

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 1 / 2023, Vol. 10, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/31INOR123.pdf>

DOI: 10.15862/31INOR123 (<https://doi.org/10.15862/31INOR123>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Вершков, А. В. Переработка пластиковых отходов в условиях Красноярского края / А. В. Вершков, М. А. Донская // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/31INOR123.pdf> DOI: 10.15862/31INOR123

**For citation:**

Vershkov A. V., Donskaya M. A. Recycling of plastic waste in the conditions of the Krasnoyarsk Territory. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(1): 31INOR123. Available at: <https://resources.today/PDF/31INOR123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/31INOR123

**Вершков Анатолий Валентинович**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия  
Доцент кафедры «Экспериментальной физики и инновационных технологий»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: [vershkov56@mail.ru](mailto:vershkov56@mail.ru)

**Донская Марина Анатольевна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия

E-mail: [mrndnsk@mail.ru](mailto:mrndnsk@mail.ru)

## Переработка пластиковых отходов в условиях Красноярского края

**Аннотация.** Проведенный в статье анализ ситуации с переработкой пластиковых отходов в Красноярском крае показал его низкую эффективность. Большая часть отходов пластика, из которых 20 % приходится на полиэтилентерефталат (ПЭТ), не перерабатывается и попадает на полигоны. Главная причина — нехватка предприятий, занимающихся полноценной вторичной переработкой. Это усугубляет непростую экологическую обстановку на территории края.

Авторами разработан и представлен проект по переработке пластика исходя из принципов циркулярной экономики. На основании рассмотрения различных способов переработки (физический, химический, термический) авторами выбрана механическая переработка ПЭТ, позволяющая перерабатывать отходы во вторсырье, пригодное для производства новых изделий, например, синтетических волокон. Выбор ПЭТ обусловлен его химической устойчивостью и высокой степенью ударопрочности. Конечным продуктом переработки выбран гранулят (гранулы), как технологичный и качественный вид сырья.

Технология переработки ПЭТ-тары во вторичный гранулят включает в себя этапы сортировки, предварительной подготовки отходов, дробления и мойки, и гранулирования. Достоинства метода: сравнительная простота технологического оформления и отсутствие выбросов вредных веществ.

Авторами проведена оценка полных инвестиционных затрат на проект и рассчитаны ключевые финансовые показатели: чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), индекс прибыльности PI, которые показывают высокую эффективность проекта. Проект может быть крайне привлекателен для инвесторов и рекомендован к внедрению и тиражированию.

В статье также рассчитана точка безубыточности, проведен анализ рисков, построена матрица рисков, предложена стратегия реагирования на риски (стратегия уклонения).

**Ключевые слова:** отходы; пластик; ресурсы; циркулярная экономика; переработка пластика; гранулят; Красноярский край

## Введение

Сложившаяся в Российской Федерации ситуация в области образования, использования, обезвреживания, хранения и захоронения отходов ведет к опасному загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов, значительному экономическому ущербу и представляет реальную угрозу здоровью современных и будущих поколений страны. В России по статистике Росприроднадзора образовалось 48,5 млн твердых коммунальных отходов (ТКО), что составляет около 400 кг отходов на 1 человека в год, причем по прогнозам аналитиков ситуация в последующие годы будет только ухудшаться [1]. Переработке подвергается только 7–8 % собираемых ТКО, остальное направляется на захоронение.

Значительную часть ТКО составляют отходы из пластика. В силу свои физических и химических свойств пластика незаменимы в промышленности. Однако существующие линейные технологии их использования приводит к тому, что большой объем изделий из пластика выбрасывается после однократного использования. Считается, что примерно 80 % из 6,3 млрд тонн пластмасс, произведенных в период с 1950 до 2018 года, было выброшено или сожжено, что представляет собой не только огромную потерю ценных ресурсов, но и мощнейший удар по экологии.

Стратегии минимизации ущерба окружающей среде требует новых технологических подходов, одним из которых является циркулярная экономика, являющаяся альтернативой нынешней линейной экономической модели [2]. Циркулярная экономика пластика направлена на поддержание их максимальной ценности как можно дольше, что требует не только инновационных технических разработок, но и серьезных экономических инвестиций и изменения в сфере законодательства.

## Методы и материалы

Один из методов, используемых в циркулярной экономике, это переработка пластика для получения новых изделий и повторное использование. Специфические использования таких отходов, скрывают за собой богатые запасы сырьевых и энергетических ресурсов, а также значительную экономию сырья первичного (такого как нефть) и электроэнергии.

Большинство пластиковых изделий производится из шести видов пластмасс<sup>1</sup>:

- полиэтилентерефталат (ПЭТ);
- полиэтилен высокой плотности (ПЭВП);
- поливинилхлорид (ПВХ или винил);
- полиэтилен низкой плотности (ПЭНП);
- полипропилен (ПП);
- полистирол (ПС).

---

<sup>1</sup> <https://novpolimernn.ru>.

Современные технологии позволяют осуществлять переработку практически всех видов пластика.

Одним из наиболее перспективных материалов для вторичной переработки является полиэтилентерефталат (ПЭТ). Это обусловлено его податливостью для переработки, безопасностью в сравнении с другими видами пластиковых отходов, более простой и экологичной технологией переработки, не сопровождающейся выделением вредных примесей в окружающую среду. Также данный тип отходов проще всего идентифицировать среди всего мусора.

На данный момент существует три основных метода переработки пластика: физический, химический и термический [3–5].

Самым распространенным из методов физической переработки является легко реализуемая механическая, не требующая дорогостоящего специального оборудования [3]. Она включает в себя пять этапов: сбор отходов, сортировку, измельчение, промывку, расплавление и переработкой в длинные нити (стренги), нарезаемые далее на определенные размеры.

Вторичная переработка является наиболее предпочтительным способом переработки пластмасс, так как при этом сохраняется максимальное количество ценного сырья.

К третичной в переработке, называемой также «сырьевой», относятся все технологии, использующие управляемые химические реакции. Такой подход превращает отходы из пластмасс в ценные запасы нефтехимического сырья или топлива. Восстанавливается большая часть отходов, чем при сжигании.

Химическая переработка — это «расщепление полимера в результате реакции с определенными химическими агентами, что приводит к образованию олигомеров или исходных мономеров, которые идентичны мономерам первичных полимеров, пригодных для чистых однокомпонентных пластиковых отходов, применимых при конденсации полимеров, таких как поликарбонаты, полиамиды, полиэферы и прочее» [4].

Следующий способ переработки — это термический или термическая деполимеризация. Это процесс восстановления отходов пластмассы в легкую нефть. Механизмы термической деструкции полимеров классифицируются по содержанию кислорода на несколько видов: пиролиз, метанолиз и газификация [5].

Четвертичная переработка заключается в сжигании отходов пластика, где он используется в качестве источника энергии для производства пара, а затем электричества. Сжигание весьма эффективно как способ уничтожения больших объемов утилизированных пластиков, однако при этом практически не извлекаются полезные продукты из мусора, а во-вторых, выделяется большее количество токсичных остатков<sup>2</sup>.

### **Анализ рынка полимерных отходов в Красноярском крае**

Количество отходов (1–5 классов опасности), образующихся на территории Красноярского края, согласно отчетам «Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края», около 300 млн тонн в год, из них 1,2 млн тонн — твердые коммунальные отходы (ТКО)<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> <https://ruslom.com/szhigat-pererabotat-ili-zakopat-kuda-det-etot-plastik/>.

<sup>3</sup> <https://krasecology.ru/Storage/Index?guid>.

Приоритетным направлением в области обращения с ТКО считается переход от захоронения к их использованию в качестве вторичного сырья. Несмотря на это, в Красноярском крае в настоящее время полномасштабное использование отходов, в том числе посредством сортировки и переработки ТКО, не организовано. Доля использования ТКО в качестве вторичных ресурсов не превышает 5 % от объема образуемых отходов. Ожидается, что в 2028 году Красноярск и его жители будут производить 400 млн тонн отходов, а к 2033 году их количество вырастет до 412 млн тонн в год. Следовательно, вопрос о переработке отходов для Красноярского края стоит очень остро.

Объем утилизируемых фракций, который может быть после сортировки использован в качестве вторичного сырья, составляет до 50 % от общего количества отходов.

Таким образом, объем не перерабатываемых полимерных материалов в Красноярском крае составляет 26 тыс. тонн.

Основную часть полимерных отходов составляют отходы из полиэтилена — 34 %. На долю ПЭТ-отходов из них приходится 20 %, 17 % — составляют отходы из ламинированной бумаги, 14 % — отходы из поливинилхлорида, 8 % — из полистирола и 7 % из полипропилена. Отсюда рынок ПЭТ-отходов, пригодных для вторичной переработки можно оценить в 5 тыс. тонн в год с дальнейшим ежегодным приростом.

В Красноярском крае переработкой полимерных отходов занимаются около 10 небольших частных предприятий с производительностью не более 10–30 тонн в месяц.

В основном эти предприятия либо сортируют и моют ПЭТ-тару, либо производят ПЭТ-флекс, объем переработанного сырья составляет не более 240 тонн в год с последующей отправкой за пределы региона, поскольку в Красноярском крае глубокой вторичной переработкой ПЭТ занимается только Завод полимерных изделий в Дивногорске (60 км от Красноярска), производящий до 100 тонн различных хозяйственных товаров из переработанного пластика в месяц.

Следовательно, эта ниша свободна и около 4 тыс. тонн ПЭТ-тары попадает на полигоны, так как в Красноярском крае не хватает предприятий, занимающихся полноценной вторичной переработкой. И, в целом, эта отрасль считается перспективной.

### Результаты исследования

На основании анализа ситуации с полимерными отходами в крае был разработан проект по переработке пластика исходя из принципов циркулярной экономики, в основе рамках которого предлагается механическая переработка пластиковых отходов, а именно ПЭТ, позволяющая перерабатывать отходы во вторсырье, пригодное для производства новых изделий, например, синтетических волокон, пластиковой упаковки, хозяйственных товаров, что и предполагает циркулярная экономика пластмасс [5]. Достоинством метода является простота его технологического оформления и экологичность [3].

Выбор ПЭТа обусловлен его химической устойчивостью и высокой степенью ударопрочности, а вторичный материал на его основе достаточно легко поддается переработке и не требует пластификации, достаточно только очистить его от других видов полимеров. Именно ПЭТ-бутылки представляют наибольший интерес для перерабатывающей промышленности, поскольку могут быть полностью переработаны.

Вид конечного продукта зависит от установки по переработке пластика. Наиболее простыми в изготовлении и более рентабельными продуктами являются гранулят (гранулы) и флекс — пластиковые хлопья мелкой фракции, полученные измельчением пластика при переработке.

При установке линий переработки средней и высокой производительности, а также при переработке промышленных отходов ПЭТ целесообразно в качестве конечного продукта получать гранулят, который является более технологичным и качественным видом сырья.

Для изготовления вторичных гранул используются производственный брак и неликвиды, полимерные изделия, бывшие в употреблении (тара и упаковка), а также бытовые и промышленные отходы из пластика.

Гранулы могут иметь форму шара, цилиндра, куба и так далее. Размер полимерной гранулы, как правило, составляет 1,5–5,0 мм и может достигать 25 мм. Помимо размера и формы гранулы могут отличаться по цвету и прозрачности. Наиболее высокую стоимость на рынке имеет прозрачный ПЭТ гранулят, по причине своей универсальности в применении. Цены на вторичный гранулят варьируются от 55 до 85 рублей за 1 кг. В то время, как первичная ПЭТ гранула, полученная химическим путем, имеет стоимость от 100 до 170 рублей за 1 кг.

Технология переработки ПЭТ-тары во вторичный гранулят включает в себя следующие этапы:

### 1. Сортировка отходов и предварительная подготовка.

На этом этапе ПЭТ-тара отделяется от других материалов (бумаги, упаковочных материалов, железа, жёстких пластмасс и т. п.), затем разбирается по цветам (прозрачная, зелёная, голубая, коричневая). Но последний пункт не всегда является обязательным, все зависит от того, какая продукция необходима на выходе.

После чего ПЭТ тара отправляется на ленточном транспортере в этикеткоотделитель, который позволяет отделитель этикетки уже на начальном этапе, что позволяет существенно повысить качество сырья. Затем тара попадает в просеиватель, где удаляются инородные включения такие как: песок, камни и прочее.

### 2. Дробление и мойка.

После первого этапа бутылки попадают в зону моющего дробления, где измельчаются вместе с пробкой и предварительно промываются в холодной воде, в результате чего образуются ПЭТ-хлопья.

Из дробилки измельченные бутылки с водой ссыпаются в шнековую выгрузку, где дополнительно промываются с помощью спрееров и выгружаются в ванну флотации ПЭТ. Загрузочный шнек ванны флотации подает сырье в толщу воды, где происходит разделение на фракции по плотности (ПЭТ тонет, этикетки и пробки всплывают). Плавающая фракция, с помощью потока, создаваемого барабаном, сливается в отдельную емкость, а ПЭТ шнеком выгружается в горячую мойку.

Отмывка хлопьев производится горячим щелочным раствором с применением специального моющего средства. Таким образом ПЭТ-тара очищается от грязи и клея, оставшегося от этикеток.

Из горячей мойки сырье попадает в центрифугу, в которой флекса сушится, а клей и остатки этикетки удаляются через перфорацию под действием центробежной силы. Из центрифуги сырье попадает в аэросепаратор где происходит завершающая стадия отделения ПЭТ-флексы от этикетки.

### 3. Гранулирование.

Отмытые хлопья пневмотранспортом подаются на линию экструзии и гранулирования, где происходит: повторное металлоотделение, предварительный разогрев, экструдирование, дегазация (удаление ацетальдегида и прочих вредных примесей) и фильтрация, измельчение, плавление до 280 градусов Цельсия, а затем вытягивают в нити (стренги). Эти нити осушают и



нарезают на гранулы определённого размера с помощью торцевой резки. Произведенные гранулы после охлаждения и сушки в центрифуге подаются пневмотранспортом в циклон накопитель.

Полученные гранулы упаковываются в «Биг-бэги» (мягкие полипропиленовые контейнеры) и отправляется в крытое отапливаемое и вентилируемое помещение (склад).

Планирование работ по проекту проводилось с учетом резерва времени на такие виды работ, как «получение сырья для вторичной переработки от поставщиков», «отправка на экспертизу полученного ПЭТ-гранулята» и «получение сертификата соответствия».

Оптимальным вариантом для регистрации предприятия по переработке пластика является, на наш взгляд такая организационно-правовая форма, как общество с ограниченной ответственностью (ООО), поскольку осуществляемый вид деятельности соответствует кодам: 38.32.53 (Обработка отходов и лома пластмасс), 38.32.59 (Обработка прочего вторичного неметаллического сырья), 46.77 (Торговля оптовая отходами и ломом) и 46.90 (Торговля оптовая неспециализированная), в соответствии с Общероссийским классификатором видов деятельности. Стоимость регистрации с учетом всех сборов составляет — 14 тысяч рублей, а некоторые банки предлагают это сделать совершенно бесплатно для привлечения новых клиентов.

Переработка пластиковых бутылок возможна только при наличии лицензий и разрешений от таких служб, как «Санитарно-эпидемиологическая служба», «Росприроднадзор» и «Пожарная инспекция». Предполагается, что на получение всей необходимой документации и лицензий потребуется около 200 тысяч рублей и 30 дней времени.

Изучив предложения по продаже коммерческой недвижимости, было обнаружено большое количество свободных помещений, подходящих для размещения производства по переработке ПЭТ со всеми коммуникациями, а именно электричество, водоотведение и отопление. Стоимость продаваемого имущества в регионе составляет в среднем 11 500 рублей за кв. м.

Для производства потребуются следующие площади:

1. Производственная линия — 200 кв. м.
2. Складские площади под сырье для переработки — 100 кв. м.
3. Складские площади под готовую продукцию — 60 кв. м.
4. Офисное помещение с санузлом — 40 кв. м.

Общий объем затрат на приобретение площадей, ремонт и закупку офисного оборудования приведены в таблице 1.

Оборудование для переработки ПЭТ было подобрано исходя из технологии производства, описанной ранее. По результатам исследования как отечественных поставщиков (Станкополимер, Полимех), так и зарубежных (АРК (Италия), Универсал (Китай)) была выбрана фирма Станкополимер. Данное предприятие предлагает отечественное оборудование с гарантийным и пост гарантийным обслуживанием, также у компании в наличии имеются запасные детали на складе, а в случае поломки оборудования на производство может выехать специалист. Еще стоит отметить быстрые сроки поставки и множество положительных отзывов на рынке.

Учитывались также затраты на приобретение спецтехники для вывоза сырья для переработки и транспортного средства для доставки сырья со склада и вывоза готовой продукции из цеха.

Изучив предложения на рынке, предпочтение было отдано мусоровозу фирмы «КАМАЗ» с задней механической загрузкой. Для планируемых объемов подойдет модель «КО-456-20», вместимостью до 5 тонн. Для целей доставки сырья и вывоза готовой продукции подойдет вилочный погрузчик грузоподъемностью 1–1,5 тонн. Изучив предложения на рынке, предпочтение было отдано погрузчику с оптимальными техническими характеристиками «Toyota 7FG».

Заключительным этап — это «Производство пробной партии вторичного ПЭТ-гранулята». В результате пуско-наладочных работ будет произведена пробная партия вторичного ПЭТ-гранулята, который отправится на экспертизу в аккредитованный центр сертификации «Ростест Красноярск» для получения Сертификата соответствия. Стоимость данной услуги составляет примерно 25 000 рублей. После получения данного сертификата можно будет приступить к запуску полноценного производства. Оценка экономической эффективности проводилась с учетом материальных затрат, расходы на оплату труда работников, амортизационные расходы и прочие расходы, связаны с продвижением готовой продукции на рынке и иные накладные расходы, связанные с ее производством и реализацией.

Для расчета материальных затрат был составлен план производства продукции, учитывающий, что на начальном этапе потребуются инвестиции для закупа 250 тонн сырья с мусоросортировочного комплекса. Среднерыночная стоимость сырья, поставляемого с мусоросортировочных комплексов для переработки на сегодняшний день, составляет 20 рублей за 1 кг. Таким образом, тонна сырья с стоит 20 тыс. руб.

В процессе переработки 20 % сырья (этикетки, пробки, мусор) уходит в отходы, которые отправляются на полигон. То есть, из 1 кг ПЭТ-тары на выходе получается 800 гр. готовой продукции — вторичного ПЭТ-гранулята.

### Обсуждение результатов

Основной целью для получения инвестиций является организация и запуск полноценного предприятия по вторичной переработке ПЭТ отходов.

Общий размер инвестиций в проект представлен в таблице 1.

Таблица 1

#### Общий размер инвестиций на проект по переработке пластика

Инвестиционные затраты	Сумма, руб.
Приобретение производственных площадей	4 600 000
Приобретение в лизинг производственной линии с учетом доставки до города и обучения персонала	1 554 770
Приобретение в лизинг мусоровоза	532 000
Приобретение вилочного погрузчика	595 000
Офисная оргтехника	73 400
Проведение строительно-монтажных работ на объекте, включая затраты на строительную бригаду	450 000
Приобретение сеток-контейнеров (12 штук)	96 000
Оборотные средства	5 000 000
Затраты на реализацию проекта	361 200
Затраты на получение лицензий и оформление ООО	214 000
<b>Итого:</b>	<b>13 476 370</b>

Составлено авторами

Следующим этапом для расчета экономической эффективности был произведен расчет ставки дисконтирования по методике Т.Г. Касьяненко [6], который привел к результату 22,5 %.

Ключевые финансовые показатели для оценки инвестиционной привлекательности проекта [7] представлены в таблице 2.

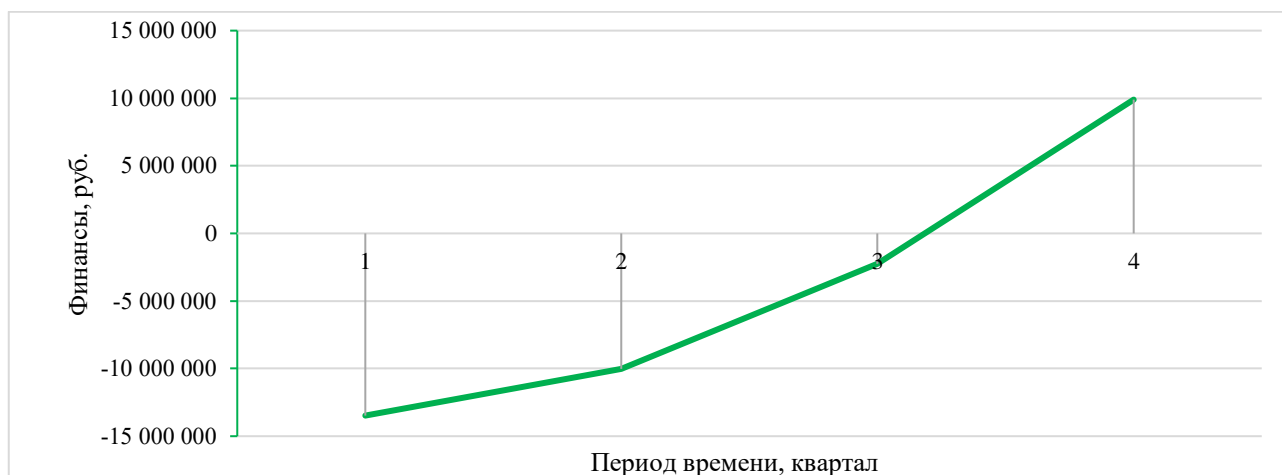
**Таблица 2**

**Ключевые финансовые показатели проекта по переработке пластика**

Показатель	Значение
NPV	81 359 713Р
IRR	229 %
PI	9,68

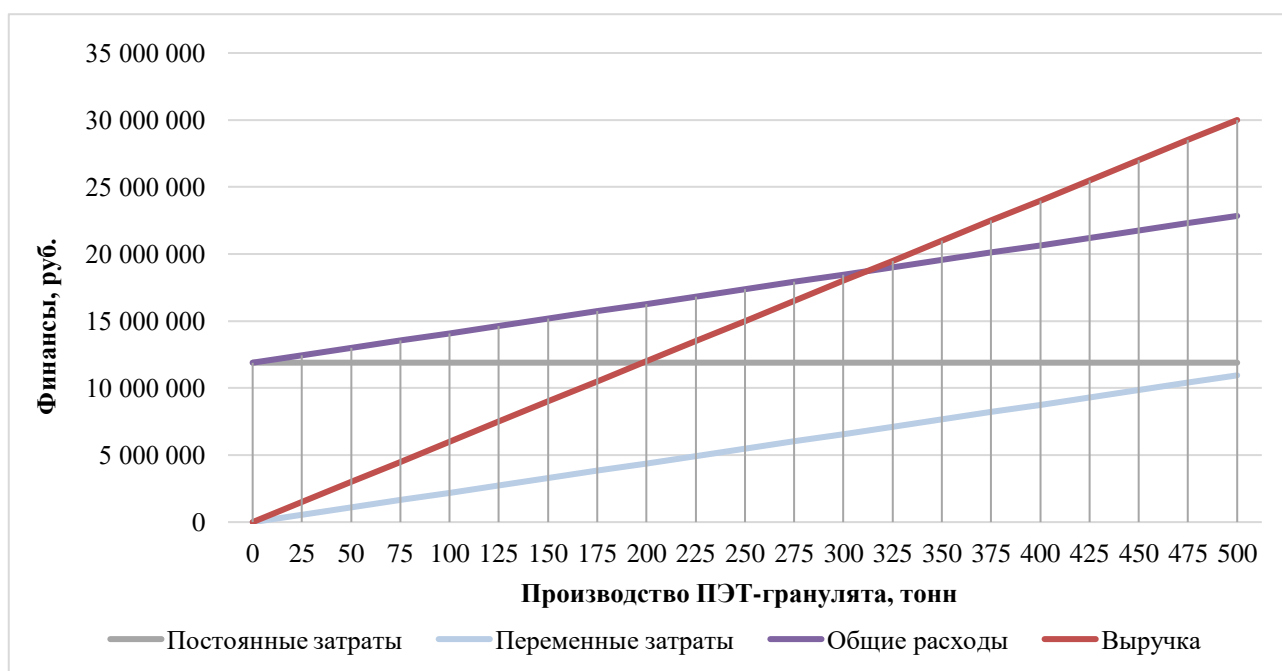
*Составлено авторами*

Исследование накопленного дисконтированного денежного потока (рис. 1), приводит к выводу, что производство выходит на окупаемость уже в третьем квартале с момента начала проекта.



**Рисунок 1.** Срок окупаемости проекта (собственные расчеты авторов)

Точка безубыточного объема продаж [8] (рис. 2) достигается, при производственном объеме равном примерно 325 тоннам.



**Рисунок 2.** Точка безубыточности по проекту (составлен авторами)



Для данного проекта идентифицированы наиболее вероятные риски и составлена матрица рисков [9], приведенная в таблице 3.

Таблица 3

Матрица рисков проекта

		Серьезность последствий (ущерб)		
		низкий	средний	высокий
Вероятность (частота) наступления	высокий	некачественная ручная сортировка сырья для переработки	отсутствие ПЭТ-тары для вторичной переработки	повышение цен на сырье
	средний	временная неработоспособность производственного персонала	низкий спрос на продукцию в регионе	превышение временных сроков при реализации проекта
	низкий	отключение электроэнергии/водоснабжения	низкое качество вторичного ПЭТ гранулята	выход из строя оборудования

Составлено авторами

Для минимизации рисков предлагается применять стратегии реагирования, включающие стратегию уклонения, стратегию снижения, стратегию передачи и стратегию принятия риска [10].

Выводы

Исходя из полученных ключевых финансовых показателей, а именно чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы доходности (IRR) и индекса прибыльности (PI), а также быстрой окупаемости вложенных инвестиций можно прийти к выводу, что данный проект может быть крайне привлекателен для инвесторов и рекомендован к реализации и тиражированию. Реализация проекта поможет уменьшить экологические проблемы города Красноярска и Красноярского края в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилкина, С.В. Управление пластиковыми отходами: российский и зарубежный опыт / С.В. Шилкина // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 1. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/10ECOR122.pdf> DOI: 10.15862/10ECOR122.
2. Мочалова, Л.А. Циркулярная экономика в контексте устойчивого развития / Л.А. Молчанова // Journal of New Economy — 2020. — Т. 21. № 4. — С. 5–27.
3. Петров, А.В. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) / А.В. Петров, М.С. Дориомедов, С.Ю. Скрипачев // Труды ВИАМ. — 2015. — № 8. — С. 62–73.
4. Ишалина, О.В. Анализ методов переработки отходов полиэтилентерефталата / О.В. Ишалина, С.Н. Лакеев, Р.З. Миннигулов, И.О. Майданова // Промышленное производство и использование эластомеров. — 2015. — № 3. — С. 39–48.
5. Куликова, Ю.В., Тукачева К.О. Анализ технологий утилизации полимерных композиционных материалов / Ю.В. Куликова, К.О. Тукачева // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2017. — Вып. 4. — С. 103–120.

6. Касьяненко, Т.Г. О структуре ставки дисконта при оценке венчурных компаний / Т.Г. Касьяненко // Имущественные отношения в российской Федерации. — 2014. — № 12(159). — С. 28–45.
7. Марамыгин, М.С. Коммерческая привлекательность инвестиционных проектов / М.С. Марамыгин, И.В. Феофанов // Известия Уральского государственного экономического университета. — 2006. — № 5(17). — С. 92–98.
8. Абдукаримов, И.Т. Точка безубыточности и маржа безопасности, методика их оценки, рол и значение при планировании прибыли / И.Т. Абдукаримов // Социально-экономические явления и процессы. — 2013. — № 1. — С. 1–8.
9. Васильева, С.Ю. Инвестиционные проекты — основные понятия, оценки рисков проекта / С.Ю. Васильева // Бизнес-образование в экономике знаний. — 2018. — № 2. — С. 9–13.
10. Слепцова, Ю.А. Методы выбора антикризисных управленческих воздействий / Ю.А. Слепцова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2015. — № 6(233) — С. 222–232.

**Vershkov Anatolii Valentinovich**

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: [vershkovefit@gmail.com](mailto:vershkovefit@gmail.com)

**Donskaya Marina Anatolyevna**

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: [mrndnsk@mail.ru](mailto:mrndnsk@mail.ru)

## Recycling of plastic waste in the conditions of the Krasnoyarsk Territory

**Abstract.** The analysis of the situation with the processing of plastic waste in the Krasnoyarsk Territory, carried out in the article, showed its low efficiency. Most plastic waste, of which 20 % is polyethylene terephthalate (PET), is not recycled and ends up in landfills. The main reason is the lack of enterprises engaged in full-fledged recycling. This exacerbates the difficult environmental situation in the region.

The authors have developed and presented a plastic recycling project based on the principles of a circular economy. Based on the consideration of various processing methods (physical, chemical, thermal), the authors chose the mechanical processing of PET, which allows processing waste into recyclable materials suitable for the production of new products, for example, synthetic fibers. The choice of PET is due to its chemical resistance and high degree of impact resistance. The final product of processing is granulate (granules), as a technological and high-quality type of raw material.

The technology for processing PET containers into secondary granulate includes the stages of sorting, pre-treatment of waste, crushing and washing, and granulation. Advantages of the method: comparative simplicity of technological design and absence of emissions of harmful substances.

The authors assessed the total investment costs of the project and calculated key financial indicators: net present value (NPV), internal rate of return (IRR), profitability index PI, which show the high efficiency of the project. The project can be extremely attractive for investors and recommended for implementation and replication.

The article also calculated the break-even point, conducted a risk analysis, and built a risk matrix. A risk response strategy (avoidance strategy) is proposed.

**Keywords:** waste; plastic; resources; circular economy; plastic recycling; granulate; Krasnoyarsk Territory