

Управление образования города Пензы
МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 76» г. Пензы



**Утилизация полиэтилена низкой плотности с
помощью личинок восковой огневки
(*Galleria mellonella*)**

Выполнил:
Мартынов Владимир,
ученик 9 класса МБОУ СОШ № 76 г. Пензы

Научный руководитель:
учитель биологии МБОУ СОШ № 76 г. Пензы
Суханова Елена Викторовна

Пенза, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. (литературный обзор)

- | | |
|--|---|
| 1.1. Galleria Mellonella | 6 |
| 1.1. Полимеры, их виды и использование | 7 |
| 1.2. Способы утилизации пластиков | 8 |
| 1.3. Способы утилизации пластиков с помощью личинок <i>Galleria mellonella</i> | 9 |

ГЛАВА 2. (результаты собственных исследований)

- | | |
|---|----|
| 2.1. Методика исследования | 11 |
| 2.2. Результаты исследования и обсуждения | 12 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ и ВЫВОДЫ

Список используемых источников

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ.

В 50-х годах прошлого века население Земли составляло не более 3-х миллиардов и на протяжении всего последующего времени неуклонно росло. И сейчас стремительно приближается к отметки в 8 миллиардов.

Высокая плотность населения в городах создаёт повышенную нагрузку на естественную природную среду, вследствие чего мы получаем массу экологических проблем, в том числе загрязнение воздуха и воды. Сюда же можно отнести проблему утилизации отходов жизнедеятельности, в том числе бытового мусора, особенно с учётом использования синтетических соединений, многие из которых не могут быть утилизированы в естественной природной среде. При этом возникает, так называемый, кризис редуцентов, при котором существующие организмы-редуценты не могут разлагать синтезированные человеком материалы, одним из которых являются синтетические полимеры – пластмассы, которые и составляют львиную долю отходов на свалках ТБО.

Пластик прочно вошёл в нашу жизнь. Удобная, лёгкая посуда, погремушки и бутылочки для кормления, ёмкости для хранения продуктов и многое-многое другое. Но вместе с удобством пришли и проблемы. Экологи давно бьют тревогу по поводу неразлагаемости в природе пластикового мусора. Пластиковая упаковка, одноразовая посуда и тара производятся, выбрасывается и годами накапливается на мусорных полигонах, загрязняя не только материки, но и океаны. После многочисленных статей, выступлений, исследований, обращения экологов были услышаны. Во всём мире началось движение за замену пластика на многоразовые экологически чистые альтернативы. В Европе с 2021 года начнёт действовать запрет на одноразовую посуду и пластиковые пакеты. В России планируют рассмотреть такой закон только к 2025 году.

Количество используемой одноразовой упаковки поражает воображение и ужасает своими цифрами. Примерно 1.000.000.000.000 одноразовых пакетов из полиэтилена выбрасывается каждый год. Другими словами, это 2.000.000

пакетов в минуту. В 2017 году в среднем люди купили 490.000.000.000 напитков в пластиковых бутылках. В 2006 году этот показатель был куда ниже 300.000.000.000. Каждый день люди во всем мире используют примерно 500.000 пластиковых трубочек. А количество пузырчатой упаковочной пленки за год хватит, чтобы обернуть всю планету вокруг экватора 10 раз. 500.000.000.000 пластиковых стаканчиков расходуется каждый год. Любители кофе используют 16.000.000.000 пластиковых стаканов ежегодно. Они считаются отдельно, поскольку покрыты пластиком, который защищает внутреннюю часть, их крышки так же делают из пластика.

Мировой рынок полимеров в настоящее время превышает 210 миллионов тонн, из которых около 37% – полиэтилен. Т.е. 77,7 миллионов тонн полиэтилена производится в год. Однако высокая прочность и короткое время использования ПЭ приводит к быстрому накоплению в окружающей среде.

За 50–60 лет с момента массового выпуска в середине прошлого века люди произвели около 8,3 миллиарда тонн. Из них 79% находится на свалках или просто в природной среде, 12% — сожжено и лишь 9% переработано для повторного использования. Количество пластика, произведенного за год, грубо сопоставимо с массой всего человечества. И теперь мировое загрязнение пластиком так же опасно, как изменение климата.

Актуальность работы: учёные находят всё новые способы утилизации пластика с помощью живых организмов, чаще всего это бактерии. Но в сравнении с бактериями, скорость пожирания пластика у восковой огнёвки гораздо выше

Цель работы: предложить способ утилизации полиэтилена низкой плотности с помощью личинок восковой огнёвки.

Задачи исследования:

1. Изучить имеющиеся источники информации по данной теме;

2. Экспериментальным путём определить возможность гусениц *Galleria mellonella* питаться полиэтиленом низкой плотности (LDPE) при разных условиях.
3. Предложить способ утилизации пластикового мусора на примере LDPE с помощью *Galleria mellonella*.

Гипотеза: структура воска схожа со структурой полиэтилена, поэтому личинки *Galleria mellonella* смогут переваривать и полиэтилен

Объект исследования: восковая огнёвка (*Galleria mellonella*).

Предмет исследования: возможность личинок восковой моли переваривать полиэтилен

Практическая значимость: использование личинок восковой огнёвки возможно для утилизации свалок

Экологический риск: если допустить биологическое загрязнение особями восковой огнёвки, возможна экологическая катастрофа.

ГЛАВА 1

1.1. *Galleria Mellonella* L.

Большая восковая огнёвка (*Galleria Mellonella* L.) – насекомое из отряда Чешуекрылые, семейства Огнёвки – является космополитом и распространена по всему миру, где развито пчеловодство и является крупным его вредителем. Поселяясь в пчелином улье, гусеницы моли питаются мёдом, пергой, восковыми сотами, смешанными с остатками коконов. Поедая воск, личинки повреждают пчелиные соты и покрывают ходы шёлком. Гусеницы повреждают не только восковые соты, но и расплод, запасы мёда, пергу, рамки и утеплительный материал ульев. При большом количестве личинок в улье, гусеницы поедают друг друга и фекалии предыдущих поколений. При сильном заражении пчелиные семьи слабеют и могут погибнуть или покинуть улей.

Взрослые бабочки живут 7—12 дней (самки) и 10—26 (самцы). В это время самка откладывает оплодотворённые беловатые яйца из которых через 5-8 суток выходят личинки длиной около 1 мм с желтоватой головой и 8 ногами. Позднее они вырастают в гусениц длиной до 18 мм с буроватой головой. Примерно через 25-30 суток гусеницы окукливаются. Куколки в ходе созревания меняются в окраске с жёлтого на коричневый (их длина у самок — около 16 мм, а самцов — 14 мм).

У большой восковой моли выражен половой диморфизм. Самки обычно крупнее самцов. Длина тела самки составляет 13-35 мм, размах её крыльев – 18-32 мм. Длина самца – 9-13 мм, размах крыльев – 17-23 мм.

Передние крылья моли узкие, длиной 11-14 мм. У основания они могут быть пепельно-, коричнево- или фиолетово-серыми, а сзади жёлто-бурыми с тёмными пятнами. Окрас и рисунок передних крыльев у представителей разных полов зачастую сильно отличается. У самок крылышки фиолетово-серые с бурыми пятнами, у самцов желтоватые с красно-коричневыми отметинами. Задние крылья более светлые, сероватые, с тёмными чёрточками, расположенными по краю в виде каймы. Они треугольные и имеют острую

вершину. В покое крылья самки имеют вид плоского треугольника или трубковидно оборачивают её тело. У самца крылья не столь собраны, а голова опущена вниз. Голова моли коричневая или серая, у самки удлинённая и суженная, у самца закруглённая. Глаза большие фасеточные, усики тонкие шестичлениковые. Губные щупики у самцов короткие, серповидные, у самок — длинные, часто опушённые. Ротовой аппарат и пищеварительная система имаго огнёвки редуцированы, в этой стадии насекомые не питаются. Брюшко бабочки кремового цвета десятичлениковое, внутри него у самки прячется длинный яйцеклад, у самца — копулятивный орган. <https://sichovka.ru.turbopages.org/sichovka.ru/s/vrediteli-doma/ogromnaya-mol.html>

Считается, что личинки *Galleria Mellonella* обладают целебными свойствами, и широко используются в народной медицине. А знаменитый учёный И. И. Мечников обнаружил, что ферменты пищеварительного тракта огнёвки липаза и церраза способны растворять капсулу туберкулёзной палочки.

1.1. Полимеры, их виды и использование

Полиме́ры (от греч. πολύ «много» + μέρος «часть») — вещества, состоящие из «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы химическими или координационными связями. Полимер — это высокомолекулярное соединение: количество мономерных звеньев в полимере (степень полимеризации) должно быть достаточно велико (в ином случае соединение будет называться олигомером). Во многих случаях количество звеньев может считаться достаточным, чтобы отнести молекулу к полимерам, если при добавлении очередного мономерного звена молекулярные свойства не изменяются. Как правило, полимеры — вещества с молекулярной массой от нескольких тысяч до нескольких миллионов. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Полимеры>

Полимеров очень много, поэтому для удобства их классифицируют:

По химическому составу различают:

- **Органические полимеры;**
- **Элементоорганические полимеры;**
- **Неорганические полимеры**

В свою очередь **органические полимеры:**

- **Природные** (появившиеся без участия человека: воск, белки, сложные углеводы и др.)
- **Искусственные (модифицированные)** (модифицированные человеком)
- **Синтетические** (созданы человеком: синтетический каучук)

Некоторые полимеры являются устойчивыми соединениями и в нормальных условиях разлагаются крайне долго. Чтобы полиэтиленовый пакет разложился, требуется до 1000 лет. В среднем пластиковый пакет для покупок используется всего 12 минут. В 50-х годах прошлого века началась эра пластика. За всё время их существования объём производства полимеров только возрастал и сейчас превышает 210 млн тонн. Из-за устойчивости полимеров, сейчас практически не существует рациональных, экологически чистых и рентабельных способов утилизации пластика, поэтому в нашей стране более 90% всех пластиковых отходов захоранивается. Это приводит к возникновению полигонов занимающих огромные территории. Это негативно влияет на экологическую обстановку и заставляет учёных искать новые способы переработки и утилизации пластиковых отходов.

1.2. Способы утилизации пластика

Можно выделить следующие направления утилизации твердых отходов пластмасс:

- вторичная переработка, состоящая в превращении отходов во вторичные продукты (изделия) без изменения химического состава исходных полимеров или путем химической или термической деструкции, а также химической модификации;

- ликвидация твердых полимерных отходов путем их сжигания и саморазложения под действием микроорганизмов (биodeградация), ультрафиолетового излучения (фотодеградация), воды (гидродеградация).

<https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-utilizatsii-othodov-polimerov/viewer>

Вторичная переработка полимеров – одно из направлений утилизации отходов, образующихся при производстве, переработке и применении различных полимерных материалов. В любом случае переработке отходов пластических масс в изделия предшествуют их сбор и сортировка, очистка от посторонних примесей и уплотнение, а также гранулирование. В целом можно выделить 2 способа нового применения вторичного полимерного сырья:

- недеструктивная утилизация – непосредственная переработка уже использованных ранее полимеров после их очистки и гранулирования (механическая переработка) или повторное использование полимера после его химической модификации;

- деструктивная утилизация – деградация (деление) макрочастиц на фракции с меньшей массой частиц или на мономеры (может проводиться в том числе и с помощью живых организмов).

Ликвидация отходов - уничтожение и/или захоронением неиспользуемых опасных и неопасных отходов. В идеале после обработки должен выйти экологически чистый, неопасный материал, который будет использован в различных целях. К примеру в Японии из пепла с мусоросжигающих заводов создают острова.

1.3. Способы утилизации пластиков с помощью личинок *Galleria mellonella*

В 2016 г. ученые-исследователи из Удмуртского НИИСХ в своих работах писали о способности личинок большой восковой моли прогрызать различные синтетические полимеры. Но в 2017 г. группа ученых во главе с Federica Bertocchini из испанского Института биомедицины и биотехнологий в Кантабрию опубликовала результаты по биопереработке личинками

Galleria mellonella L. полиэтилена за счет микроорганизмов желудочно-кишечного тракта. Выяснилось, что эти микроорганизмы являются грибами *Aspergillus flavus*. Позже провели исследования и выяснили, что гусеницы *Galleria mellonella* способны переваривать полимеры и без специфической микрофлоры. Естественным полимером, который поедает личинка *Galleria mellonella*, является пчелиный воск.

Воск по своей химической инертности (стойкости) напоминает полиэтилен. Общим между синтетическими полимерами и пчелиным воском является наличие углеводородных цепочек. Химическая формула LDPE или ПЭНП - $(C_2H_4)_n$, химическая формула основных компонентов пчелиного воска - пальмитиновомирициловых эфиров - $C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$ (рис. 1). Поэтому личинки легко прогрызают полиэтиленовые и даже полистироловые пленки и листы, прогрызают ходы в пенополистироле.

Испанские исследователи осуществили спектроскопический анализ и проверили, как гусеницы разрушают химические связи в полиэтилене. Они выяснили, что результатом переработки является этиленгликоль, двухатомный спирт, простейший представитель полиолов. Анализ доказал, что дыры в пластиковом пакете — не результат простого механического прожёвывания материала, а налицо действительно химическая реакция и биodeградация материала. Чтобы на 100% убедиться в этом, биологи провели научный эксперимент: они измельчили гусениц в пюре и смешали его с пластиковыми пакетами. Результат оказался идентичным — часть пластика исчезла. Это самое убедительное доказательство, что гусеницы не просто поедают пластик, а переваривают его в этиленгликоль.

<https://cmtscience.ru/article/lichinki-bol-shoy-voskovoy-moli-pozhirayut-plastik>

Узнав о такой способности восковой моли, мы решили провести собственное исследование, и узнать, действительно ли личинки восковой огнёвки могут утилизировать пластик, даже загрязненный бытовыми отходами.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ВОСКОВОЙ ОГНЁВКИ ПЕРЕРАБАТЫВАТЬ ПОЛИЭТИЛЕН (LDPE)

2.1. Методика исследования

1. Для выявления способности восковой огнёвки переваривать пластик, было заложено 9 опытов-моляриев (контрольный; с одним крупным куском LDPE; с измельчённым LDPE; с мелкоизмельчённым LDPE; с одним крупным куском LDPE, покрытым воском; с измельчённым LDPE, покрытым воском; с измельчённым LDPE, смешанным со средой; с измельчённым LDPE, смешанным с органическими отходами; с измельчённым файлом) (см. Приложение 1), в каждом молярии было по 40 гусениц *Galleria Mellonella* различных стадий онтогенеза.

Мы выделили 3 «главных» молярия, для получения наиболее наглядных результатов (контрольный; с одним крупным куском LDPE; с одним крупным куском LDPE, покрытым воском), также были поставлены остальные эксперименты для изучения влияния на жизнедеятельность огнёвки: степени измельчённости полиэтилена (опыты с измельчённым LDPE; с мелкоизмельчённым LDPE; с измельчённым LDPE, покрытым воском); органических отходов (опыт с измельчённым LDPE, смешанным с органическими отходами); пластика из которого делают файлы (опыта с измельчённым файлом)

В контрольном опыте и опыте с измельчённым LDPE, смешанным со средой, мы использовали среду разработанную Марстоном с соавторами, и модифицированную Ю. И. Кузнецовой, в её состав входили следующие компоненты: отруби – 100 г, мука пшеничная – 110 г, муха кукурузная – 140 г, дрожжи – 130 г, молоко сухое – 130 г, глицерин – 210 г, мед – 100 г, воск – 80 г.

2. Проводилось наблюдение и фиксирование информации в течение 30 дней

3. Была составлена таблица с изменениями в моляриях и сделаны выводы.

2.2. Результаты исследования

Во время проведения эксперимента были получены следующие результаты:

Вначале эксперимента смертность гусениц была нулевой. Далее начали погибать мелкие гусеницы в опытах, в которых отсутствовала природная пища *Galleria Mellonella* т.е. воск. Это связано, с тем что при переваривании полиэтилена не происходит истинный метаболизм, конкретно, личинки питаются полиэтиленом, не получают энергию. В крупных гусеницах было больше запасённых веществ, чем в мелких, поэтому крупные личинки, дольше тратили свой резерв, следовательно жили дольше. К концу эксперимента в моляриях, где не содержался воск, все гусеницы погибли, остались только крупные.

Гусеницы в контрольном опыте и в опыте с измельчённым полиэтиленом развиваются быстрее чем в остальных опытах. Это связано с тем, что в контрольном опыте наилучшие условия для развития гусениц, нежели в остальных опытах, а в опыте с измельчённым полиэтиленом, смешанным со средой условия наиболее приближены к контрольному опыту.

Мы составили таблицу изменений у личинок. (Приложение 1) Также была составлена краткая таблица изменений, где мы выделили три самых значимых и наглядных опыта (контрольный опыт; цельный кусок LDPE и цельный кусок LDPE, покрытый воском) и оставили только те дни, в которые замечались самые значимые изменения или в которых проводился более детальный осмотр. (рис. 1)

Опыт День	Контроль	1 кусок	1 покрытый воском
4	Личинки питаются в среде	Значительных изменений не наблюдается	Значительное уменьшение куска
7	Личинки питаются в среде	Небольшие дыры, довольно сильно подъели край	Полностью съеден, положен новый.
13	Личинки питаются в среде	Начали умирать мелкие личинки	Продолжают питаться
16	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Продолжают питаться
17	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Продолжают питаться
20	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Продолжают питаться
21	Личинки питаются в среде	Остались только крупные гусеницы. Отстают в развитии	Продолжают питаться
24	Личинки питаются в среде	Гусеницы не активны. Отстают в развитии	Практически полностью съеден.
25	Личинки питаются в среде	Умерла крупная личинка	Полностью съеден. Положен новый
26	Личинки питаются в среде	Умерла крупная личинка	Продолжают питаться
28	Личинки питаются в среде	Умерло несколько личинок	Продолжают питаться
30	Личинки полностью съели комок, самые крупные гусеницы начали окукливаться. Конец эксперимента	Все личинки погибли. Конец эксперимента	Практически все личинки выжили, но сильно отстают в развитии Конец эксперимента

Рис. 1 Результаты опытов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование личинок восковой огнёвки в качестве утилизаторов полиэтилена – очень перспективное направление. Чтобы убедиться в этом, мы провели собственное исследование. По результатам нашего исследования мы смогли сделать следующие **выводы**:

1. По результатам эксперимента личинки *Galleria mellonella* смогли некоторое время питаться полиэтиленом (LDPE)

2. Личинки не смогли нормально развиваться, питаясь исключительно полиэтиленом, и погибали через некоторое время. Использование полиэтилена в качестве единственной пищи невозможно.

3. В ходе эксперимента мы выяснили, что личинки, достигшие определённой стадии онтогенеза могут питаться полиэтиленом, как основной пищей гораздо дольше более мелких личинок

4. Во всех опытах (кроме контрольного и опыта с измельчённым LDPE, смешанным со средой) наблюдалось отставание в развитии гусениц

5. Органические отходы (картофельные очистки и бумага), возможно, плесень на них негативно влияют на личинок

6. Гипотеза подтвердилась сходное строение молекул воска и ПЭНП позволило личинкам *Galleria Mellonella* деструктурировать* LDPE

Использование гусениц *Galleria mellonella*, возможно, станет выходом из кризиса редуцентов. Поэтому необходимо продолжать исследования в этом направлении, и изучать не только восковую огнёвку, но и другие организмы.

* - мы не можем с уверенностью сказать, что гусеницы переваривают полиэтилен т.к. для этого нужно проводить более глубокие исследования, в том числе и химический анализ фекалий гусениц.

Перспективы работы: использование генной инженерии дает возможность изменить гены восковой огневки и найти способ утилизации пластика прямо на свалках или полигонах. Для предотвращения экологического риска биологического загрязнения этой бабочкой, которая является вредителем пчел, так как уничтожает восковые соты пчел, требуется изменить геном организма таким образом, чтобы бабочки не могли бы летать, таким образом они бы оставались на полигоне и после уничтожения пластика, погибали бы, не загрязняя среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Внешний вид восковой огнёвки <https://sichovka-ru.turbopages.org/sichovka.ru/s/vrediteli-doma/ogromnaya-mol.html>
2. Вред пчеловодству. Описание. Жизненный цикл https://ru.wikipedia.org/wiki/Большая_восковая_моль
3. Данные о пластиках https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41768780_78399178.pdf
4. Данные об изготовлении полимеров <http://trubpnd.ru/blog/poliyetilen-i-poliyetilenovaya-produkc/>
5. Жизненный цикл огнёвки <https://mirpchely.ru/pchelovodstvo/pchely/voskovaya-mol>
6. Классификация полимеров <https://www.uznaychtotakoe.ru/polimer/>
7. Метаболизм длинноцепочных углеводов <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211124719301809>
8. Некоторые данные об исследованиях <https://cmtscience.ru/article/lichinki-bol-shoy-voskovoy-moli-pozhirayut-plastik>
9. О возможностях биодеструкции ПЭ личинками огнёвки <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719359261>
10. Определение полимеров <https://ru.wikipedia.org/wiki/Полимеры>
11. Рецепт среды <https://ognewka.ru/publ/7-1-0-84>
12. Схема структур молекул полимеров (рис. 1) <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektiva-biodestruktsii-othodov-iz-polimernyh-materialov-s-primeneniem-lichinok-galleriamellonella-l/viewer>
13. Таблица по методам утилизации <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020320997>
14. Гущин А. В. Приспособление для содержания и разведения большой восковой моли (*Galleria Mellonella*) / А. В. Гущин, Л. М. Колбина, А. С. Осокина // Биомика. – 2016. – Том 8, №2. – 84-87.
15. Коновалова Т. В. Лабораторное содержание и разведение большой восковой огнёвки *Galleria Mellonella* L. / Т. В. Коновалова // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2009. – В. №4. – С. 46-48
16. Влияние синтетических полимеров на процессы жизнедеятельности личинок *Galleria Mellonella* / Осокина Анастасия Сергеевна, Бодалева Александра Петровна, Платунова Гузель Рашидовна // Астраханский вестник экологического образования – 2018. – №6. – С. 139-144.
17. Возможность биодеструкции синтетических полимеров с использованием личинок *Galleria Mellonella* L. / А. С. Осокина, Г. Р. Платунова // I Всероссийский форум «Утилизация и рециклинг отходов производства и потребления» Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием – 2019. – Книга 1. – С. 162-167.
18. Рециклинг полимерных отходов производства и потребления на основе биотехнологических инноваций / Филатов Владимир Владимирович, Рукина Ирина Михайловна, Голованов Владимир Иванович // Научный информационно-аналитический журнал «Муниципальная Академия» – 2018. – №2 – С. 135-142

Таблица изменений в моляриях

	Контр оль	1 кусок	Измельч енный	Мелко измельч енный	1 покры тый воском	Изм. Покры тый воском	Изм в среде	Изм Файл	Изм с орг. отхода ми
1	Нет	Нет	Нет	Нет	Появи лись неболь шие дыроч ки	Не замече но	Нет	Нет	Нет
2	Личин ки питаю тся в среде	Не замечен о	Не замечен о	Не замечен о	Дыроч ек стало больше, они увелич ились	Появи лись жёлты е фекал ии	Личин ки питаю тся в среде	Не замече но	Не замече но
3	Личин ки питаю тся в среде	Появил ись дырки, подъели край	Не замечен о	Не замечен о	Дыры стали ещё больше, подъел и край	Умень шение	На некото рых кусках погрыз ены края	Не замече но	Значит ельных измене ний не наблю дается
4	Личин ки питаю тся в среде	Значите льных изменен ий не наблю дается	Значите льных изменен ий не наблю дается	На некотор ых кусках погрызе ны края	Значит ельное умень шение куска	Значит ельное умень шение	Личин ки питаю тся в среде	Умерл а личин ка	Значит ельных измене ний не наблю дается
5	Личин ки питаю тся в среде	Подъел и край	Значите льных изменен ий не наблю дается	На некотор ых кусках погрызе ны края	Остал ись неболь шие кусочк и	Остал ось немно го	Личин ки питаю тся в среде	Умерл а личин ка	Значит ельных измене ний не наблю дается
6	Личин ки питаю тся в среде	Ещё больше подъели край	Значите льных изменен ий не наблю дается	На некотор ых кусках погрызе ны края	Остал ось немно го мелки х кусочк ов	Практ ически полнос тью съеден	Личин ки питаю тся в среде	Умерл о нескол ько личин ок	Значит ельных измене ний не наблю дается
7	Личин ки питаю	Неболь шие дыры,	На некото рых	На некото рых	Полно стью съеден	Полно стью съеден	Личин ки питаю	Некот орые края	На некото рых

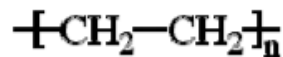
	тся в среде	довольно сильно подъели край	кусках погрызены края, значительных изменений не наблюдается	кусках погрызены края, значительных изменений не наблюдается	, положен новый. Появились небольшие дырочки	, положен новый	тся в среде, на некоторых кусках погрызены края	погрызены, несколько личинок погибли	кусках погрызены края, значительных изменений не наблюдается
8	Личинки питаются в среде	Не замечено	Не замечено	Не замечено	Дыры значительно увеличились в размерах	Начал и есть	Личинки питаются в среде	Не замечено	Не замечено
9	Личинки питаются в среде	Дыры и край стали подъедены сильнее	Не замечено	Не замечено	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Не замечено	Не замечено
10	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Погибают мелкие гусеницы	Умерло большинство личинок
11	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Нет	Нет
12	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Погибают мелкие гусеницы	Нет
13	Личинки питаются в среде	Начали умирать мелкие личинки	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Погибают мелкие гусеницы	Нет
14	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Осталось немного	Нет

	тся в среде						тся в среде	крупных гусениц	
15	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Нет	Нет
16	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Нет	Нет
17	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Погибло несколько гусениц	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Нет	Нет
18	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Остались только крупные гусеницы	Погибло несколько гусениц	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Нет	Нет
19	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Остались только крупные гусеницы	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Не замечены	Нет
20	Личинки питаются в среде	Продолжают умирать	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Не замечены	Нет
21	Личинки питаются в среде	Остались только крупные гусеницы. Отстают в развитии	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Осталась одна гусеница	Нет
22	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Не замечены	Все гусеницы погибли

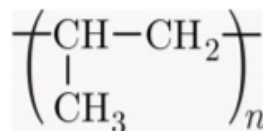
23	Личинки питаются в среде	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Незначительные изменения	Остались небольшие кусочки	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	Не замечены	–
24	Личинки питаются в среде	Гусеницы не активны. Отстают в развитии	Гусеницы не активны. Отстают в развитии	Гусеницы не активны. Отстают в развитии	Практически полностью съедены	Практически полностью съедены	Личинки питаются в среде	Гусеница не активна	–
25	Личинки питаются в среде	Умерла крупная личинка	Нет	Умерла крупная личинка	Положен новый	Положен новый	Личинки питаются в среде	Гусеница погибла	–
26	Личинки питаются в среде	Умерла крупная личинка	Умерла крупная личинка	Нет	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	–	–
27	Личинки питаются в среде	Нет	Умерло несколько личинок	Умерло несколько личинок	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	–	–
28	Личинки питаются в среде	Умерло несколько личинок	Умерли остальные личинки	Погибли остальные гусеницы	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	–	–
29	Личинки питаются в среде	Нет	–	–	Продолжают питаться	Продолжают питаться	Личинки питаются в среде	–	–
30	Личинки полностью съели комок, самые крупные гусеницы начали	Все личинки погибли. Конец эксперимента	Все личинки погибли. Конец эксперимента	Все личинки погибли. Конец эксперимента	Практически все личинки выжили, но сильно отстают в развитии	Практически все личинки выжили, но сильно отстают в развитии	Некоторые кусочки полиэтилена погрызены, но в основном гусени	Все личинки погибли. Конец эксперимента	Все личинки погибли. Конец эксперимента

	окукли ваться окукли ваться. Конец экспери мента				Конец экспери мента	Конец экспери мента	цы питали сь средой . Самые крупн ые гусени цы начали окукли ваться. Конец экспери мента		
--	--	--	--	--	---------------------------	---------------------------	--	--	--

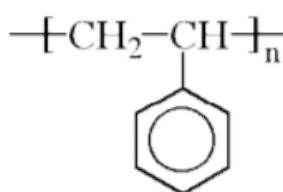
полиэтилен



полипропилен



полистирол



пчелиный воск

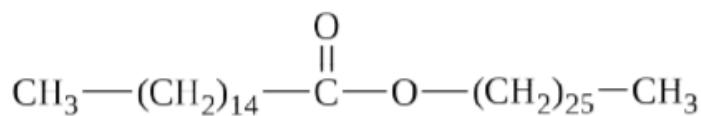


Рис. 1 схема строения молекул полимеров

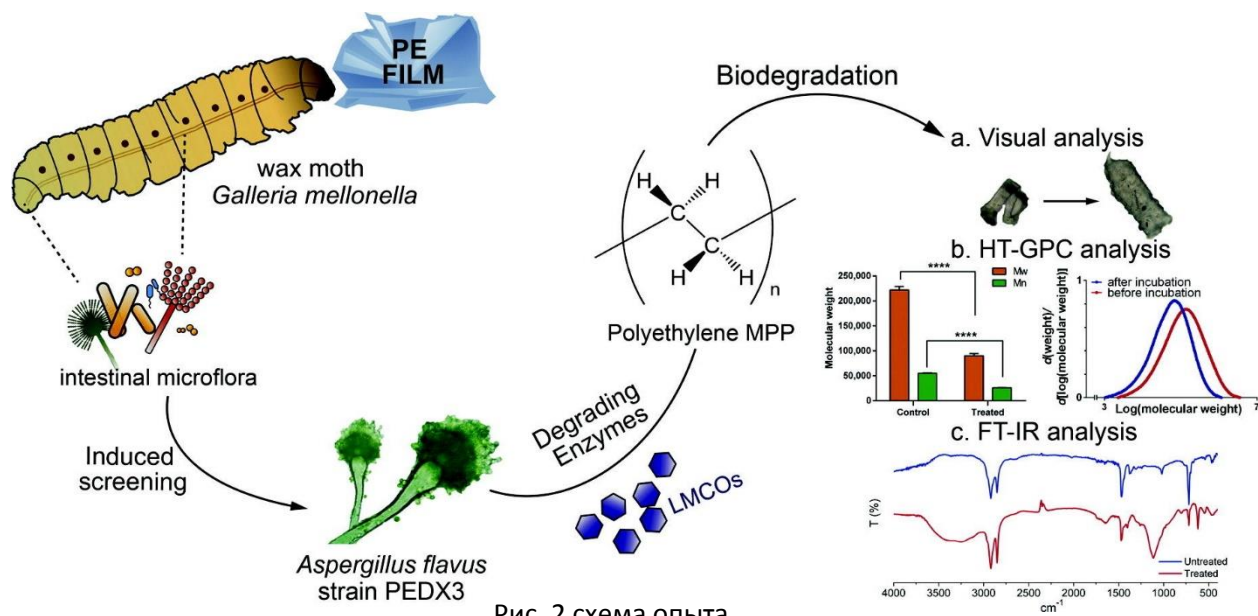
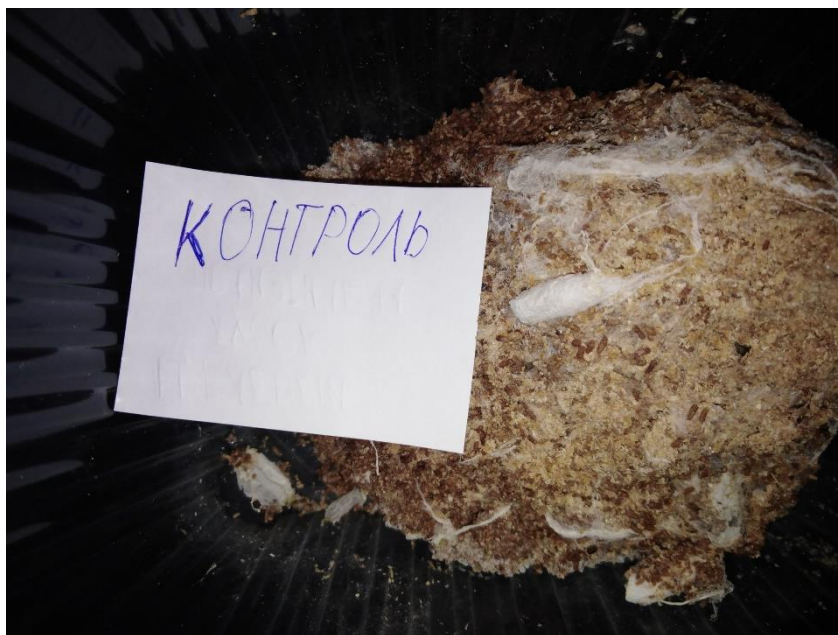


Рис. 2 схема опыта

Контрольный опыт



Начало эксперимента

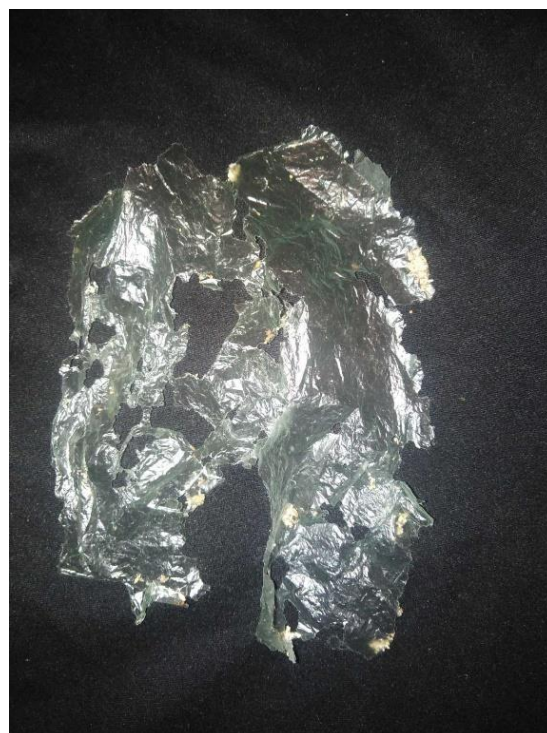


конец эксперимента

Цельный кусок LDPE



Начало эксперимента



конец эксперимента

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Цельный кусок LDPE, покрытый воском



Начало эксперимента

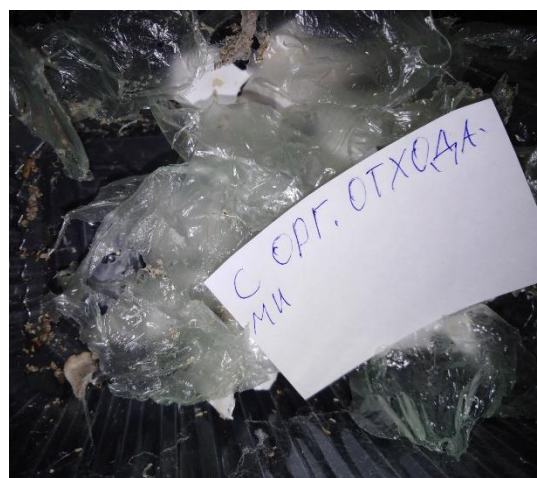


день 7, 17, 25, конец эксперимента

Измельчённый LDPE с органическими отходами



Начало эксперимента



конец эксперимента

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Измельчённый LDPE, покрытый воском



Начало эксперимента



конец эксперимента



ОПЫТЫ

Метод	Механическая деградация	Химическая деградация	Биологическое разложение
Требования к процессу	<ul style="list-style-type: none"> Повторное использование пластмассовых изделий без изменения структуры Переплавка и переработка термопластичных полимеров 	Полимеризация пластмасс в мономеры путем гидролиза, гликолиза и метанолиза	Расщепление пластмассовых полимерных связей на мономеры с помощью ферментов, продуцируемых микроорганизмами
Температура	Высокая	Высокая	Не требуется
Скорость деградации	Быстрая	Быстрая	Умеренная
Разделение продуктов разложения	Применимый	Трудный	Применимый
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> Часто используемый Эффективный метод Экономичность (~250 € / тонна) 	<ul style="list-style-type: none"> Простой метод Оперативный для ПЭТ стоимость ~500 € / тонна 	<ul style="list-style-type: none"> Экологически чистый 3 кг фермента требуется для 1 тонны деградации ПЭТ (Стоимость ~63€) Побочные продукты могут быть использованы для различных применений
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> Экологически недружественный Источник токсичных летучих органических соединений Ухудшение характеристик продукта ограничивается однослойными пластиками многослойные и чувствительные к температуре пластмассы неприменимы 	<ul style="list-style-type: none"> Экологически недружественный Источник токсичных летучих органических соединений Дорого и энергоемко Необычно используется Ограничено конденсированными полимерами 	<ul style="list-style-type: none"> Трудоемко по сравнению с химическими и механическими

Рис. Таблица методов переработки пластика

РЕЦЕНЗИЯ

на работу ученика 9Б класса МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №76» г.Пензы Мартынова Владимира «Утилизация полиэтилена низкой плотности с помощью личинок восковой огневки (*Galleria mellonella*)»

Данная работа посвящена выявлению доступных экологически безопасных средств для утилизации самого распространённого из пластических отходов, полиэтилена низкой плотности, из которого изготавливают упаковочные пакеты. Автор собрал и проанализировал различные источники информации, среди которых и научные публикации, и статьи СМИ.

Актуальность работы определяется тем, что в последнее время увеличивается рост числа пластикового мусора, который не только загрязняет наше местообитание, но и Мировой океан и обнаружен даже в Антарктиде. Миллиарды пакетов после минутного использования выкидываются на помойки, вывозятся на полигоны и там в течении многих десятилетий разлагаются или разлетаются под порывами ветра, загрязняя все вокруг. Микрочастицы полиэтилена, образующийся в результате воздействия УФИ на пластик, возвращается в организм человека с водой и едой. Поэтому данная работа как нельзя актуальна в настоящее время.

Автором проведена практическая работа по выявлению возможности утилизации полиэтилена низкой плотности с помощью личинок восковой огневки (*Galleria mellonella*).

Рекомендуем автору продолжить свои исследования по данной теме, выявить возможности и этого вида и других утилизировать пластик в природе, не нанося вреда окружающей среде. Распространить результаты работы в виде статей, классных часов. Провести профилактическую работу по использованию многоразовой упаковки и сумок среди учащихся школы и жителей микрорайона.

Данная работа оформлена грамотно и соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению научной работы, выполнена на научном уровне, соответствующем уровню школьных исследовательских работ.

Заместитель директора по учебной работе
МБОУ СОШ №76 г.Пензы



В.Н. Сорокин