

**Региональный этап**

**Всероссийского конкурса юных исследователей окружающей среды в 2024 году**

**Номинация «Обращение с отходами»**

**Тема: переработка пластика мучным хрущом**

**Учреждение:** МАУ ДО «ДТДМ» г. Магнитогорска, 10  
класс

**Автор работы:** Зайцева Яна Владимировна

**Научный руководитель:** Наумова Наталья Аугустиновна,  
педагог дополнительного образования,  
МАУ ДО «ДТДМ» г. Магнитогорска

Магнитогорск 2024

## Оглавление

Введение.....	3
Глава I Обзор литературы.....	4
1.1. Загрязнение почвы.....	4
1.2. Способы утилизации и переработки пластика .....	6
1.4. Биологические методы борьбы с пластиком .....	9
Глава II Практическая часть .....	11
2.1. Описание места исследования .....	11
2.2. Ход эксперимента.....	12
2.3. Макет предприятия по переработке пластика мучным хрущом. ....	16
Глава III Выводы.....	18
Источники. ....	18
Приложение. ....	19

## **Введение.**

Одной из главных проблем настоящего времени является проблема загрязнения окружающей среды. Из-за различного рода загрязнений в мире погибают множество животных, растений, рыб и кораллов, а в океанах образуются мусорные пятна. Самое большое такое пятно находится в тихом океане, и, по оценкам, его площадь варьируется от 700 тысяч до 15 миллионов квадратных метров. Для сравнения площадь США около 10 миллионов квадратных метров. Пластик является трудно перерабатываемым видом отходов, и ежегодно 100 миллионов различных пластмасс становится мусором, а процесс его переработки в природе достигает нескольких сотен лет. Во многих городах России, и у нас в городе тоже, построены мусороперерабатывающие заводы, но на заводах перерабатывают только тот мусор, который специально привозят. Для переработки пластика его необходимо сортировать, так как различные виды пластика нельзя перерабатывать вместе, а также сложность некоторых видов или дороговизна некоторых способов переработки пластмасс, привели к тому, что учёные по всему миру искали новые способы переработки. Их открытием стало то, что некоторые микроорганизмы, насекомые и грибки могут перерабатывать пластмассы. Мы тоже решили опробовать биологический метод борьбы с пластиком.

Цель нашей работы выяснить, могут ли личинки мучного хрущака перерабатывать пластмассы.

Задачи:

1. Найти в литературе материал о видах пластика и его переработке.
2. Изучить биологические способы борьбы с мусором.
3. Изучить особенности содержания мучного хруща.
4. Провести эксперимент по утилизации пластика биологическим методом, используя личинок мучника.
5. Сделать выводы и разработать рекомендации.

Методы: теоретический, фотографирования, математический, сравнение, наблюдение, обобщения.

Объект исследования: пластик

Предмет исследования: переработка пластика мучным хрущом.

Место проведения исследования: Центр экологического воспитания г.Магнитогорск.

Время проведения работы: декабрь 2022 – январь 2024

Актуальность: с каждым годом на планете все более остро стоит проблема с разными видами мусора, площади свалок только увеличиваются, искусственные материалы для разного вида упаковок засоряют планету, принося гибель животным и растениям. За биологическими методами переработки мусора стоит спасение нашей планеты.

Практическая значимость: наша работа поможет найти решение проблемам мусора в городе в будущем.

Гипотеза: мы думаем, что для переработки пластика мучнику потребуется несколько месяцев.

## **Глава I Обзор литературы.**

### **1.1. Загрязнение почвы.**

Почва – это невозобновляемый ресурс, т.е. в случае утраты или деградации ее невозможно восстановить в срок, сопоставимый с продолжительностью человеческой жизни. Состояние почв оказывает влияние на пищу, которую мы едим, воду, которую мы пьем, воздух, которым мы дышим, на наше здоровье и на здоровье всего живого на Земле. Без здоровых почв мы не сможем выращивать продовольствие. Ведь, по оценкам, 95 процентов того, что мы едим, прямо или косвенно производится на почвах. Здоровые почвы –

это ключевой фактор продовольственной безопасности и залог нашего устойчивого будущего. Они помогают поддерживать производство продовольствия, способствуют смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним, они участвуют в процессе фильтрации воды, повышают устойчивость к наводнениям и засухам и еще многое, многое другое. Но существует невидимая угроза, которая ставит под удар и почвы, и все то, что они могут дать.

Загрязнение почвы вызывает цепную реакцию. Оно сказывается на почвенном биоразнообразии, снижает запасы органического вещества почвы, ее фильтрующую способность, грунтовых вод, нарушается баланс питательных веществ в почве. К числу наиболее распространенных загрязнителей относятся тяжелые металлы, стойкие органические загрязнители и новые материалы, из сфер фармацевтики, гигиены и пищевой промышленности.

Загрязнение почвы разрушительно для окружающей среды и влечет негативные последствия для всех форм жизни, которые с ним сталкиваются. Неустойчивые методы ведения сельского хозяйства, сокращающие запасы органического вещества почвы, могут способствовать переносу загрязнителей в пищевую цепь. Так, например, из загрязненной почвы загрязнители могут попасть в грунтовые воды; затем они накапливаются в тканях растений и передаются пастбищным животным, птицам и, наконец, людям, которые эти растения и животных едят. Загрязняющие вещества в почве, грунтовых водах и пищевой цепи могут вызывать целый ряд болезней и повышенную смертность у людей; это могут быть как острые последствия краткосрочного характера – например, различные виды интоксикаций или диарея, – так и хронические заболевания, в том числе онкологические.

Помимо воздействия на окружающую среду загрязнение почв сопряжено с высокими экономическими издержками, обусловленными снижением урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Предотвращение

загрязнения почв должно быть одной из приоритетных задач во всем мире. Подавляющее большинство загрязняющих веществ является результатом деятельности человека, поэтому мы несем прямую ответственность за то, чтобы изменить ситуацию, обеспечив сокращение масштабов загрязнения и безопасное будущее нашей планеты.[1]

## **1.2. Способы утилизации и переработки пластика**

1) С помощью пиролиза. При этом способе обработки пластмассы под воздействием высоких температур обрабатываются в специальных камерах без доступа кислорода. Продуктом такого процесса становится газ, тепловая энергия и мазут. Пиролиз считается очень эффективным методом переработки, но при этом очень дорогим, т.к. требуется дорогое оборудование.

2) Отдельная разновидность — многоконтурный пиролиз. При высокой температуре (свыше 600° С) в бескислородной среде пластик плавится, а затем подается в многоконтурную систему циркуляции. Это позволяет очистить пластмассу от ядовитых веществ и получить более чистое топливо.

3) С помощью гидролиза. В вакуумных резервуарах мелкий лом пластмассы расщепляется под воздействием воды, растворов кислот и высокой температуры. Это энергозатратный метод, и окупается он только при больших масштабах переработки.

4) С помощью двухатомных спиртов. Подвид гидролиза, при котором используется этиленгликоль и более высокие температуры. Также для минимизации времени химических реакций используются катализаторы. Малотребователен к исходному сырью, но получаемый пластик не годится для пищевого использования.

5) С помощью метанолиза. Самый популярный способ термопереработки. В резервуарах с высокими температурами пластмассы расщепляются при

помощи метанола. Такой способ тоже годится только для крупных масштабов переработки, но он взрывоопасен.

б) С помощью механической обработки. Пластик сначала сортируют, потом он отправляется на предварительное измельчение, промывку и сушку. Полученные фрагменты плавят и либо разливают по формам прямо на месте, либо измельчают в гранулы, которые используются как сырьё на других производствах.[2]

### 1.3. Проблема переработки

Все виды пластика можно перерабатывать, но некоторые из видов трудно переработать, в следствие чего они могут не перерабатываются в большинстве стран, из-за отсутствия нужных заводов.

В России свалки занимают площадь в 4 миллиона гектаров, а ежегодно она увеличивается на 400 тысяч гектаров. Но хоть это свалки для всех твёрдых бытовых отходов, количество перерабатываемого пластика мало: полиэтилена перерабатывается 20%, полипропилена – 17%, поливинилхлорида – 12%, термопластика –12%, в 2018 году перерабатывалось не более 4% от всего пластика. [2]

Таблица 1

#### *Виды пластика*

Обозначение группы	Вид пластика	В чём используется	Переработка
1	ПЭТ (полиэтилентерефталат)	Бутылки из-под газированных напитков, сока, молока	Перерабатывается в России

2	ПНД (полиэтилен низкого давления)	Упаковки от шампуня, геля для душа, моющих средств	Перераб атывается в России
3	ПВХ (поливинилхлор ид)	Контейнеры и плёнка для пищевых продуктов	Не перерабатывае тся в России, при сжигании выделяет яды
4	ПВД (полиэтилен высокого давления)	Пластиковые пакеты, многоцветные сумки, бутылки от моющих средств	Перераб атывается в России
5	ПП (полипропилен)	Контейнеры для пищевых продуктов, многоцветная пластиковая посуда, лотки в холодильниках	Может быть переработан, но переработка дорогая
6	ПС (полистирол)	Лотки и контейнеры для пищевых продуктов, одноразовая посуда, стаканчики из-под йогуртов, упаковки для яиц,	Может быть переработан, но переработка дорогая

		аудиокассеты и коробки для CD-дисков	
7	Прочие виды	Буылки для кулера и детские бутылочки из поликарбоната, любые изделия из биоразлагаемых пластиков	Не перерабатывается в России

#### 1.4. Биологические методы борьбы с пластиком

Для переработки пластика его необходимо сортировать, так как различные виды пластика нельзя перерабатывать вместе, а также сложность некоторых видов или дороговизна некоторых способов переработки пластмасс, привели к тому, что учёные по всему миру искали новые способы переработки. Их открытием стало то, что некоторые микроорганизмы, насекомые и грибки могут перерабатывать пластмассы.

Бактерии *Ideonellasakaiensis* пожирают полиэтилен PET в качестве основного источника энергии и в результате деятельности вырабатывают ферменты способные разрушать структуру пластмасс. Эти бактерии способны расти при pH 5,5—9,0 (оптимальные значения pH 7—7,5) и температуре 15—42 °C (оптимальная температура 30—37 °C). Под действием бактериальных ферментов плёнка из ПЭТ значительно разрушалась и полностью разлагалась через 6 недель при температуре 30 °C.

Из насекомых перерабатывать пластик способны мучные черви (*Tenebrionolitor*), Мучные черви около половины съеденного полистирола выделяют в виде крошечных фрагментов, а другую половину – в виде

углекислого газа. Весь HBCD покидает их организм за 48 часов, и черви будут оставаться столь же здоровыми, как и их собратья, питавшиеся обычной пищей. Полистирол – распространенный пластик, который используется для производства множества вещей от одноразовой посуды до потолочной плитки. При этом полистирол часто содержит огнезащитный состав под названием гексабромциклододекан (HBCD), который часто используют для улучшения производственных свойств пластмасс и снижения воспламеняемости. Считается, что HBCD обладает нейротоксичностью и способен вызывать эндокринные нарушения.

Личинки большой восковой моли (*Galleriamellonella*) сто таких личинок могут справиться с 92 миллиграммами полиэтилена за 12 часов, личинки индийских амбарных огнёвок (*Plodiainterpunctella*).

Грибок *Aspergillustubingensis* способен разрушать химические связи полиуретана, наиболее эффективно он работал в желеобразной питательной среде из агар-агара, но и в почве он неплохо справлялся с задачей. А грибки *Aspergillusnomius* и *Trichodermaviride* смогли уничтожить низкоплотный полиэтилен, который часто используют в производстве пластиковых пакетов. Но недостаток этого метода в том, что нужные реакции идут медленно, за 45 дней грибок съел лишь 5–7 % пластиковых образцов. *Pestalotiopsismicrospora* перерабатывают полиуретан, превращая в органическое вещество, разлагающееся в естественных условиях. Сами же грибы, как и продукты их жизнедеятельности, совершенно безопасны для человека. Они способны жить без кислорода, а это значит, что такие грибы - идеальный ликвидатор свалок и их можно будет даже развести на дне мусорных баков. [3]

## Глава II Практическая часть

### 2.1. Описание места исследования

Исследование проводилось на базе Центр экологического воспитания, по адресу город Магнитогорск проспект Ленина 74/1.

В центре экологического воспитания разводят мучного хруща, как кормовую культуру для насекомыхядных животных.

Мучной хрущ (хрущак)[Приложение рис.2]

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

Жуки достигают 12—18 мм в длину. Тело довольно плоское, боковые стороны почти параллельны. Сверху жук чёрно-бурый, со слабым жирным блеском, снизу красноватый.

Личинка длиной до 2,5 см и более, голая, буровато-жёлтая, цилиндрическая, безглазая, с тремя парами грудных ножек, каждая ножка с коготком; усики 4-членистые, верхние челюсти на вершине раздвоенные. Куколка белая, нежная, с двумя роговыми шипиками на заднем кольце; брюшные кольца вытягиваются по бокам в четырёхугольные, буроватые выступы.

Встречаются чаще всего в закромах мучных складов, пекарнях, на мельницах. Самка откладывает 150—200 белых яиц. Развивающиеся личинки питаются хлебными зёрнами, мукой, отрубями и печеным хлебом. Эти же личинки способны кормиться и животными веществами: сухими трупами мышей, птиц, остатками перьев и т. д.; их также находят в голубятнях и в гнёздах воробьёв. Помимо мучных изделий и зерна поедают крахмал, семена огородных культур, сушёные фрукты и сушёное мясо, ткани и шерсть.

Развитие личинок, в течение которого они четыре раза линяют, продолжается около года; окукливаются без кокона, в устраиваемых ими пещерках. Жуки появляются в июле и августе, летают вечером и ночью, охотно летят на огонь.[4]

Для разведения мучного хруща стоят контейнеры в подвале в самом теплом и темном кабинете. Контейнеры, в количестве 7 штук располагаются на специальной подставке. На верхней полке стоят 4 контейнера, на средней три контейнера, и один на полу.

Содержат мучного хруща на подстилке, обычно это опил сосновый. Кормят один раз в неделю, комбикормами ПК 4 (это корм для молодняка кур несушек, который по составу подходит для большинства животных центра экологического воспитания и представляет собой смесь измельченного зерна с питательными добавками), зерновым кормом, иногда геркулесом. На подстилку насыпают сухой корм, сверху укладывают полиэтиленовую пленку, в которой проделаны небольшие отверстия, на пленку влажные корма: тонко порезанный картофель, морковь, капуста белокочанная. Эти продукты служат одновременно и кормом, и источником влаги. На влажные корма сверху укладывают влажную ткань, которую смачивают 3 раза в неделю. Полиэтилен служит барьером, не позволяя подстилке впитать слишком большое количество влаги, что может стать причиной гибели личинок хруща.

## **2.2. Ход эксперимента.**

Наша исследовательская работа будет состоять из трех этапов.

Первый этап – утилизация полиэтилена мучным хрущом с дополнительной подкормкой насекомых обычными кормами 1 раз в неделю.

Второй этап – утилизация полиэтилена мучным хрущом с подкормкой насекомых только влажными кормами (овощами).

Третий этап –Проверка продуктов жизнедеятельности мучного хрущака после переработки полиэтилена в качестве удобрения для культурных растений на примере овса посевного, огурцов, салата листового.

### 2.2.1. Первый этап – март 2023 – октябрь 2023

Для нашего эксперимента мы решили в один день одновременно во все контейнеры положить полиэтилен. Мы взяли полиэтиленовые пакеты для хранения продуктов тонкие, полиэтиленовые пакеты для хранения продуктов плотные (ПЭТ), файлы для бумаги А4 тонкие, файлы для бумаги А4 плотные (полипропилен ПП).Каждого вида пакеты на 2 контейнера. В полиэтилене проделали небольшие отверстия иголкой, для того чтобы проходил воздух, то есть для вентиляции.

Весной анализ проводили один раз в неделю, летом и осенью один раз в месяц. Пластик мы фотографировали, описывали повреждения.

Таблица 2

#### *Дневник наблюдения*

Дата	Номер контейнера								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
17.03. 2023	Приготовили пакеты и застелили в контейнеры								Приложение Рис.3
24.03. 2023	Без изменений								
31.03. 2023	Не значительные изменения				Без изменений				
07.04. 2023	Отверстия стали значительн	Отверстия стали больше	Отверстия увеличились незначительно			Без изменени		й	Приложение Рис.4

	о больше, появились новые							
21.04. 2023	Отверстия стали значительн о больше, появились новые		Отверстия стали больше		Без изменений		Без измени й	Прилож ение Рис.5
02.05. 2023	1 см 1,5 см 5 см	6 см 5 см 1 см	3 мм 2мм 1,5 мм	4 мм 3мм 2мм	2 мм 1 мм	2мм 1 мм	Без измени й	
02.06. 2023	2*6 3*6	3,5*5	Поврежден ия до 6 мм в ширину	3мм 21 поврежд ение	19 поврежд ений	Стали незначите льно шире	Прилож ение рис. 6	
	Множестве нные поврежден ия							
04.08. 2023			без видимых изменений					
07.09. 2023	Множестве нные поврежден ия по всей ширине образцов		Появились новые поврежден ия. Множестве нные		Повреждения расположены равномерно по всей ширине образцов, но становятся		Без измени й	Прилож ение рис. 7

		мелкие поврежден ия на нескольких участках образца	незначительно шире				
31.10.2 023	Образцы практическ и утилизиров аны-	Несколько поврежден ий до 7 мм. Появление новых поврежден ий незначител ьного размера	31 поврежд ение, 11 крупных	24 поврежд ения	-	-	Прилож ение рис.8

Выводы: на 14 день появились первые изменения на тонком полиэтилене. Через месяц отверстия на тонких пакетах стали значительно шире, появились новые. На полиэтилене средней толщины отверстия увеличились незначительно. А вот плотный полиэтилен остался без изменений.

### **2.2.2.Второй этап эксперимента ноябрь 2023 – январь 2024**

Для 2 этапа нашего эксперимента мы взяли такие же полиэтиленовые пакеты (пакеты для хранения продуктов тонкие, полиэтиленовые пакеты для хранения продуктов плотные (ПЭТ), файлы для бумаги А4 тонкие, файлы для бумаги А4 плотные (полипропилен ПП)). Каждого вида пакеты на 2 контейнера. В полиэтилене проделали небольшие отверстия иголкой, для того чтобы проходил воздух, то есть для вентиляции.

Анализ проводили один раз в неделю, описывали повреждения. Для контрольной группы мы отвели 2 контейнера с тонким полиэтиленом для хранения продуктов. Хрущака в экспериментальных группах кормили только влажными кормами, в контрольной группе продолжали кормить дополнительно и зерновым кормом.

Выводы: на 10 день появились первые изменения на тонком полиэтилене. Через месяц отверстия на тонких пакетах стали значительно шире, появились новые. На полиэтилене средней толщины отверстия увеличились, но не сильно. А вот плотный полиэтилен остается пока без изменений. Можно сказать, что способы кормления мучного хруща не сильно влияют на скорость переработки пластика его личинками.

### **2.2.3. Третий этап эксперимента – март-апрель 2024**

Посадка растений была проведена 16 марта. Мы выбрали 3 горшка, 1 горшок – грунт для рассады, 2 горшок – субстрат из контейнера с мучником, 3 горшок - субстрат из контейнера с мучником и грунт для рассады 1:1. Посадили во все три горшка овёс, полили и поставили горшки на южное окно. Первые всходы появились через 10 дней в горшке со смесью субстрата и грунта для рассады. Овес взошёл очень густо. Еще через несколько дней появились всходы в горшке с грунтом для рассады. В третьем горшке, где чистый субстрат всходов мы не дождались.

Таким образом, мы видим, что субстрат из-под мучника можно использовать в качестве дополнения к почве для посадки растений. Если использовать измельченный хитиновый покров от взрослых насекомых, это может стать хорошим удобрением.

### **2.3. Макет предприятия по переработке пластика мучным хрущом.**

Мы решили описать, как же может выглядеть предприятие по переработке пластика.

Предприятие по переработке пластмасс мучным червём простое в технологическом плане. Для его функционирования требуется:

- 1) Помещение с комфортной температурой (20 градусов);
- 2) Ёмкости для хранения мучного хруща;
- 3) Машина для сушки

На предприятии будут одновременно протекать несколько групп процессов.

Первая группа связана с утилизацией пластмасс и их можно разбить на следующие действия:

- 1) Привоз пластмасс;
- 2) Хранение;
- 3) Очистка;
- 4) Распределение между контейнерами с хрущакком.

Вторая группа процессов связана с хрущакком. В производстве используются личинки жуков, поэтому необходимо следить за их развитием. Их развитие занимает от 1 до 3 месяцев, поэтому их необходимо обновлять каждый месяц. Задача этой группы процессов их контроль хрущакка, их выведение и замена в контейнерах.

Третья группа процессов связана с завершением утилизации пластмасс. Несмотря на то, что пластик уже уничтожен, после его обработки остаются отходы жизнедеятельности жука, что можно использовать как удобрение. Также остаются личинки возрастом близким к месяцу, так как они скоро могут превратиться в жуков их необходимо обработать. Лучшим вариантом является их высушивание, так в результате мы получаем богатую белком кормовую добавку.

В итоге деятельности предприятия будет не только утилизироваться пластмассы, но и производиться продукты для сельского хозяйства.

### **Глава III Выводы**

1. Всего известно 7 видов пластика, из них в России перерабатывается только 3 вида (ПЭТ, ПНД, ПВД). Остальные виды пластика (ПВХ, ПП, ПС) не перерабатываются, так как это очень дорого.

2. Ученые на настоящий момент нашли только 4 живых организма, которые перерабатывают некоторые виды пластика. Но пока биологическая борьба с пластиком не используется в больших масштабах.

3. В результате проведения эксперимента в течении 11 месяцев, мы выяснили, что полипропилен и пластик группы ПЭТ успешно перерабатываются.

Традиционные методы переработки пластмасс имеют различные минусы: дороговизна, отсутствие универсальности и что самое главное они могут включать процессы, которые тоже могут загрязнять природу, а значит такие методы будут в себя включать дополнительные технологии обработки других отходов. Важным плюсом биологического способа является его простота и отсутствие промежуточных вредных веществ. Поэтому даже не самое эффективное предприятие по переработке пластика живыми организмами будет лучше традиционных методов.

### **Источники.**

#### **Интернет-ресурсы**

1. <https://www.fao.org/fao-stories/article/ru/c/1126980/>(дата обращения 30.01.2023)
2. <https://vtor-othod.ru/plastik/vidy-plastika-dlya-pererabotki/>(дата обращения 30.01.2023).

3. <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1085057040/>[электронный ресурс] CurrentBiology т.27 2017 URL: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(17\)30231-2](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(17)30231-2) (дата обращения 30.01.2023)
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой\\_мучной\\_хрущ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_мучной_хрущ)(дата обращения 10.01.2023)

## Приложение.

Рис. 1 Виды пластика



Рис.2 Мучной хрущ



Рис.3 Начало эксперимента



Рис.4 первые результаты 07.04.2023





Рис.5. Дата наблюдений 21.04.2023.

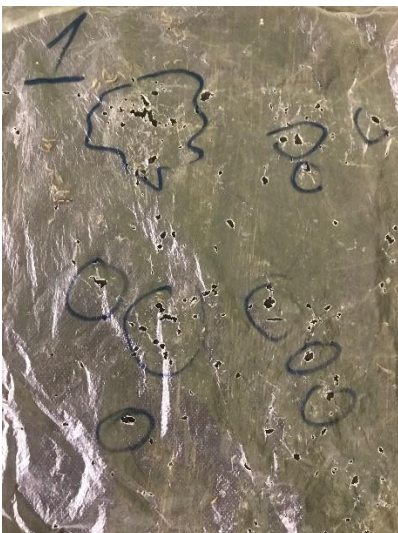




Рис.6 Наблюдения от 02.06.2023

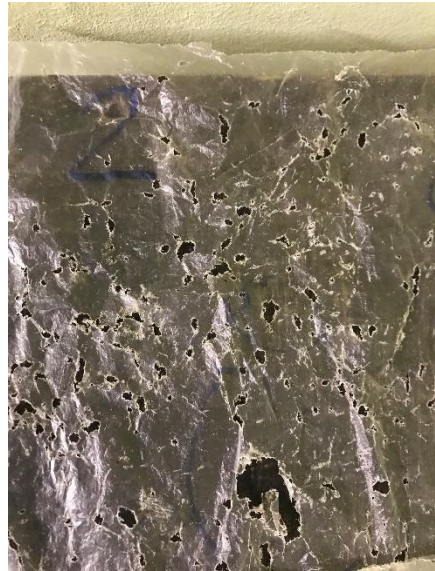




Рис. 7 Наблюдения от 07.09.2023.





Рис.8. Наблюдения от 31.10.2023

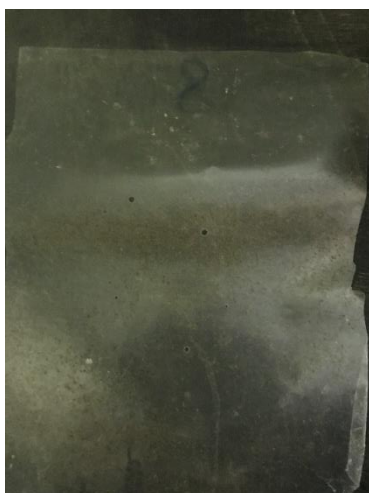


Рис.9 Макет предприятия по переработке пластмасс мучным червем.

План предприятия по переработке  
пластмасс мучным червем

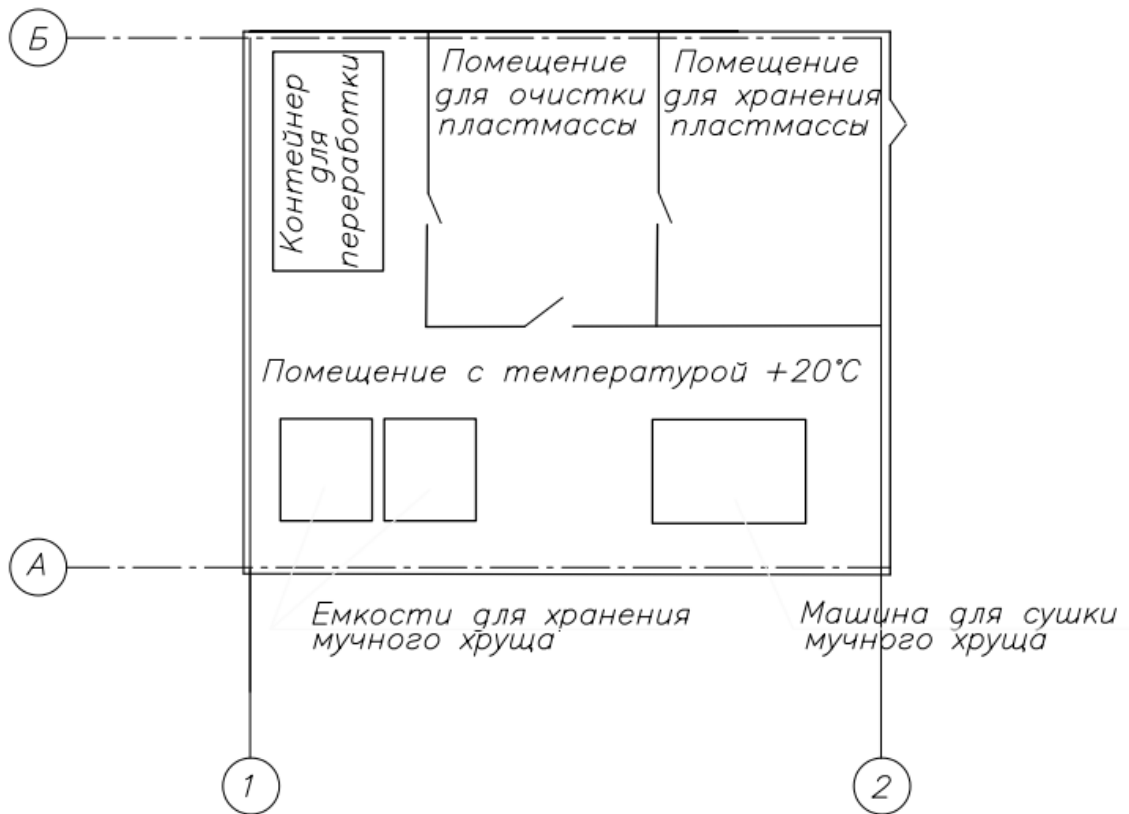


Фото 10 Посадка растений.

