

*Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа №59 города Пензы имени Е.П. Паролина*

Исследовательская работа:

***«Изучение способности *Zorhobas morio*
перерабатывать пластиковые отходы»***

*Автор: Есин Тимофей Павлович
ученик 7 В класса*

*Руководитель:
Путилова Ольга Алексеевна
учитель биологии
МБОУ СОШ №59 г.Пензы имени
Е.П. Паролина*

*Пенза
2022*

Оглавление:

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1 Мировые научные исследования о способности насекомых перерабатывать пластик.....	4
1.2 Описание вида <i>Zophobas morio</i>	4
1.3 Описание видов насекомых, способных перерабатывать пластик.....	6
1.4 Виды пластиковых отходов.....	8
2. Практическая часть.....	9
2.1 Предварительный эксперимент.....	9
2.2 Эксперимент по определению видов пластика, способных перерабатываться личинками жуков.....	9
2.3 Результаты эксперимента	10
Заключение.....	12
Список интернет-источников.....	13

Введение:

В 21 веке проблема загрязнения окружающей среды отходами различных видов пластика является одной из наиболее важных экологических проблем. По разным источникам на сегодняшний день пластиковая продукция составляет до 40% объёма всех бытовых отходов. Ранее эта проблема не стояла так остро, т.к. практически все продукты упаковывались в бумагу или стекло. Сейчас же на полках магазинов мы видим красочную упаковку: различные пакеты, пленки и бутылки. Да, это эстетично и радует глаз. Но съев содержимое упаковки необходимо как-то переработать эти пластиковые отходы? С переработкой бумаги и стекла не было проблем: стеклянную тару можно использовать вторично, а перерабатывать макулатуру научись очень давно. А что бы переработать пластик необходимо строить заводы по его переработке. В процессе работы такие заводы сталкиваются с множеством проблем: самостоятельная сортировка, перевозка и сбор отходов.

Одним из способов переработки пластиковых отходов является относительно недавно открытый способ переработки с помощью насекомых. Ученый Вэй-Мин Ву из Стэнфордского университета (США) и его коллеги из университетов Китая совершили это открытие, экспериментируя с личинками различных всеядных насекомых, которые демонстрировали способность переваривать самую различную пищу.[1]

В одной из своих исследовательских работ по изучению жизненного цикла жуков *Zophobas morio* я столкнулся с информацией о способности этих жуков поедать пластик. Команда биотехнологов "Ксенос" из технопарка "Якутия" обнаружила, что жуки *Zophobas morio* могут перерабатывать пластик. В своей исследовательской работе я решил выяснить, а какие же виды пластиковых отходов могут перерабатывать жуки *Zophobas morio*.

Объект исследования: вид жуков *Zophobas morio*.

Предмет исследования: способность *Zophobas morio* перерабатывать пластик.

Цель работы: 1. На основе собственных наблюдений доказать, что *Zophobas morio* способны перерабатывать пластик;

2. Выяснить какой из видов пластиковых отходов лучше перерабатывается жуками *Zophobas morio*.

Нами были поставлены следующие задачи:

❖ изучив научную литературу и интернет-источники выяснить, какие виды животных способны перерабатывать пластик и какие исследования проводились в мире на эту тему;

❖ изучить различные виды пластиковых отходов;

❖ провести эксперимент по переработке различных видов пластика с помощью *Zophobas morio*;

❖ обобщить результаты экспериментов.

Гипотеза: жуки *Zophobas morio* способны перерабатывать пластиковые отходы.

Методы:

❖ изучение теоретической информации о видах животных, перерабатывающих пластик и видах пластиковых отходов;

❖ эксперимент;

❖ наблюдение;

❖ взвешивание;

❖ сравнение;

❖ фотографирование.

1. Теоретическая часть:

1.1 Мировые научные исследования о способности насекомых перерабатывать пластик

Исследования о способности мучного хрущака перерабатывать пластик проводились Аней Малави Брэндон и Вей-Мин Ву - учеными из Стэнфордского университета 2015 году. Проводя опыты с хрущакком, они выяснили, в течение 24 часов черви потребляют от 34 до 39 миллиграммов пластика, преобразовывая около половины в углекислый газ. Бактерии в кишечнике червей превращали другую половину в биоразлагаемый помёт. [2]

Эта же команда ученых проводила опыты с амбарными огневками. Они в свою очередь, оказались специалистами по «утилизации» полиэтилена — они способны съесть несколько миллиграммов пленки из этого вещества. [2]

Способность утилизировать пластик гусеницами большой восковой моли обнаружилась совершенно случайно в 2017 году. Одна из членов исследовательской команды Федерика Берточини из Института биомедицины и биотехнологий Кантабрии (Испания) сама является пчеловодом-любителем. Однажды она удаляла этих личинок моли (они являются паразитами) из сот в ульях — и складывала этих вредителей в пластиковый пакет, обычный пакет из магазина. Буквально через 40 минут Федерика с удивлением заметила, что пакет испещрён маленькими дырочками — гусеницы просто проели его. [3]

В 2021 году команда энтузиастов "Ксенос", состоящая из двух биологов и одного эколога из технопарка "Якутия" завела колонию большой восковой огневки в лаборатории и стала наблюдать, как личинка поедает пластик. Согласно исследованиям, пластик подвергается разрушению, благодаря действию внутренних бактерий личинки восковой огневки. Но потом они стали работать с жуками зофобас морио (*Zophobas morio*) и обнаружили, что они в 3 раза быстрее поедают пластик, чем восковая огневка. Чтобы выяснить, как это происходит, их пару недель кормили только пластиком, а затем высушивали. Выяснилось, что они перерабатывают пластик на вторичные метаболиты и октакозан. Научные наблюдения показали, что достигнуть этого удавалось благодаря действию внутренних бактерий личинок жука зофобас морио. [4]

Способность мраморных тараканов переваривать некоторые полимеры также обнаружили якутские биотехнологи. Тараканы хорошо справляются с полиуретановыми отходами. [5]

Из всех мировых исследований можно сделать вывод, что пластик в кишечнике насекомых перерабатывается с помощью бактерий и ферментов, которые находятся в их пищеварительной системе.

Проанализировав все мировые исследования, я пришел к выводу о том, что мои домашние питомцы жуки *Zophobas morio* идеально подходят для моей новой исследовательской работы: по данным мировых ученых они способны перерабатывать пластик, они очень просты в содержании, легко и быстро размножаются и не требовательны в еде.

1.2 Описание вида *Zophobas morio*.

Зофобас морио (лат. *Zophobas morio*) — вид жуков из семейства чернотелок (лат. *Tenebrionidae*).

Чернотёлки (лат. *Tenebrionidae*) — одно из крупнейших семейств жесткокрылых насекомых, насчитывающее до 20 000 видов, из них на территории Европы обитает примерно 1775 видов. В России — 245 видов из 110 родов. [6]

Особи данного вида относятся к классу – насекомых;



Рис.1 Строение тела жука

однотонный и темный, варьируется от темно-бурого до чёрного. Достигает длины в 2,5 см. Надкрылья (элитры) в ходе эволюции срослись, и жук не может расправить крылья, и как следствие не летает. Самца от самки легко отличить по передней части головы и по размеру тела. Самки незначительно меньше самцов. Рис.2 [8] На лапках очень цепкие коготки, благодаря которым жук может висеть на куске яблока и удерживаться на субстрате, наклонённом под углом в 100 градусов. В усиках 11 сегментов. После смерти тело распадается на части: голову, грудь и брюшко. Взрослые жуки выделяют специфический запах.

отряду – жесткокрылые или жуки.

Исторической родиной вида *Zophobas morio* является Центральная и Южная Америка. Предпочитает зофобас тропические и пустынные регионы. Могут встречаться в лесных биотопах - в гнилой древесине или грибах, так же обитают в домах, где живут в крупах или муке. Личинки зофобаса обитают в почвенных отложениях, соломе, лесной подстилке. Описан известный датским энтомологом Иоганном Христианом Фабрицием в 1776 году. [7]

У имаго или взрослого насекомого чётко сформировались голова, грудь и брюшко из 6 сегментов.

(Рис.1) Он обычно



Рис.2 Отличие самца от самки [8]



Рис.3 Личинка жука



Рис.4 Куколка жука

Личинка жука имеет цилиндрическое тело, с крепким хитином, достигает в длине 4-6 см. Имеет 6 маленьких ног и две рудиментарных задних ложноножки. Имеются мощные челюсти. Личинки всеядны. Грудь и брюшко составляют 12 сегментов, последние 2 сегмента тёмные. (Рис.3)

Куколка достигает длины в 3 см, белая. Имеет хорошо сформированные голову, грудь и брюшко из 8 сегментов. Перед вылуплением лапки и усики темнеют. (Рис.4) [9]

Жук Зофобас относится к насекомым с полным превращением (полным метаморфозом).



Рис.5 Полный цикл развития жука

Это значит, что из яйца у них выходит личинка, которая совсем не похожа на взрослого жука и в конце своего роста превращается сначала в неподвижную куколку, а уже затем в имаго (взрослое насекомое). (Рис.5)

1.3 Описание видов насекомых, способных перерабатывать пластик

1.3.1 Большой мучной хрущак, или мучной жук, или мучник (лат. *Tenebrio molitor*) — насекомое с полным превращением из отряда жесткокрылых. (Рис.6) Соответственно мучные черви — его личиночная форма.



Рис.6 Имаго большого мучного хрущака

Большой мучной хрущак распространён повсеместно (космополит), но первичной родиной его является Средиземноморье.[10]

1.3.2 Большая восковая моль, или большая восковая огневка, или огнёвка пчелиная (лат. *Galleria mellonella*), — вид молевидных бабочек из семейства настоящих огнёвок (*Pyralidae*). (Рис.7) Вредитель медоносных пчёл. Встречаются всюду, где развито пчеловодство. Восковой молью также называют малую восковую моль (*Achroia grisella*).



Рис.7 Большая восковая моль

Взрослые бабочки небольшие, ротовые органы неразвиты (не питаются). Ведут ночной образ жизни. Откладывают беловатые яйца на пчелиные соты. В начале своего развития в восковых сотах гусеницы питаются мёдом и пергой. Далее переходят к питанию восковыми рамками, смешанными с остатками коконов (чистый воск для питания не пригоден — в нём не хватает питательных веществ), прогрызают в них ходы, повреждая крылья и ножки пчелиных куколок. Ходы покрывает шёлком. Гусеницы повреждают не только восковые соты, но и расплод, запасы мёда, пергу, рамки и утеплительный материал ульев. При сильном заражении гусеницы поедают друг друга и помёт предыдущих поколений. Для окукливания находят трещину или щель, иногда выгрызают ямку. Пчелиные семьи слабеют и могут погибнуть или покинуть улей.[11]

1.3.3 Южная амбарная огнёвка, или индийская моль, или южная огнёвка (лат. *Plodia interpunctella*) — вид чешуекрылых из семейства настоящих огнёвок (*Pyralidae*). (Рис.8)



Рис.8 Южная амбарная огневка

Бабочки имеют размах крыльев 16—20 мм и хорошо отличаются от других близких видов огнёвок прямыми губными щупиками и двуцветной окраской крыльев — беловато-жёлтой или серо-жёлтой в основании и ржаво-охристой или красно-коричневой в вершинных 2/3 передних крыльев. Изредка встречается в гнёздах птиц. Гусеницы могут паразитировать в полостях тела и под кожей позвоночных. Эта огневка встречается очень часто в складах с мукой, зерном и всякого рода пищевыми продуктами: сушеными фруктами, пряностями, изюмом, конфетами и т.д. Предпочитает, однако, муку, особенно кукурузную.[12]

1.3.4 Мраморный таракан (лат. *Nauphoeta cinerea*) относится к семейству Blaberidae

из ряда Таракановые (Blattoptera). (Рис.9) Мраморный таракан имеет пятнистую коричневую окраску. Узор представлен светлыми пятнами разных размеров, которые напоминают мрамор. Длина тела самки достигает 3 см, а самца – 2,5 см. Тело овальное, сплющенное. Отличить самку от самца можно по ширине брюшка: у женских особей оно шире. Строение тела представителей этого вида стандартное, свойственное всем тараканам. На конечностях располагаются толстые редкие волоски. Мужские особи обычно незначительно темнее самок. У мраморного таракана присутствуют довольно крупные крылья.



Рис.9 Мраморный таракан

Несмотря на это летать представители данного вида не могут. У самцов крылья немного короче, чем у самок.[13]

1.4 Виды пластиковых отходов [14]

Маркировка	Расшифровка	Примеры	Знак
1. PET (PETE)	ПЭТ – полиэтилентерефталат	Производят бутылки и большинство пищевой тары.	
2. PEHD (HDPE)	ПЭНД – полиэтилен низкого давления	Используется для более бытовой и производственной жесткой тары. Безопасен для хранения пищевых продуктов. Тара для пищи.	
3. PVC	ПВХ – поливинилхлорид	Из него производят большинство емкостей, не предназначенных для контакта с пищей, мебельные компоненты и элементы декора, части труб.	
4. LDPE (PELD)	ПЭВД – полиэтилен высокого давления	Из данного вида пластика производят мягкую упаковку (пленка, пакеты, мешки для мусора, различные гибкие ёмкости). Допустим контакт с пищей.	
5. PP	ПП – полипропилен	Используется при производстве игрушек, автомобильных компонентов, пищевых упаковок, укрывных материалов, медицинской одноразовой одежды, медицинских масок. Допустим контакт с пищей.	
6. PS	ПС – полистирол	Производят теплоизоляцию, игрушки, канцелярские товары, одноразовую посуду, канцтовары. При сжигании опасен.	
7. O (OTHER)	O — Прочее	Пластиковые изделия, не подходящие ни к одной группе выше. В основном это твердый и прозрачный поликарбонат. Используют для изготовления компакт-дисков, линз, защитных очков, светопроводящих элементов для строительства.	
8. PU	ПУ - полиуретан	Из него производят экокожу, поролон.	

Таб.1 Виды пластиковых отходов

2. Практическая часть:

2.1 Предварительный эксперимент

Что бы проверить гипотезу моей работы, мне необходимо было запастись достаточным количеством личинок жуков *Zophobas morio*. Их я выращивал в инсектарии, который был изготовлен мной для предыдущей исследовательской работы. На это потребовалось около 3 месяцев. В этом инсектарии я воспроизводил весь жизненный цикл этих жуков: от купленных личинок до личинок, выведенных мной в домашних условиях.

Имея небольшое количество личинок, я попробовал провести предварительный эксперимент, в ходе которого хотел посмотреть, действительно ли личинки этих жуков поедают пластик. Для этого я взял около 15 личинок, поместил их в небольшой контейнер с



Рис.10 Медицинская маска после предварительного эксперимента

медицинской маской. Медицинская маска, как правило, изготовлена из трех слоев нетканого полипропиленового материала. Первое время, наблюдая за личинками, я увидел, что личинки не поедают верхний слой маски. Чтобы помочь личинкам проникнуть внутрь, я надрезал верхний слой маски. Через некоторое время на втором слое маски начали появляться отверстия. (Рис.10) Видимо это и есть участки материала, поеденные личинками. Этот предварительный эксперимент дал мне уверенность, что я на верном пути.

2.2 Эксперимент по определению видов пластика, способных перерабатываться личинками жуков

Для дальнейшей работы по определению видов пластиковых отходов, способных перерабатываться личинками жуков, я отобрал 6 образцов:

Образец №1 – губка для мытья посуды. Изготовлена из полиуретана (PU).

Образец №2 – кусочки упаковочного пакета. Изготовлен из полиэтилена высокого давления (LDPE).

Образец №3 – ручка от пластикового контейнера. Изготовлена из полиэтилена высокого давления (LDPE).

Образец №4 – шапочка одноразовая медицинская. Изготовлена из материала спанбонд (100% полипропилен) (PP).

Образец №5 – фрагмент термоконтейнера. Изготовлен из полистирола (PS).

Образец №6 – упаковочные контейнеры. Изготовлены из поливинилхлорида (PVC).

Образцы я поместил в одинаковые контейнеры с крышкой объемом 1 л, предварительно сделав отверстия в крышках контейнеров для поступления воздуха. В каждый контейнер отобрал по 10 личинок *Zophobas morio*. Для проведения эксперимента необходимы весы с дискретностью не более 0,005 г. Я использовал лабораторные весы ВК-150.1. (Рис.11)



Рис.11 Весы лабораторные ВК-150.1

Чтобы проверить работает ли наша гипотеза, я

решил заложить образцы на 10 дней и по истечении этого времени измерить массу переработанного пластика по формуле:

$$m_{\text{ (переработанного пластика) }} = m_{\text{ (начальная) }} - m_{\text{ (окончательная) }}$$

Т.е. найти разницу между массой образца на начальном этапе эксперимента и массой образца по истечении 10 дней.



Рис.12 Образец №1



Рис.13 Образец №2



Рис.14 Образец №3



Рис.15 Образец №4



Рис.16 Образец №5



Рис.17 Образец №6

2.3 Результаты эксперимента

В течение 10 дней я наблюдал за протеканием эксперимента и заметил, что в каждом контейнере происходили какие-то изменения.

Образец №1 (полиуретан) - Губка не изменила свою форму, но края были частично объедены личинками. Все личинки были подвижны.

Образец №2 (полиэтилен высокого давления) - Появилось много кусочков пленки с объеденными краями. Все личинки были подвижны.

Образец №3 (полиэтилен высокого давления) - Видимых изменений с образцом не произошло. Одна личинка была съедена (в контейнере находились фрагменты личинки), одна личинка превратилась в куколку, еще две свернулись в кольцо.

Образец №4 (полипропилен) - Появилось очень много объеденных кусочков материала. Все личинки подвижны, личинки заползали в пространства между слоями материала.

Образец №5 (полистирол) - На момент снятия результатов эксперимента, в контейнере находилось только три личинки. Остальные личинки находились внутри образца. Что бы установить массу образца я разрезал его и извлек личинки. Внутри образца были многочисленные ходы, которые проделали личинки. Все личинки подвижны.

Образец №6 (поливинилхлорид) - Видимых изменений с образцом не произошло. Одна личинка свернулась в кольцо.

Все результаты эксперимента я занес в таблицу 2.

№ образца	Масса образца начальная, г	Масса образца окончательная, г	Масса переработанного пластика, г
1 (полиуретан)	5,385	4,900	0,485
2 (полиэтилен высокого давления)	11,015	11,860	0,155
3 (полиэтилен высокого давления)	15,355	15,295	0,06
4 (полипропилен)	6,65	6,095	0,555
5 (полистирол)	12,990	11,96	1,03
6 (поливинилхлорид)	9,72	9,590	0,13

По результатам эксперимента можно судить о том, что из всех взятых для эксперимента пластиковых отходов более подвержен переработке личинками жуков *Zophobas morio* полистирол (образец №5). На втором месте полиуретан (образец №1) и полипропилен (образец №4). Масса образцов №2, 3 и 6 практически не изменилась. Состояние всех взятых для эксперимента личинок не изменилось (кроме одной, которую поели сородичи из-за проявления явления каннибализма у этих насекомых, вследствие нехватки питания). Личинки, которые превратились в куколки или готовые превратиться в куколку, отсадил для завершения стадии и дальнейшего превращения в имаго. После эксперимента все личинки были возвращены обратно в инсектарий для дальнейшего проживания в качестве домашних питомцев. Иногда я использую личинок для кормления моих муравьев в формикарии.

Для проведения эксперимента не учитывалось такие погрешности:

- различная зрелость личинок, т.е. личинки разного возраста, могут переработать разное количество пластика;
- погрешность измерения массы;
- различная мягкость материала, что напрямую связано со способностью ротового аппарата личинки откусывать куски материалов.

Заключение:

В результате эксперимента я сделал вывод о том, что отходы полистирола можно перерабатывать таким способом. Возможно и отходы полиэтилена и полипропилена перерабатываются жуками, но я думаю, что все зависит от того насколько мягкие будут эти отходы и возможно на это понадобится больше времени.

Опираясь на этот вывод, надо сказать, что можно создавать портативные мини-станции для утилизации пластика с помощью жуков в домашних условиях и в офисе. В одной станции можно "поселить" примерно 1000-1500 личинок зофобас морио и этого количества будет достаточно, чтобы обеспечить переработку 100 г бытового пластика в течение 10 дней.

Список интернет-источников:

- [1] <https://ria.ru/20151001/1294709265.html>
- [2] <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/novosti-nauki/lichinki-hruschaka-i-ognevki-mogut-pomoch-reshit-problemu-utilizacii-plastika.html>
- [3] <https://cmtscience.ru/article/lichinki-bol-shoy-voskovoy-moli-pozhirayut-plastik?ysclid=lbrz6av15v266329060>
- [4] <https://vc.ru/offline/281377-samy-ekologichnyy-startap-zhuchinye-boksy-dlya-pererabotki-plastika-doma-i-v-ofise?ysclid=lbs003b810709315780>
- [5] <https://ecosphere.press/2021/04/24/plastik-sposobny-poedat-zhuki-i-tarakany/?ysclid=lbrzrsgnj638280882>
- [6] https://ru.wikipedia.org/wiki/Zophobas_morio
- [7] <https://animalsworld.fandom.com/ru/wiki/%D0%97%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D1%81>
- [8] <http://drosophila.ru/zophobas-morio/>
- [9] <https://x2-group.ru/%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F/>
- [10] <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1274453?ysclid=lbmm0bs9vt671677419>
- [11] <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1752583?ysclid=lbmm3opc49414861147>
- [12] https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D1%91%D0%B2%D0%BA%D0%B0
- [13] <https://zooclub.org.ua/tarakanoobraznye/15367-mramornyj-tarakan.html?ysclid=lbmm7kruua241589708>
- [14] <https://recyclingprom.ru/info/utilizatsiya-i-pererabotka-plastikovyh-otvodov/?ysclid=lbmn25min9240930137>

Рецензия на исследовательскую работу
ученика 7В класса МБОУ СОШ № 59 г. Пензы

Есина Тимофея

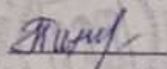
Для работы была выбрана тема «Изучение способности *Zophobas morio* перерабатывать пластиковые отходы»

В 21 веке проблема загрязнения окружающей среды отходами различных видов пластика является одной из наиболее важных экологических проблем. По разным источникам на сегодняшний день пластиковая продукция составляет до 40% объёма всех бытовых отходов. Ранее эта проблема не стояла так остро, т.к. практически все продукты упаковывались в бумагу или стекло. Сейчас же на полках магазинов мы видим красочную упаковку: различные пакеты, пленки и бутылки. Да, это эстетично и радует глаз. Но съев содержимое упаковки необходимо как-то переработать эти пластиковые отходы?

Исследовательская работа структурно выстроена правильно, логична, четко сформулированы цель и задачи, присутствуют моменты исследования научного характера и заключение по работе. Прослеживается логическая связь между частями работы, отличается завершённостью. Автором использованы общенаучные термины. Обучающимся исследован материал, выходящий за рамки школьной программы, сопровождается самостоятельно найденными выкладками иллюстративного характера. Содержание отвечает выбранной теме, которая раскрыта достаточно, учитывая возраст автора работы.

Работа отвечает выбранной теме, может использоваться в качестве обзорного факультативного материала на уроках биологии и для проведения внеурочных занятий.

В работе обучающийся проявил исследовательские качества, самостоятельность в изучении большого объема специализированной информации, компьютерную грамотность в оформлении и создании презентации к защите.

Рецензент:  Т.Н. Тихомирова, заместитель директора по УВР
МБОУ СОШ № 59 г. Пензы

