

**Министерство образования Республики Мордовия  
Муниципальное образовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа № 40»**

**Исследовательский проект**

**Переработка ПЭТ бутылок в пластик для 3D печати**

**Автор работы:** Спиридонов Михаил Павлович,  
ученик 11 А класса, МОУ «Средняя  
общеобразовательная школа № 40» г. о. Саранск  
**Руководитель:** Полушкина Мария Ивановна  
учитель биологии МОУ «Средняя  
общеобразовательная школа № 40» г. о. Саранск

**г.о. Саранск, 2022**

## Содержание

Введение .....	3
I. Теоретическая часть	
1.1. Проблема загрязнения окружающей среды пластиком.....	4
1.2. История создания первого предприятия по переработке пластиковых отходов. ....	5
1.3. Виды устройств для переработки пластика .....	5-10
II. Практическая часть	
2.1. Технология представленного мною метода переработки.....	11
2.2. Материалы и методы исследования.....	11
2.3. Методика изготовления .....	11-13
Заключение.....	14
Список литературы .....	15

## Введение

Я давно интересовался темой загрязнения окружающей среды пластиком. В поисках метода решения этой проблемы я нашел способ переработки пластиковых бутылок, путем изготовления вторичного сырья из ПЭТ для 3D-печати. Надеюсь, что данная методика сможет помочь снизить загрязнение окружающей среды.

**Цель** – сокращение загрязнения окружающей среды путем переработки пластиковых отходов.

**Предмет** – экономическая целесообразность переработки ПЭТ бутылок.

**Проблема** – высокая загрязненность окружающей среды пластиковыми отходами.

### **Задачи исследования:**

1. Узнать из литературных и Интернет-источников о разновидностях устройств для переработки ПЭТ бутылок.
2. Изучить процесс переработки пластика.
3. Изучить области применения полученного вторичного материала.
4. Провести эксперимент по переработке ПЭТ бутылок в домашних условиях.
5. Применить изготовленный материал в 3D печати.
6. Оценить полученный результат.

**Гипотеза** – в домашних условиях возможна переработка ПЭТ бутылок во вторсырьё с последующим его применением.

### **Методы исследования:**

- Изучение и анализ литературы, Интернет-источников по теме исследования
- Эксперимент
- Наблюдение
- Обобщение

**Новизна исследовательской работы:** переработка пластиковых бутылок в домашних условиях с минимальными материальными затратами.

**Практическая значимость работы:** экспериментальным путём найти оптимальный способ переработки ПЭТ бутылок.

## I. Теоретическая часть

### 1.1. Проблема загрязнения окружающей среды пластиком

Загрязнение пластиком окружающей среды происходит органично и стихийно. Каждую минуту в мире продается один миллион пластиковых бутылок. У каждого есть упаковка или контейнеры из пластика в ванной, кухне или комнате. Большинство людей используют пластиковые пакеты для упаковки продуктов в повседневных покупках. В глобальном масштабе производятся миллионы тонн мусора. При этом пластик вредит планете и всему живому на ней.

Учитывая, что в настоящее время в океаны ежегодно поступает 8 миллионов тонн пластика, к 2050 году пластик будет доминирующим «видом» в океанах. Невероятно, но 99% морских птиц «едят» пластик. По оценкам, в настоящее время в морях и океанах содержится 51 триллион пластиковых частиц.

Пластик есть везде, в каждом океане, даже в далекой Арктике. В водах Северного Ледовитого океана находится 300 миллиардов кусочков пластика. При этом проблема загрязнения окружающей среды пластиком отображается в следующих фактах:

1. Ежегодно в моря и океаны попадает 8 миллионов тонн пластиковых отходов, из которых 236 000 т составляет микропластик;
2. Загрязнение пластиком мирового океана настолько велико, что на его поверхности уже пять «островов» из пластиковых отходов. Один из них размером с Францию;
3. Каждую минуту в море уходит столько пластика, сколько в одном мусоровозе;
4. За последние 5 лет количество пластика в морях и океанах увеличилось в 10 раз;
5. В 2014 году массовое соотношение пластика в морях к рыбе уже составляло 1:5;
6. Что касается объема, то к 2050 году в морях и океанах будет больше пластика, чем рыбы;
7. Пластик буквально повсюду, ведь его находили даже на глубине 11 км (есть и на Эвересте);
8. Многие морские организмы не могут отличить пластиковый мусор от еды. Те, кто их ест, умирают, потому что не могут переваривать пластик;
9. Риск заболевания коралловых рифов увеличивается с 4% до 89% после контакта с пластиком в морских водах;
10. Вблизи Большого Тихоокеанского мусорного полигона морские организмы едят больше пластика, чем естественной пищи;
11. Многие виды рыб, которые употребляются людьми в пищу, содержат непереваренный микропластик;
12. Микропластик также обнаружен в человеческих фекалиях;

13. До 90% загрязнения моря пластиком происходит всего из 10 рек, 8 из которых – в Азии;
14. В общей сложности в мире уже произведено более 8,3 млрд. т тонн различных видов пластмасс. Из них 6,3 млрд. т в настоящее время составляют пластиковые отходы.

Во всем мире только 9% пластикового мусора перерабатывается, а 12% проходят через мусоросжигательные заводы. Подавляющее большинство попадает на свалки или, что еще хуже, прямо в окружающую среду. Некоторые пластмассы обладают токсическими свойствами. Если они попадают в организм животных, то могут нарушить нормальное функционирование гормонов. И даже если материал не токсичен, он действует как магнит, притягивая другие токсины и загрязнители, попавшие в океан, почву, организмы. Поэтому необходимо искать пути решения проблемы загрязнения окружающей среды.

## **1.2. История создания первого предприятия по переработке пластиковых отходов**

Первый завод по переработке пластиковых отходов был создан в Коншохокене, штат Пенсильвания, в 1972 году, и стал образцом для всех будущих заводов по переработке. Со временем правительственные программы и активисты-экологи начали обучать людей привычкам утилизации и вынудили производителей изготавливать пластик, который было легче утилизировать. Эти усилия окупились с использованием в 1980-х годах пластика ПВД и полиэтилентерефталата, которые были разработаны в процессе вторичной переработки.

Это было примерно в то же время, когда крупные города по всей Америке начали создавать собственные программы утилизации. В 1984 году по всей стране было собрано 100 миллионов фунтов пластика, что стало важной вехой в истории переработки пластика.

В 1988 году был принят треугольный символ с замкнутым контуром для обозначения пластиковой смолы в упаковке, который быстро стал популярным символом для переработки. По мере того, как 20-й век заканчивался, все больше усилий производителей и потребителей помогли переработке отходов стать центральной частью всемирной культуры.

## **1.3. Виды устройств для переработки пластика** **Краткий обзор оборудования**

Процесс по переработке пластика в небольшие шарики/цилиндры для повторного использования (литья пластиковой садовой мебели, овощных ящиков, труб, непищевых пленок и т. д.) состоит из нескольких этапов. Отсюда составляется список оборудования для утилизации пластика, различающийся по назначению. Бутылки и другой материал проходят следующие стадии:

1. Измельчение на фракции.

2. Отсеивание мусора на вибрирующих ситах.
3. Мокрое очищение от грязи и клея (наклеек) в центрифуге.
4. Высушивание горячим воздухом.
5. Разделение материала по плотности на несколько групп.
6. Нагрев до температуры плавления.
7. Литье тонких прутьев.
8. Порезка ПЭТ на короткие бочонки, образующие гранулы.

Чтобы пройти полный процесс, нужна целая линия оборудования по переработке. Она состоит из: дробилок, центрифужных линии мойки/сушки с виброситом, сепараторных установок, агломераторов, грануляторов. Между собой каждая группа аппаратов отличается по принципу работы, воздействию на материал.

### **Дробилки и шредеры**

В промышленности так называются аппараты, разламывающие ПЭТ на небольшие кусочки. Станок справляется с бутылками, канистрами, пластиковыми ящиками, толщина стенок которого достигает 2 см. Благодаря измельчению на части, бутылки, емкости, каркасы из пластика занимают меньше места на линии и проще обрабатываются.



Рис.1 Ударные

Аппарат имеет прямоугольную воронку для подачи пластмассы под утилизацию. В работе применяются вращающиеся молотки. На неподвижной части емкости есть выступы, создающие дополнительное сопротивление. На высокой скорости молотки разбивают бутылки ПЭТ, а измельченные куски падают вниз и подаются дальше по линии. Процесс происходит за счет электродвигателя и жесткого или ременного привода, передающего крутящий момент на ударный механизм. Мощность влияет на

производительность — оборудование способно перемолотить от 30 до 550 тонн полимеров в час. При выборе учитывают способность дробить материалы с определенной прочностью на сжатие — обычно до 320 МПа достаточно.

### Роторные

Для утилизации ПЭТ и переработки под вторичное использование задействуется ротор с ножами. Неподвижная часть барабана снабжена упорами-отражателями, задерживающими материал для разрезания движущимися лезвиями. Измельчение ведется на высокой скорости. Снизу станка предусмотрена фильтровальная сетка, чтобы на линию подавались только элементы определенного размера. Все крупное содержимое остается в барабане для дальнейшей порезки.



Рис.2 Конусные

Переработка проходит между двумя конусами, заходящими друг в друга. Одна сторона статична, а вторая — совершает круговые покачивания и движется вверх-вниз. Действие последовательно разрушает бутылки и прочий ПЭТ, передавая крошку в накопитель. Конструкция уникальна самоочищением. Как только крошка достигает размера 10-20 мм, она продавливается движущимся конусом дальше на конвейер. Шнеки не нужны. При выборе оборудования смотрят на производительность от 12 до 1814 м куб./ч. Габариты загружаемых фракций допустимы до 314 мм. В движение рабочий узел приводится при помощи электродвигателя или гидравлических цилиндров.



Рис. 3 Щековые

Оборудование имеет две металлические щеки, трущиеся друг об друга. При сведении сторон, ПЭТ сдавливается и дробится. Крупные фрагменты остаются в бункере до тех пор, пока не достигнут размера 10-30 мм (устанавливается оператором), отправляясь на новый цикл. Двигутся щеки благодаря мощному электродвигателю и двум колесам, создающим инерционную силу для сведения. По характеристикам дробилки различаются по величине загружаемого сырья с размерами от 120 до 1000 мм.



Рис. 4 Линии мойки

Бутылки и остальной ПЭТ, поступающий на утилизацию, содержит на себе грязь, наклейки, следы клея. Эти вещества вредят технике, поэтому измельченное сырье моют и высушивают. Это происходит на целой линии станков и переходов:

1. Вибрирующее сито отсеивает крупный мусор и инородные фракции. Используется для предварительного разделения поступающей массы. Процесс возможен в несколько ступеней на "полках", расположенных каскадом. Пропускающее значение ячеек можно установить от 10x10 до

60x60 мм. Движение происходит благодаря амортизационным пружинам и электрическим моторам.

2. Горячий поток воды удаляет бумагу, клей. Для этого в емкость добавляются химические средства, ускоряющие отслоение.
3. На фрикционной мойке материал раскручивается до скорости 1000 об/мин и обрабатывается потоком воды. За счет гидроудара происходит окончательное отделение примесей от ПЭТ.
4. Во флотационной камере проводится процесс сепарации, разделяющий материалы по плотности.
5. Душевая кабина выполняет последнюю мойку полимера.
6. Центробежная сушилка рассеивает капли воды, стекающей по желобу.
7. Пластик обрабатывается горячим воздухом до полного высыхания.

Линия бывает в комплексе или собирается по-отдельности. Вибросито для предварительного отсеивания мусора может быть одноступенчатым (только один размер фракций отбирает) или двух-трех ступенчатым (разбирает массу на крошки разного калибра).

### **Сепараторы**

Оборудование задействуется для разделения пластика по плотности и другим свойствам, чтобы сгруппировать материалы с одинаковыми характеристиками. Принцип один из трех:

- Фотометрическое разделение. Установлены сенсоры и электромагнитные излучатели, а сортировка происходит на основе оптических свойств полимеров.
- Электростатическая сепарация. Содержимое емкости перемешивается на высокой скорости. Пластмасса трется друг о друга и стенки резервуара, получая статический заряд электричества. Сепарация происходит по величине заряда.

Флотационное разделение. Ванну с водой насыщают воздухом. В нее подаются частицы пластика. Более плотный материал тонет, а более легкий остается на поверхности. Габариты ванны достигают 10 м, поэтому требуется просторное место под установку. Но использование флотационного метода лучше других помогает удалить остатки бумаги или ПВХ включения, содержащиеся на бутылках (колечки от крышек).

### **Агломераторы**

Оборудование нагревает пластмассу до температуры плавления за счет трения материала о стенки. Содержимое становится похоже на кашу по консистенции. Затем оператор подает шокую воду, а за счет центробежной силы происходит разделение массы на шарики неправильной формы. Аппарат используется для переработки тонкостенного пластика, пленок, бутылок.



Рис. 5 Сепараторы

### **Грануляторы**

Станок действует по принципу экструзии. Материал разогревается в цилиндре экструдера и продвигается шнеком по каскаду. Ведется процесс плавления. Жидкая пластмасса продавливается через фильеру — решетчатую вставку с отверстиями. Масса обретает форму нитей. Вещество охлаждается холодной водой, режется на продолговатые цилиндры в стренгорезке. Сформированная крошка подается в бункер, откуда засыпается в емкости для транспортировки или хранения.

## **II. Практическая часть**

### **2.1. Технология представленного мною метода переработки**

Пластиковые бутылки я перерабатывал следующим способом:

- 1) Нарезаю бутылкорезом из бутылок, найденных на улице, ПЭТ ленту шириной 7 мм.
- 2) Поменяв родное сопло 3D принтера на самодельное, заправляю полученную ленту в экструдер и включаю его нагрев до 230 градусов Цельсия.
- 3) Начинаю протяжку ПЭТ ленты через экструдер, получая пригодный для печати 3D принтером пластиковый пруток диаметром 1.8 мм.
- 4) Печатаю полученным филаментом пластиковые изделия.

### **2.2. Материалы и методы исследования**

Для начала я собрал пустые ПЭТ бутылки на улице, отмыл и подготовил их к переработке, отклеив этикетки.

Чтобы перерабатывать пластиковые бутылки мне понадобился бутылкорез, для создания которого я использовал доступные материалы: фанера, подшипники, гайки, шайбы, болты. Также необходим 3D принтер, который понадобится для изготовления пластикового прутка и печати изделий из него.

### **2.3. Методика изготовления**

Изготовление подшипникового бутылкореза (Рис. 6,7; Видео 1)



Рис. 6



Рис. 7

Видео 1 <https://youtu.be/kWwYfWmHPtY>

Затем я изготовил из болта М6 сопло для экструзии прутка из ПЭТ-ленты, просверлив в нём отверстие диаметром 1.8 мм (Рис. 8,9)



Рис. 8



Рис. 9

Далее я вывернул из экструдера 3D принтера заводское сопло и закрутил самодельное. (Рис. 10,11)

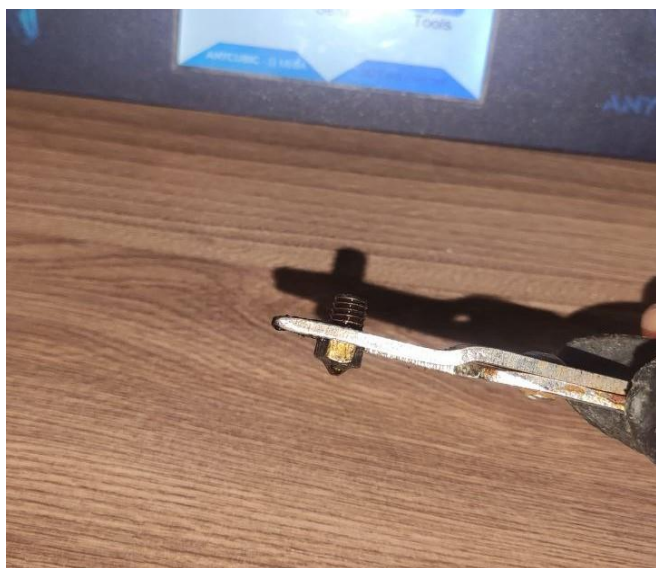


Рис. 10

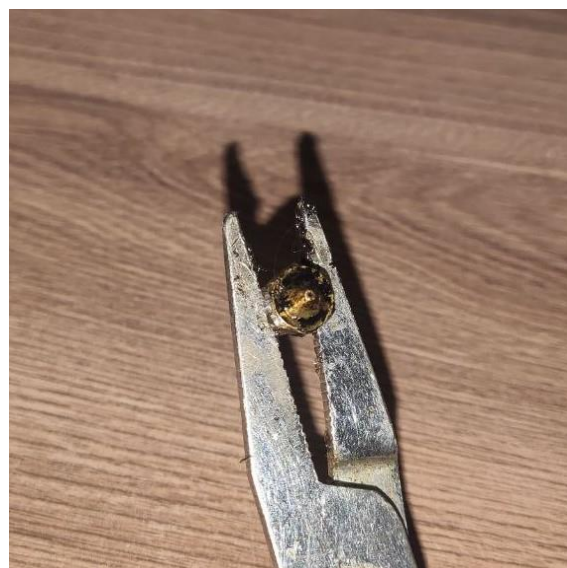


Рис. 11

Затем я заправил подготовленную ПЭТ-ленту в переоборудованный экструдер принтера и начал протяжку филамента. (Рис. 12, 13; Видео 2)



Рис. 12



Рис. 13

Видео 2 <https://www.youtube.com/watch?v=CHYsK5h4kE4>

Полученный пруток пластика (Рис. 14)



Рис. 14



Рис. 15 Игральная кость

Проба печати переработанным пластиком (Рис. 15; Видео 3)

Видео 3 <https://youtu.be/IJROXGQi7yw>

**Общий алгоритм переработки пластика, предложенным мною способом:**

- Изготовить подшипниковый бутылкорез.
- Найти использованные бутылки, нарезать из них ПЭТ-ленту.
- Изготовить сопло для 3d принтера, предназначенное для протяжки филамента.
- Изготовить ПЭТ пруток при помощи разогретого экструдера принтера.
- Распечатать им на 3d принтере пластиковое изделие.

## Заключение

На сегодняшний день проблема загрязнения окружающей среды стоит наиболее остро. Определено наличие огромного количества пластиковых загрязнителей в Мировом океане и на суше. Было установлено, что пластиковые отходы пагубно влияют на окружающую среду, экосистемы, атмосферу. Некоторые виды пластика могут негативно влиять на организмы живых существ при попадании внутрь. Также данный материал разлагается очень долго, тем самым составляя еще большую проблему загрязнения окружающей среды. Я считаю, что необходимо искать пути решения данной ситуации различными способами.

В результате проведенной работы мы узнали из литературных и интернет источников об истории создания первых промышленных линий по переработке пластика, а также о видах современных аппаратов переработки и их устройстве. Далее провели эксперимент по переработке ПЭТ-бутылок в домашних условиях. Успешно испытали данный метод в действии.

Таким образом, моим рационализаторским предложением является использование переработанных пластиковых бутылок в качестве вторичного сырья. Этими действиями можно существенно снизить загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами и удешевить производство новых изделий из пластмассы.

Исследование выявило стремление к проведению экспериментов по переработке пластиковых отходов в домашних условиях. Надеюсь, что предложенный мною метод переработки обретёт популярность среди энтузиастов, желающих помочь окружающей среде, а также школьников, заинтересованных данной тематикой.

### Список литературы

1. Натти С. Рао, Ник Р. Шотт. «Технологические расчеты в переработке пластмасс», 2013.
2. Бен Рэдвуд и др. «3D-печать. Практическое руководство», 2020.
3. Робин Мюррей «Цель - Zero Waste», 2014.
4. С. В. Власов «Основы технологии переработки пластмасс», 2014.
5. А.С. Клинков, П.С. Беляев, М.В. Соколов «Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов», 2015.
6. Дмитрий Горьков «3D-печать с нуля», 2015.
7. Интернет-источники:
  - <https://vyvoz.org/blog/problema-plastika-v-ekologii/>
  - [https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech\\_54494.html](https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_54494.html)
  - <https://3dtoday.ru/blogs/motorist828/freestuff-plastic-2-printed-pet-bottles>
  - <https://habr.com/ru/post/686074/>
  - [https://usamodelkina.ru/21496-kak-sdelat-filament-dlja-3d-pechati-iz-musora-plastikovyh-butylk.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://usamodelkina.ru/21496-kak-sdelat-filament-dlja-3d-pechati-iz-musora-plastikovyh-butylk.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F)
  - <https://modelmen.ru/p3573/filament-dlya-3d-pechati-pet-butylk>
  - <https://3dtoday.ru/blogs/zloygad1/butylkorez-iz-podsipnikov>