

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
“Средняя школа № 4 имени А.А.Леонова”

**Проектная работа по химии:**  
**“Биоразлагаемые полимеры - упаковка будущего”**

Выполнил: Байер Евгений Вячеславович,  
ученик 11 класса

Руководитель проекта:  
Денисова Ирина Анатольевна,  
учитель химии

2020-2022 учебный год  
г. Гагарин

## Оглавление

1. Паспорт проекта.....	3
2. Введение.....	4
3. Теоретическая часть.....	5
3.1 Историческая справка.....	5
3.2 Что такое биоразлагаемые полимеры и их применение?.....	6
3.3 Классификация биоразлагаемых полимеров. Основные биоразлагаемые полимеры.....	7
3.4 Производство биополимеров в России.....	8
4. Практическая часть.....	9
4.1 Технология изготовления.....	9
4.2 Начало изготовления и первые неудачи.....	10
4.3 Исправление ошибок.....	11
4.4 Проверка пластика.....	12
5. Экономическая часть.....	13
6. Заключение.....	14
7. Используемые источники.....	15
8. Приложение.....	16

## Паспорт проекта.

Наименование проекта	Биоразлагаемые полимеры - упаковка будущего
Исполнитель	Байер Евгений Вячеславович
Цель	Выяснить, можно ли получить биоразлагаемый полимер в домашних условиях
Задачи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Узнать, что такое биоразлагаемые полимеры</li> <li>2. Синтезировать полимер из картофельного крахмала</li> <li>3. Доказать, что этот пластик действительно является биоразлагаемым</li> </ol>
Руководитель	Денисова Ирина Анатольевна
Основополагающий вопрос	Понять, как возможно заменить вредные для окружающей среды полимеры на экологически безопасные.
Год разработки	2020-2022 гг.
Предметная область	Химико-экологическая
Учебная тема	Химия полимеров
Тип проекта	Информационный, прикладной
Тип проекта по предметно-содержательной характеристике	Монопредметный проект
Краткая аннотация проекта	Мы постоянно слышим об экологических проблемах, вызванных использованием классических пластмасс. Я решил разобраться в этой проблеме и наткнулся на другой, экологически чистый вид полимеров - биоразлагаемых.
Сроки реализации проекта	Сентябрь 2021 г. - Март 2022 г.
Ожидаемые результаты (Продукт)	Синтезированный биоразлагаемый пластик в домашних условиях

## **Введение.**

На сегодняшний день полимерные изделия являются лидерами среди упаковочных материалов. Сегодня полимеры повсеместно используются в быту.

Мы уже не представляем свою жизнь без полимеров. Большинство современных изделий сделано из пластмассы: упаковки, одежда, компьютеры, корпуса мобильных телефонов, игрушки.

Каждый человек, который выходит из дома на улицу, видит какую-нибудь полиэтиленовую пленку, пакет, бутылку. Но не каждый человек задумывался о том, что это пагубно влияет на наш организм и окружающую среду в целом, хотя мы постоянно слышим в СМИ: “Пластик разлагается более 1000 лет!” И, несмотря на это, все равно, люди уделяют недостаточно внимания проблеме загрязнения окружающей среды.

Различные виды пластмасс благодаря своим замечательным свойствам нашли применение во всех сферах жизни человека. Особенно широко они используются в производстве упаковок.

Сейчас человечеству необходимо перейти от традиционных упаковок (полиэтилен, полипропилен, и т. д.) к биоразлагаемым.

Обратившись к Интернету, я узнал, что исследования по внедрению таких полимеров в использование в повседневной жизни уже проводились.

Так я выбрал тему своей проектной работы “Биоразлагаемые полимеры - упаковка будущего”.

В работе были поставлены следующие задачи:

1. Узнать, что такое биоразлагаемые полимеры
2. Попытаться синтезировать полимер из картофельного крахмала
3. Доказать, что этот пластик действительно является биоразлагаемым

## **Теоретическая часть.**

### **Историческая справка.**

«Зеленые полимеры» научились делать еще в 1960-е годы, изготавливая из кукурузы, картофельного крахмала, пшеницы, сахарного тростника и другого растительного сырья. Однако стоили они весьма дорого, да и качество их оставляло желать лучшего. Первые биоразлагаемые полимеры, представляющие собой сочетание крахмала с различными синтетическими пластиками, были представлены в 80-е годы прошлого столетия в США, Италии и Германии на рынке упаковочных материалов. Благодаря наличию в составе природного компонента они получили способность самоутилизироваться. [4]

До начала XXI века биопластики не получили широкого применения, так как их производство было весьма затратным. Но новые технологии позволили снизить их себестоимость. К тому же стремительный рост цен на нефть и очевидное предстоящее сокращение ее запасов заставили изготовителей полимеров использовать возобновляемое сырье. Этому способствовала и ответственная экологическая политика властей в развитых странах. На рынке биоразлагаемых полимеров сегодня лидируют США, государства ЕС, Китай, Япония и Южная Корея. С 2010 года по 2015-й мировое производство таких материалов выросло более чем в три раза.

В 2017 г. российские ученые из Университета экономики имени Плеханова и Института биохимической физики РАН объявили об успешной разработке высококачественного биоразлагаемого полиэтилена, полученного путем соединения сельскохозяйственных отходов с обычными полимерами.

## Что такое биоразлагаемые полимеры и их применение?

Биоразлагаемые полимеры - полимерные материалы, самопроизвольно разрушающиеся в результате естественных микробиологических и химических процессов. [3]

Большинство полимеров, используемых для производства полимерной упаковки, являются биоинертными и не разлагаются в естественных условиях в течение длительного времени, т.е. являются вредными для окружающей среды. Из-за этого существуют два способа избавиться от них после использования: утилизация и вторичная переработка. Оба эти процесса энергозатратны и дороги.

Биоразлагаемые полимеры уже сейчас находят свое применение.

Так, например, они используются как шовный материал для хирургии на основе водорастворимых полимеров. Такие полимеры при контакте с биологическими средами живого организма могут растворяться в этих средах без изменения молекулярной массы. Значит, подобные швы будут саморазлагаться внутри организма без вреда для человека.

Биоразлагаемые полимеры могут применяться в качестве носителей лекарственных препаратов в системах с их контролируемым высвобождением. Это может использоваться, например, для точной подачи лекарственного препарата внутри организма: разные полимеры разлагаются с разной скоростью, значит, и оболочки лекарственных препаратов с разной скоростью будут его высвобождать.

Биоразлагаемые полимеры легли в основу создания таких органов и тканей, как кожа, кость, хрящ, сухожилие, мышцы (поперечно-полосатая, гладкая и сердечная), тонкая кишка и др. Они практически не имеют антигенных свойств, поэтому могут использоваться в подобных целях.

Также одним из перспективных направлений в этой области является использование нанокомпозитов на основе биоразлагаемых полимеров, которые обладают улучшенными механическими и теплофизическими свойствами, а также могут разлагаться с большей скоростью.

## **Классификация биоразлагаемых полимеров. Основные биоразлагаемые полимеры.**

Биоразлагаемые полимеры можно разделить на несколько групп по виду сырья для их получения [7]:

1. Возобновляемые, животного происхождения
2. Возобновляемые, растительного происхождения
3. Невозобновляемые, нефтехимического происхождения
4. Смешанные

Основные биоразлагаемые полимеры:

- **Крахмал.**

По механическим свойствам приближается к обычным полимерам (например, ПП). Устойчив к воздействию жиров и алкоголя. Значительное различие в свойствах зависит, в частности, от соотношения амилопектина и амилозы, а также других добавок. Может подвергаться компостированию.

- **Целлюлоза.**

Обладает высокой механической прочностью, не растворяется в воде и органических растворителях, не плавится. Под воздействием кислот легко гидролизуется.

- **РНА.**

Высокие барьерные свойства. Может подвергаться компостированию.

- **Полимолочная кислота.**

Свойства зависят от стереохимического состава и могут приближаться к свойствам ПП, ПС или ПВХ.

- **Поликапролактан.**

Высокая механическая прочность и хорошие барьерные свойства ( по отношению к воде и жирам), низкая температура плавления (50 С).

- **Модифицированный полиэтилентерефталат.**

Высокая механическая прочность и хорошие барьерные свойства.

## **Производство биополимеров в России.**

Как же обстоит дело с производством биоразлагаемых упаковок в Российской Федерации?

В Интернете я нашел несколько производителей био упаковок, находящихся в России.

- “Пакетвилль” (см. приложение, рис. 1, 2) [1] - компания находится в городе Зеленограде и специализируется на производстве различных пакетов из пластиков, таких как полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен высокого давления (ПВД), а также биоразлагаемых пакетов. Материал производится с использованием органических составляющих, например: кукуруза или крахмал. Материал производится с помощью полимерных составляющих, содержащих в себе добавку, значительно ускоряющую процесс разложения.
- “Биопак” (см. приложение, рис. 3, 4) [2] - компания находится в городе Москва и производит различные виды биоразлагаемой пластмассы. Компания специализируется на производстве оксо-биоразлагаемых пленках. Оксо–биоразлагаемые пакеты – это обыкновенные пластиковые пакеты, поверхность которых покрыта специальным раствором, значительно ускоряющим процесс разложения.



## **Практическая часть.**

### **Технология изготовления.**

Биоразлагаемый пластик можно синтезировать несколькими способами. Поискав информацию в Интернете, я нашел 4 основные пути изготовления пластика. [5]

1. Химический (вода, крахмал, соляная кислота, глицерин, индикаторная бумага)
2. Уксусный (вода, крахмал, глицерин, уксусная кислота)
3. Содовый (вода, крахмал, питьевая сода)
4. Солевой (крахмал, поваренная соль, вода, глицерин)

Для начала надо понять структуру крахмала и то, как и какими веществами на нее можно воздействовать и изменять для своих целей.

Крахмал состоит в основном из двух видов полисахаридов: линейной амилозы и ветвистого амилопектина (см. приложение, рис. 5 “Модель строения амилопектина”). Для получения пластика намного лучше подходят линейные молекулы, именно поэтому в рецептах присутствуют кислоты и соли. Ионы в растворе способствуют гидролизу связей, соединяющих ветви амилопектина, разрывая его на множество более коротких цепочек амилозы. Эти длинные молекулы перепутываются и образуют прочные связи.

Такие крепкие переплетения приводят к образованию достаточно твердого и жесткого пластика, что может стать причиной его хрупкости и ограниченности сфер применения. Для того, чтобы обеспечить некоторое скольжение между цепочками и сделать материал достаточно гибким, во многих рецептах присутствует глицерин. Он выполняет роль смазки в структуре полученного пластика и делает его мягким и гибким.

## Начало изготовления и первые неудачи.

Для своего эксперимента я выбрал уксусный способ получения пластика.

В магазине я приобрел упаковку картофельного крахмала, бутылку уксуса и 2 пузырька глицерина.

Пропорции смешивания я нашел в Интернете:

1. 1 ст. ложка (10 г) крахмала
2. 4 ст. ложки (60 мл) воды
3. 1 ст. ложка (15 мл) уксуса
4. 1 ст. ложка (15 мл) глицерина

Смешав все в необходимых пропорциях, я поставил чашку с раствором на водяную баню при постоянным помешивании. (см. приложение, рис. 6, 7)

Через некоторое время раствор стал резко загустевать, и я прекратил нагрев смеси.

Часть полученной массы я выложил в формочку из пластиковой банки, остальную часть оставил в форме маленького сгустка и оставил их сушиться на сутки. (см. приложение, рис. 8, 9)

На следующий день я проверил получившийся пластик и обнаружил, что большой кусок пластика не высох, а остался таким же мягким, каким был после извлечения его из банки после нагревания; а маленький сгусток засох только в тонких его частях (см. приложение, рис. 10). Я сделал вывод, что крупные детали с толстыми стенками из такого пластика изготовить не получится.

## Исправление ошибок.

Я предположил, что, возможно, тонкая пленка из такого вещества высохнет лучшим образом, и решил проверить свою догадку.

Так как на такой объем пластика потребуется большее количество ингредиентов, я увеличил объем каждого вещества в 4 раза, оставив те же пропорции (см. приложение, рис. 11).

Также смешав все ингредиенты в кастрюле, я поставил ее на огонь, предположив, что при более высокой температуре, возможно, масса получится более вязкой и, в конце концов, с меньшим количеством воды.

Нагрев смесь до загустения, я выложил ее на противень с листом пергаментной бумаги для выпечки и ложкой распределил массу по нему. Далее я накрыл вещество вторым листом бумаги и раскатал его скалкой до толщины примерно в 1 миллиметр (см. приложение, рис. 12, 13).

После этого я поставил смесь в духовой шкаф на 20 минут при 250°C для более быстрой сушки (см. приложение, рис. 14).

По прошествии этого времени я вытащил противень из духовой печи и, немного смочив пергамент из пульверизатора, снял пергаментную бумагу, и оставил пластик остывать на некоторое время (см. приложение, рис. 15). Далее ножом я вырезал из пластика прямоугольник для более эстетичного вида (см. приложение, рис. 16).

## Проверка пластика.

Следующим шагом в моем эксперименте стала проверка полученного мною пластика. Я должен был удостовериться в том, что данный пластик является биоразлагаемым. Биоразлагаемые пластики под действием живых организмов, обычно микробов, могут разлагаться на воду, биомассу и углекислый газ.

Для проверки своего пластика я взял прозрачный пластиковый стаканчик и насыпал в него земли с огорода для того, чтобы быть полностью уверенным в том, что в данной земле есть микроорганизмы (см. приложение, рис. 17). Также я отрезал кусочек полученного мною пластика, поместил его в землю, закопал и оставил на три недели (см. приложение, рис. 18, 19, 20).

По прошествии этого времени я раскопал землю, помещенного в нее пластика я не обнаружил. Для того, чтобы удостовериться в том, что я не ошибся, я высыпал землю на салфетку и убедился в том, что пластик полностью разложился (см. приложение, рис. 21).

## Экономическая часть.

Далее я решил посчитать, насколько целесообразно в промышленных масштабах отказываться от традиционных методов производства пластмасс и переходить на экологически чистые.

Для второго, более правильного опыта, я использовал 1220 грамм смеси. Ее стоимость:

- крахмал - 100 руб/кг \* 40 грамм = 4 руб
- вода - 960 мл
- уксус - 50 руб/л \* 60 мл = 3 руб
- глицерин - 120 руб/ 100 мл \* 60 мл = 72 руб

Итоговая стоимость = 79 руб, при этом вся вода испарилась, конечная масса смеси оказалась равна 32 граммам.

Следовательно, для получения 1 кг такого пластика потребуется  $1000/32 * 79$  руб = 2 468,75 руб.

Конечно, это розничная цена, на производстве затраты будут на пару порядков меньше.

Сколько же стоит обычный “вредный” пластик в наше время? Поискав в Интернете, я нашел цены за разные виды пластика, например:

- Полипропилен - от 3 до 12 Р
- Полистирол - от 15 до 65 Р
- Поликарбонат - от 10 до 20 Р
- ПЭТ - от 5 до 21 Р, за 1 кг.

Видно, что промышленное производство традиционного пластика из природного газа намного дешевле, чем производство биоразлагаемых пластмасс.

## Заключение.

Итак, какой же вывод мы можем сделать из всего выше сказанного?

- Получить биоразлагаемый пластик возможно и в домашних условиях
- Данный пластик довольно быстро разлагаем, поэтому его можно использовать в промышленности в качестве упаковки.
- Вне зависимости от того, будут ли в ближайшее время истощены мировые запасы нефти, биоразлагаемые вещества привлекут к себе еще больше внимания. Уже сейчас цены на нефть и природный газ и их поставки крайне нестабильны. Природное же сырье, легко поддающееся разложению, — лучший выход.
- В ходе выполнения данной проектной работы я выполнил все поставленные перед собой задачи: узнал, что такое биоразлагаемые полимеры, синтезировал пластик из картофельного крахмала и доказал, что данный пластик действительно является биоразлагаемым.

## Используемые источники

### 1. Научная литература.

1. Иманиси Юкио. Биополимеры – Мир, 1988 – 544 с.
2. Кушнер В. П. Биополимеры - Издательство Академии наук СССР, 1965 – 144 с.

### 2. Интернет-ресурсы.

1. <http://paketville.ru/>
2. <https://bio-pack.ru/>
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Биоразлагаемые\\_полимеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/Биоразлагаемые_полимеры)
4. <https://ect-center.com/blog/biodegradable-polymers>
5. <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2014/03/06/biorazlagaemye-polimery-upakovka-budushchego>
6. <https://project.1sept.ru/works/600698>
7. [http://www.polymer.ru/letter.php?n\\_id=3517&cat\\_id=3&page\\_id=3](http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=3517&cat_id=3&page_id=3)

## Приложение

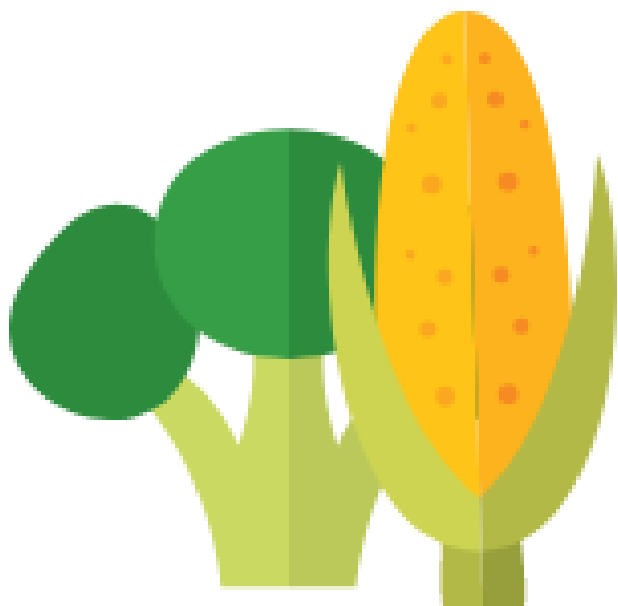


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



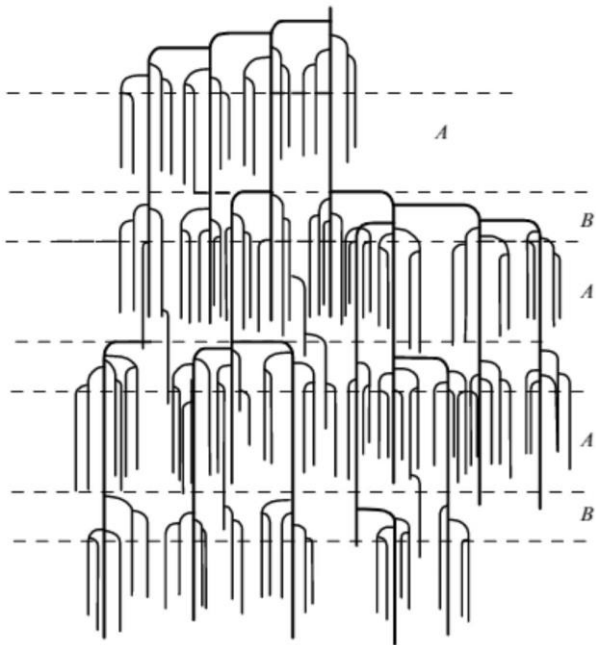


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13



Рис. 14



Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18



Рис. 19



Рис. 20



Рис. 21