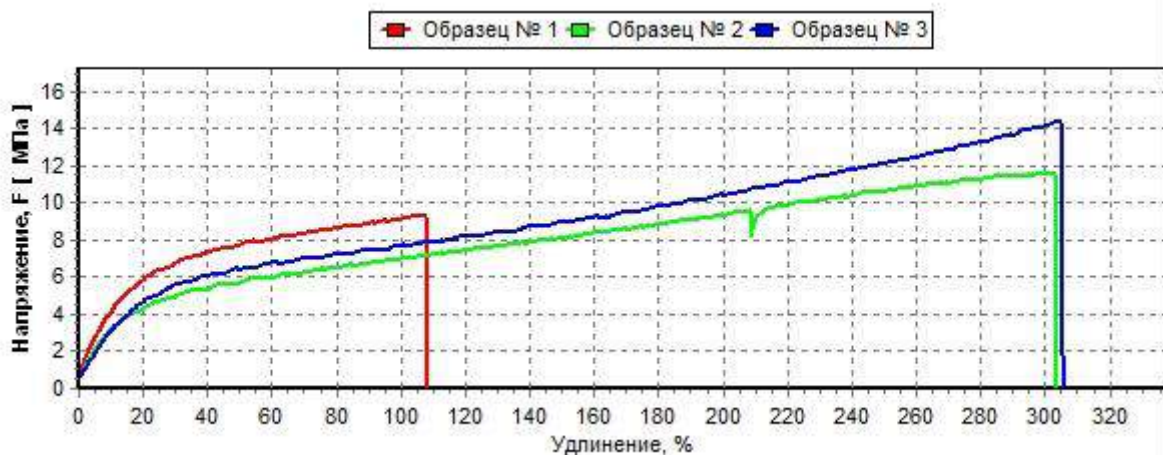
Контролер  
Материал  
Нормативная документация  
№ партии

Виденин О.В  
№2 ПВС с борной кислотой 25%  
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	18.68	54.69	9.34	109.38	
2	10	200	50	23.19	152.69	11.6	305.38	
3	11	200	50	31.66	153.77	14.39	307.54	
Среднее:	10.33	200	50	24.51	120.38	11.78	240.77	

**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**

Контролер  
Материал  
Нормативная документация  
№ партии

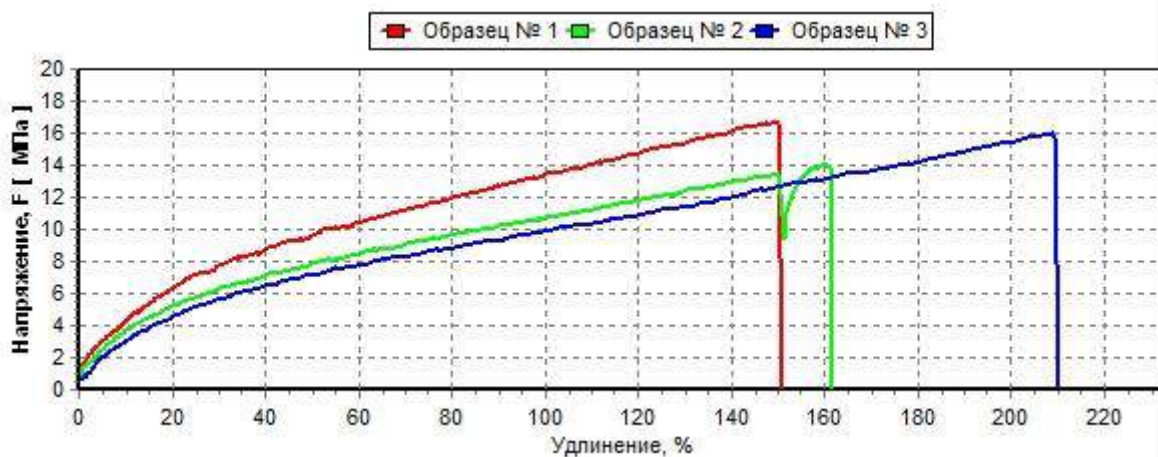
Виденин О.В  
№3 ПВС с борной кислотой 50%  
ТУ 2297-001-84929570-2008

Направление  
Скорость [мм/мин]

Долевое (MD)  
100

Результаты испытаний





№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка(N)	Удлинение(мм)	Макс. Прочность МПа	Относительное удлинение(%)	Примечание
1	10	150	50	25.04	76.03	16.7	152.05	
2	10	150	50	21.06	81.91	14.04	163.83	
3	11	150	50	26.44	106.33	16.02	212.66	
Среднее:	10.33	150	50	24.18	88.09	15.59	176.18	

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

Дата проведения  
испытаний

Метод проведения  
испытаний

ГОСТ 14236

Описание

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

Материал

ПВС +Кахмал (50%)

Нормативная документация

ТУ 2297-001-84929570-2008

№ партии

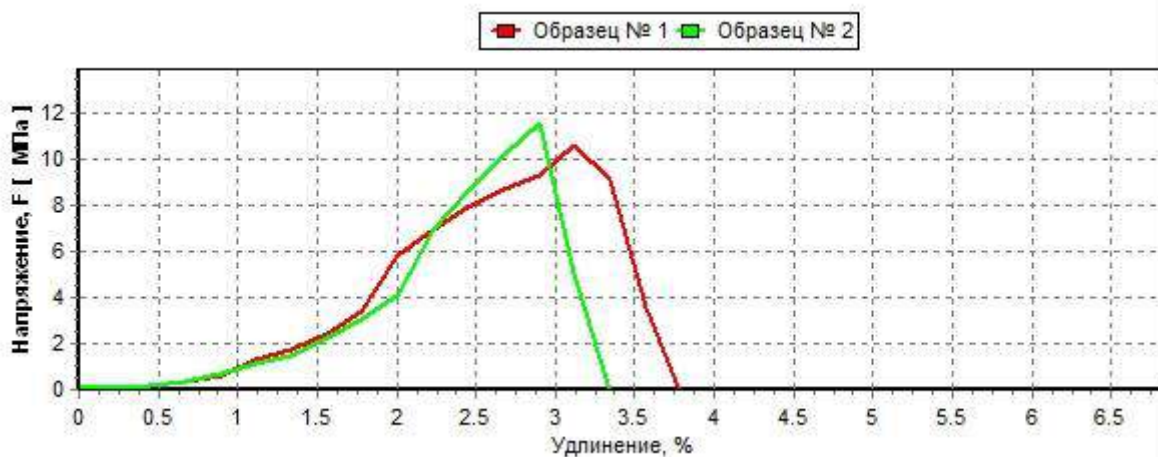
Направление

Долевое (MD)

Скорость [мм/мин]

100

Результаты испытаний



№	Ширина образца	Толщина образца	Длина образца	Макс. Нагрузка	Удлинение(мм)	Макс. Прочность	Относительное	Примечание
---	----------------	-----------------	---------------	----------------	---------------	-----------------	---------------	------------

	(мм)	(мкм)	(мм)	(N)		ь МПа	удлинени е(%)	
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 №6  
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

Метод проведения  
испытаний  
Описание

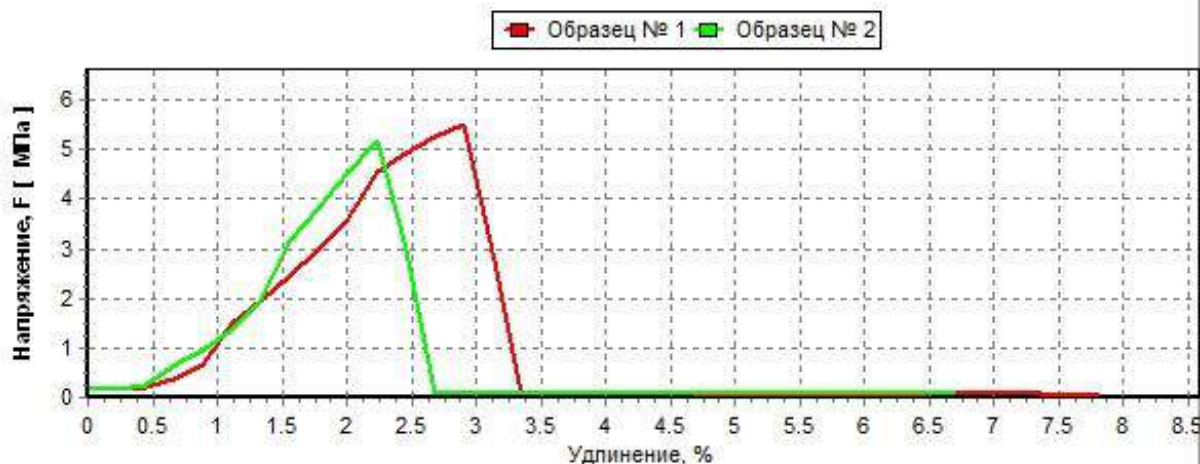
ГОСТ 14236

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

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

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

Результаты испытаний



№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мкм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка( N)	Удлинение е(мм)	Макс. Прочность ь МПа	Относительное удлинение е(%)	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 №7  
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

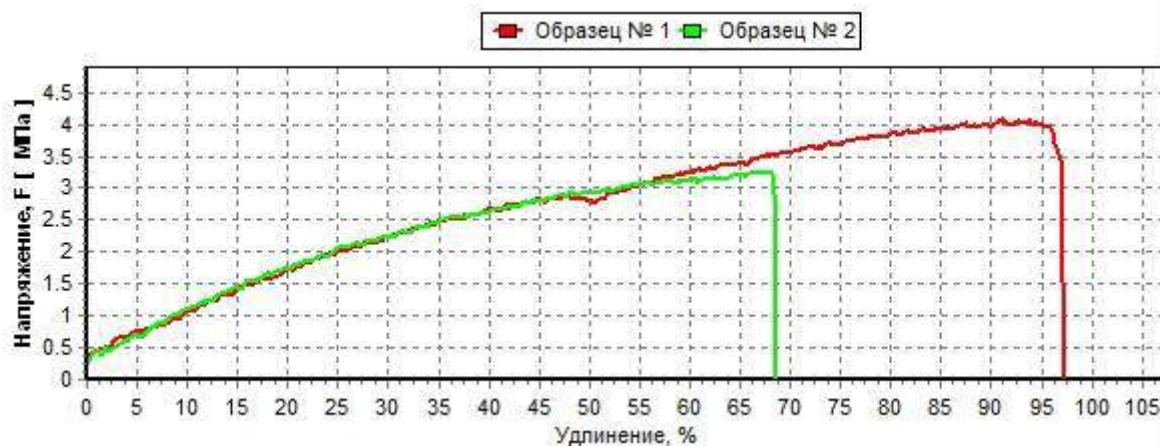
Метод проведения  
испытаний  
Описание

ГОСТ 14236

**Определение прочности и относительного удлинения при**

# растяжении образца с определенной скоростью

Контролер Виденин О.В  
 Материал Ящик 1 образец 1 контроль  
 Нормативная документация ТУ 2297-001-84929570-2008  
 № партии Ящик 1 Образец 1  
 Направление Долевое (MD)  
 Скорость [мм/мин] 100  
 Результаты испытаний



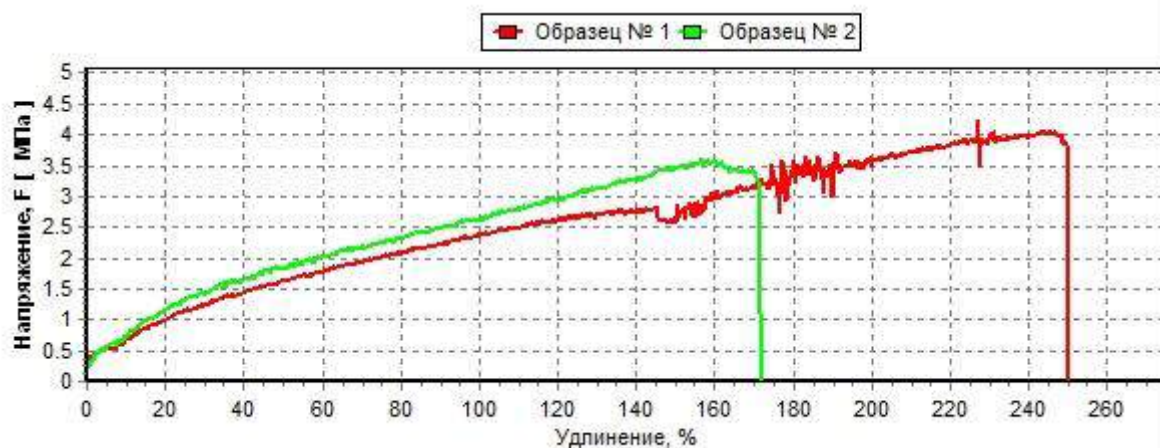
№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мкм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка(N)	Удлинение( мм)	Макс. Прочность МПа	Относительное удлинение( %)	Примечание
1	10	200	50	8.16	49.02	4.08	98.04	
2	11	200	50	7.16	35.1	3.25	70.19	
Среднее:	10.5	200	50	7.66	42.06	3.67	84.12	

## Протокол лабораторных испытаний №8 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

Контролер Виденин О.В  
 Материал Ящик 1 образец 2 ПВС с борной кислотой 12,5%  
 Нормативная документация ТУ 2297-001-84929570-2008  
 № партии Ящик 1 Образец 2  
 Направление Долевое (MD)  
 Скорость [мм/мин] 100  
 Результаты испытаний



№	Ширина	Толщина	Длина	Макс.	Удлинение(	Макс.	Относитель	Примечание
---	--------	---------	-------	-------	------------	-------	------------	------------

	образца (мм)	образца (мкм)	образца (мм)	Нагрузка(N)	мм)	Прочность МПа	ное удлинение( %)	
1	10	335	50	14.18	125.53	4.23	251.05	
2	8	335	50	9.65	86.61	3.6	173.21	
Среднее:	9	335	50	11.91	106.07	3.92	212.13	

Протокол лабораторных испытаний №9  
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**

Контролер

Виденин О.В

Материал

Ящик 1 образец 3 ПВС с борной кислотой 25%

Нормативная документация

ТУ 2297-001-84929570-2008

№ партии

Ящик 1 Образец 3

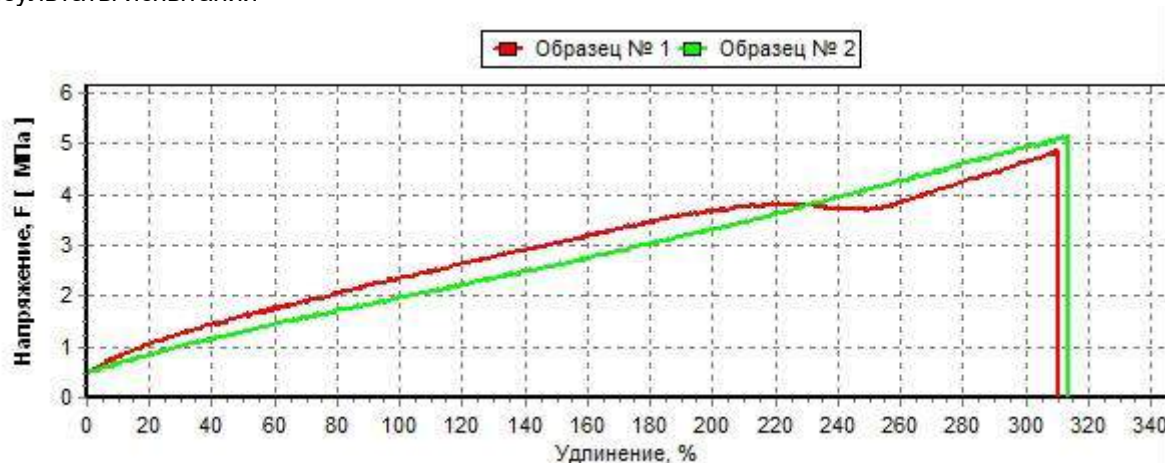
Направление

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	Относитель ное удлинение( %)	Примечание
1	10	325	50	15.84	155.97	4.87	311.94	
2	10	325	50	16.66	157.42	5.12	314.85	
Среднее:	10	325	50	16.25	156.7	5	313.4	

Протокол лабораторных испытаний №10  
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**

Контролер

Виденин О.В

Материал

Ящик 1 образец ПВС с борной кислотой 50%

Нормативная документация

ТУ 2297-001-84929570-2008

№ партии

Ящик 1 Образец 4

Направление

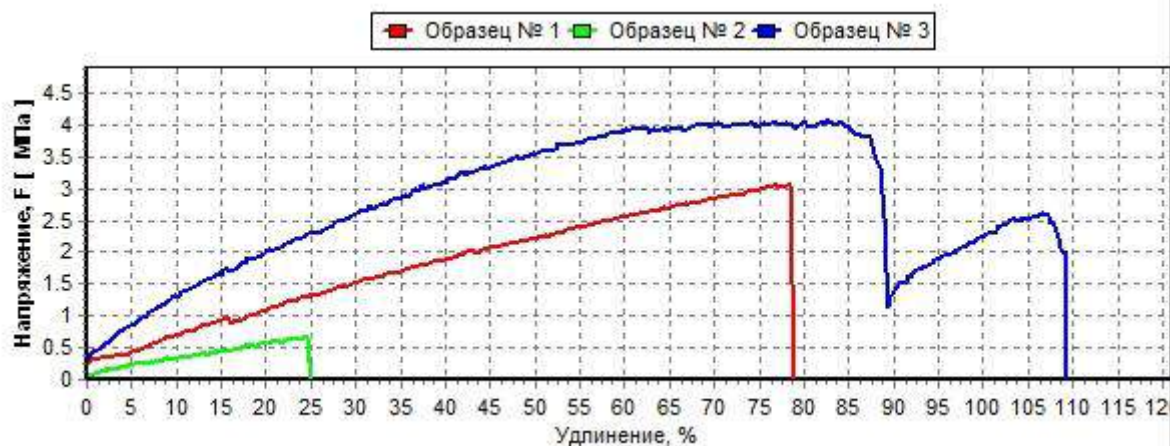
Долевое (MD)

Скорость [мм/мин]

100

Результаты испытаний





№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка(N)	Удлинение(мм)	Макс. Прочность МПа	Относительное удлинение(%)	Примечание
1	11	360	50	12.15	39.64	3.07	79.27	
2	11	360	50	2.72	12.92	0.688	25.85	
3	10	360	50	14.74	54.96	4.09	109.92	
Среднее:	10.67	360	50	9.87	35.84	2.62	71.68	

Протокол лабораторных испытаний №11  
полимерных и комбинированных материалов и изделий из них

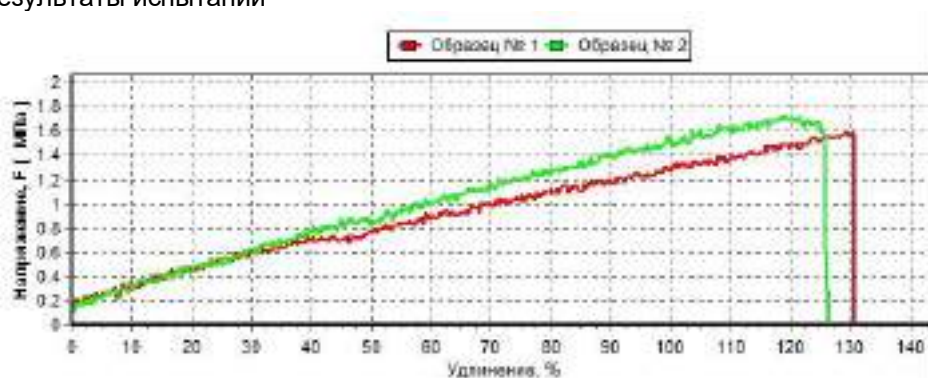
Метод проведения испытаний  
Описание

ГОСТ 14236

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

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

Ящик 2 ПВС +крахмал  
ТУ 2297-001-84929570-2008  
Ящик 2 Образец 3  
Долевое (MD)  
100



№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка(N)	Удлинение(мм)	Макс. Прочность МПа	Относительное удлинение(%)	Примечание
1	10	225	50	3.58	65.87	1.59	131.75	
2	10	225	50	3.88	63.61	1.72	127.22	
Среднее:	10	225	50	3.73	64.74	1.66	129.48	

Протокол лабораторных испытаний №12  
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**

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

Виденин О.В  
ПВС +МЦ  
ТУ 2297-001-84929570-2008  
я3 об3  
Долевое (MD)  
100



№	Ширина образца (мм)	Толщина образца (мм)	Длина образца (мм)	Макс. Нагрузка(N)	Удлинение(мм)	Макс. Прочность МПа	Относительное удлинение(%)	Примечание
1	10	310	50	2.46	7.24	0.793	14.48	
2	10	310	50	1.78	10.36	0.574	20.72	
Среднее:	10	310	50	2.12	8.8	0.684	17.6	



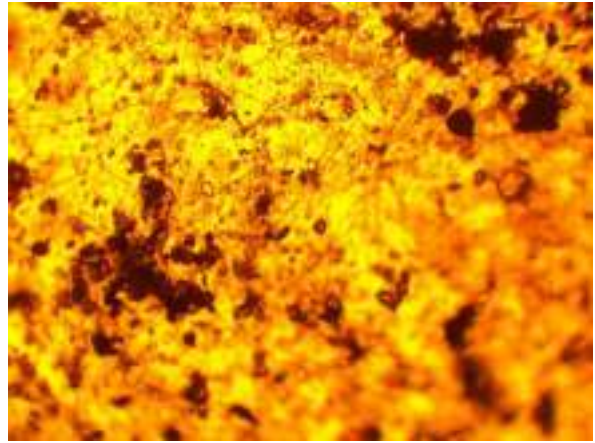
**Рис.9ПВС Kuraray 5% + МЦ 50%**



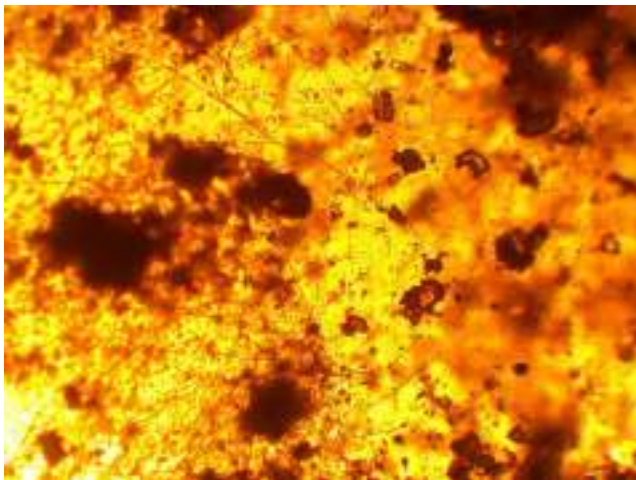
**Рис.10ПВС Kuraray 5% + крахмал 50%**



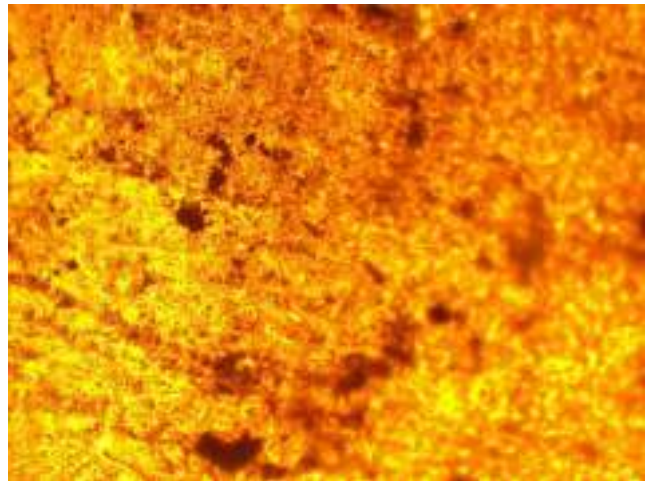
**Рис.4 ПВХ Kuraray 5%**



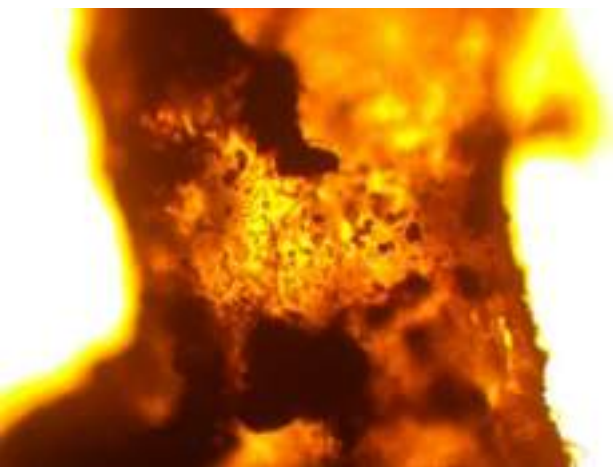
**Рис.5 ПВХ Kuraray  
5%+бор.кисл.12,5%**



**Рис.6 ПВХ Kuraray 5% +  
бор.кисл.25%**



**Рис.7 ПВХ Kuraray 5% +  
бор.кисл.50%**



**Рис. 8 ПВХ Kuraray 5% + декстрин**