

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_86

Научная статья

УДК 628.4.038

ГРНТИ 55.01.91

ВАК 2.5.21

**Переработка вторичного полиэтилентерефталата в дорожные ограждения:
техническое, технологическое решение, экономическое обоснование окупаемости**

Дмитрий Игоревич Пролеев ^{1*}, Александр Геннадьевич Ульянов ²,
Александр Васильевич Картыгин ³

*Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия*

^{1*} dnsklent19062017@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru,
³ aleksandr-kartygin@yandex.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрена проблема обращения с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) на примере полигона «Терра-Н» в г. Новороссийске, исчерпавшего свою проектную вместимость. Предложена технологическая линия по переработке вторичного пластика, преимущественно полиэтилентерефталата (ПЭТ) в готовые изделия – временные дорожные ограждения. Проведён анализ существующих решений на рынке оборудования, выполнены расчёты производительности и экономической эффективности для пессимистичного сценария. Показано, что внедрение линии на базе готового комплекса от компании «Полимех» позволяет перерабатывать до 720 т/мес. ПЭТ отходов, обеспечивая годовую чистую прибыль около 108 млн. руб., срок окупаемости составляет 1,2 года и рентабельность инвестиций 76 %. Предложенное решение снижает экологическую нагрузку на полигон и даёт значительный экономический эффект для региона.

Ключевые слова: вторичное сырьё, переработка пластика, технологическая линия, экологическая безопасность, полиэтилентерефталат, твёрдые коммунальные отходы.

Современные города сталкиваются с проблемой накопления твёрдых коммунальных отходов, значительную долю которых составляет пластик.

По данным Министерства природных ресурсов Краснодарского края, полигон ТКО «Терра-Н» (гора Щелба) в г. Новороссийске исчерпал проектную вместимость ещё в 2023 г., а к концу 2024 г. на нём накоплено около 2 млн. тонн отходов [1].

Полигон продолжает расширяться, периодически возникают задымления и оползни, что создаёт угрозу для здоровья жителей и окружающей среды [2, 3].

Реконструкция объекта запланирована до конца 2026 г. с бюджетом 1,2 - 1,3 млрд. руб., однако это лишь временная мера – объём ТКО неуклонно растёт, и без внедрения альтернативных методов переработки экологическая ситуация безусловно будет ухудшаться.

Одним из перспективных направлений является переработка пластиковых отходов во вторичные гранулы и последующее изготовление из них полезных изделий – дорожных барьеров, контейнеров, строительных элементов. Такие технологии не только снижают объём захоронения, но и создают экономические предпосылки для окупаемости за счёт реализации готовой продукции.

Целью данной работы является разработка технологической линии по переработке вторичного пластика и обоснование её рентабельности на примере г. Новороссийска с учётом реальных объёмов отходов и рыночных цен.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе анализа данных о состоянии полигона «Терра-Н», опубликованных в региональных СМИ и официальных источниках [1 - 3], в также изучения технических характеристик оборудования для переработки ПЭТ, представленных российскими производителями [5 - 7]. Для расчёта производительности использовались среднестатистические данные о доле ПЭТ в общей массе ТКО (3-12 %, принято 5 %) и проектной мощности полигона (160 тыс. т/год). Экономическая оценка выполнена по пессимистичному сценарию с учётом затрат на электроэнергию, обслуживание, заработную плату, транспорт и налоги. Для определения срока окупаемости и рентабельности применялись стандартные методы дисконтирования и анализа инвестиционных проектов.

Результаты

1. Определение требуемой производительности

Проектная мощность полигона составляет 160 тыс. т/год, что соответствует 13333 т/мес. При доле ПЭТ-отходов 5 % ежемесячный объём сырья достигает 666 т. С учётом неизбежных потерь и простоев оборудования необходимая производительность линии должна быть не менее 700 т/мес. Исходя из этого, выбрана конфигурация из 5 технологических линий производительностью 1000 кг/ч каждая, что даёт общий выход 720 т/мес. (запас 54 т/мес.) [4].

2. Технологическая схема линии

Предлагаемая линия включает следующие этапы:

- сбор и предварительная сортировка – пластик собирается в специализированные контейнеры, организованные в рамках раздельного сбора ТКО;
- удаление этикеток – осуществляется с помощью воздушных разделителей PZO-VR1000 (3 шт., производительность 400 кг/ч каждый), которые отделяют лёгкие примеси (бумага, плёнка) от основного сырья;
- измельчение – роторная дробилка ИРП-100ПЭТ (размер загрузочного окна 780×500 мм) обеспечивает дробление до фракций 10-15 мм;
- предварительная мойка – ванны флотации PZO-VF302 (3 шт., 600 кг/ч) отделяют тонущие загрязнения (песок, стекло) и удаляют основную часть грязи;
- горячая мойка – установки PZO HW-70 (2 шт., 600 кг/ч) при температуре 70-80°C удаляют остатки клея и этикеток;
- сушка – каскад циклонов (2 шт., производительность по воздуху 6000 м³/ч) обеспечивает сушку сырья до остаточной влажности не более 1%;
- грануляция – экструдер-гранулятор CL8160 (производительность до 3000 кг/ч) превращает очищенные хлопья в однородные гранулы диаметром ~10 мм;

- формовка изделий – вакуумно-формовочный станок НТ-2100 (поле формования 1900×1900) позволяет производитель дорожные барьеры BDR-1.2.

Технические характеристики оборудования и его стоимость представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основное оборудование технологической линии (на 5 линий)

Этап	Оборудование	Кол-во	Производительность (ед./ч)	Стоимость, млн. руб. (за ед.)	Общая стоимость, млн. руб.
Удаление этикеток	PZO-VR1000	3	400 кг	0,64	1,92
Измельчение	ИПП- 1000ПЭТ	2 (1 резерв)	1000 кг	4,50	9,00
Предварительная мойка	PZO-VF302	3	600 кг	2,10	6,30
Горячая мойка	PZO HW-70	2	600 кг	3,00	6,00
Сушка	Каскад циклонов	2	6000 м ³ /ч	0,70	1,40
Грануляция	CL8160	2 (1 резерв)	3000 кг	8,90	17,80
Формовка	НТ-2100	2 (1 резерв)	-	0,34	0,68
Транспортировка	Ленточные конвейеры	9	-	1,00	9,00
Итого					52,10

Примечание: в расчёте не учтены монтаж и пусконаладка, для варианта «под ключ» используются готовые комплексы поставщиков [5 - 7].

3. Выбор оптимальной комплектации

Анализ рынка показал, что закупка отдельных единиц оборудования требует значительных инвестиций (около 282,5 млн. руб. с учётом 5 линий) и длительного срока окупаемости (2,6 года). Более эффективным является использование готовых технологических линий от отечественных производителей. Рассмотрены 2 варианта:

- Подольский завод оборудования (ПЗО) – стоимость одной линии 25,44 млн. руб. (без формовщиков), с учётом 5 линий и формовочных станков – 130 млн. руб. Срок окупаемости 1,1 года, ROI 86,6 %;

- компания «Полимех» - комплекс производительностью 2000 кг/ч стоит 46,46 млн. руб., для обеспечения 666 т/мес. требуется 3 линии (общая производительность 6000 кг/ч). С учётом 6 формовщиков (по 2 на линию) общие инвестиции составляют 141,42 млн. руб.

Сравнение ключевых показателей приведено в таблице 2.

Расчёт выполнен в пессимистичном сценарии, заложены расходы на электроэнергию, простой оборудования и ежегодный рост тарифов. При этом цена барьера BDR-1.2 принята существенно ниже рыночной (рыночная цена в 2026 г. составляет 2646 - 4122 руб./шт.) [8 - 10], что гарантирует конкурентоспособность и высокий спрос.

Таблица 2 – Экономические показатели для варианта «Полимех» (3 линии по 2000 кг/ч)

Показатель	Значение
Годовой выпуск барьеров (шт.)	192000
Цена реализации (с НДС 20%), руб./шт.	1500
Выручка с НДС, млн. руб./год	288,00
Выручка без НДС, млн. руб./год	240,00
Операционные затраты (зарплата, энергия, обслуживание, аренда, транспорт, налоги), млн. руб./год	132,36
Чистая прибыль, млн. руб./год	107,64
Инвестиции, млн. руб.	141,42
Срок окупаемости, лет	1,2 (1 год 3 мес.)
ROI, %	76,1
Рентабельность продаж, %	44,8

Заключение

Проведённое исследование подтверждает экономическую целесообразность создания технологической линии по переработке вторичного пластика в г. Новороссийске. Предложенная схема на базе оборудования компании «Полимех» позволяет перерабатывать до 720 т/мес. ПЭТ-отходов, что полностью покрывает ежемесячный поток данного вида сырья на полигоне «Терра-Н».

Экономические расчёты показывают, что даже при пессимистичном прогнозе проект окупается за 1,2 года, обеспечивая годовую чистую прибыль около 108 млн. руб. и рентабельность инвестиций 76 %.

Внедрения такой линии даст двойной эффект:

- экологический – сокращение объёма захоронения пластика, снижение пожароопасности и загрязнения почвы и грунтовых вод;
- экономический – создание новых рабочих мест, снижение тарифов на вывоз ТКО за счёт уменьшения объёмов, поступающих на полигон, и получение прибыли от реализации продукции.

Основные результаты работы были представлены на международной молодёжной школе «Инженерия-XXI» и опубликованы в её сборнике трудов [4].

Дальнейшее совершенствование технологии может быть направлено на расширение номенклатуры выпускаемых изделий (контейнеры, строительные панели) и увеличение доли перерабатываемых полимеров (ПНД, ПВД). Предложенные решения могут быть масштабированы на другие муниципальные образования с аналогичной проблемой переполненных полигонов.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Подымова Е. В Новороссийске закрыли проблемный мусорный полигон на горе Щелба: сайт. — Новороссийск, 2026. — URL: <https://93.ru/text/incidents/2026/01/16/76218131> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
2. Пост в сообществе «Новая газета в Новороссийске»: сайт. — Новороссийск, 2026. — URL: https://vk.com/ngnov?v=wall-67393150_720233 (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
3. Полигон в Новороссийске: сайт. — Новороссийск, 2016. — URL: <https://novorossiysk.bezformata.com/listnews/poligon-v/154914641/> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
4. Пролеев Д.И., Ульянов А.Г., Картыгин А.В. Разработка технологической линии по переработке изделий из вторичного пластика и обоснование её рентабельности // Инженерия - XXI: сборник трудов международной молодёжной школы. — Новороссийск: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2026. — С. 62-63. — DOI: 10.51639/2713-0601_2026_62. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=91577276> (дата обращения: 18.07.2026). — Текст: электронный.
5. Линии переработки ПЭТ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://7greenline.ru/linii-pererabotki-pet> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
6. Кудрявцев Д. Поставка оборудования для упаковочной и перерабатывающей индустрии: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://www.eximpact.com> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
7. Атласмаш. Производитель оборудования для рециклинга: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://atasmash.ru> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
8. Пластиковые ограждения для дорожных работ купить в Себеже с доставкой в Москву и всей РФ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://инвет.рус/dorozhnye-ograzhdeniya> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
9. Полиэтилентерефталат: сайт. — Москва, 2023. — URL: <https://bigenc.ru/c/polietilentereftalat-9a28b4> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
10. О переработке ПЭТ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://ekoprozess.ru/blog/o-pererabotke-pet/> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.

Recycling secondary PET into road barriers: technical and technological solutions, economic justification of payback

Dmitry Igorevich Proleev^{1*}, Alexander Gennadievich Ulyanov^{2*},
Alexander Vasilievich Kartigin³
*Branch of the FGBOU VO "Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov" in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia*

^{1*} dnsklient19062017@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru,

³ aleksandr-kartigin@yandex.ru

Abstract

This paper addresses the problem of municipal solid waste management using the example of the Terra-N landfill in Novorossiysk, which has exhausted its design capacity. A technological line for recycling secondary plastics (mainly PET) into finished products – temporary road barriers – is proposed. An analysis of existing equipment solutions on the market was carried out, and calculations of productivity and economic efficiency for a pessimistic scenario were performed. It is shown that implementing a line based on a ready-made complex from the company "Polimekh" allows processing up to 720 t/month of PET waste, providing an annual net profit of about 108 million rubles, a payback period of 1.2 years, and an ROI of 76 %. The proposed solution reduces the environmental burden on the landfill and yields a significant economic effect for the region.

Keywords: secondary raw materials, plastic recycling, processing line, environmental safety, polyethylene terephthalate, municipal solid waste.