



Экономика замкнутого цикла: попытка рекогносцировки

1. Где мы находимся?

2. Куда мы движемся?

Экономика замкнутого цикла — это инструмент, а не самоцель

Экономия ресурсов

Организация замкнутых циклов использования дефицитных ресурсов позволяет снизить зависимость от первичного сырья и повысить экономическую устойчивость

Охрана окружающей среды

Предотвращение попадания отходов в природу и снижение давления накопленных отходов на среду обитания человека

Комплексный подход

Это то, что делают развитые страны с дефицитом природных ресурсов

Какой фактор критичен для России?

Социальное давление растет

По всей России наблюдаются массовые манифестации населения против полигонов и несанкционированных свалок. Люди больше не готовы мириться с загрязнением окружающей среды вблизи мест проживания.

Сырьевых ресурсов достаточно

Россия обладает значительными запасами природных ресурсов, поэтому дефицит сырья не является критической проблемой. Однако экологический фактор становится определяющим.



Масштаб проблемы ТКО: цифры и факты

46-65

млн тонн в год

Объем образования
ТКО в Российской
Федерации

80-90%

на полигоны

Доля ТКО,
направляемых на
захоронение вместо
переработки или
утилизации

500

млн тонн

Накоплено только за
последние 10 лет на
мусорных полигонах

>1

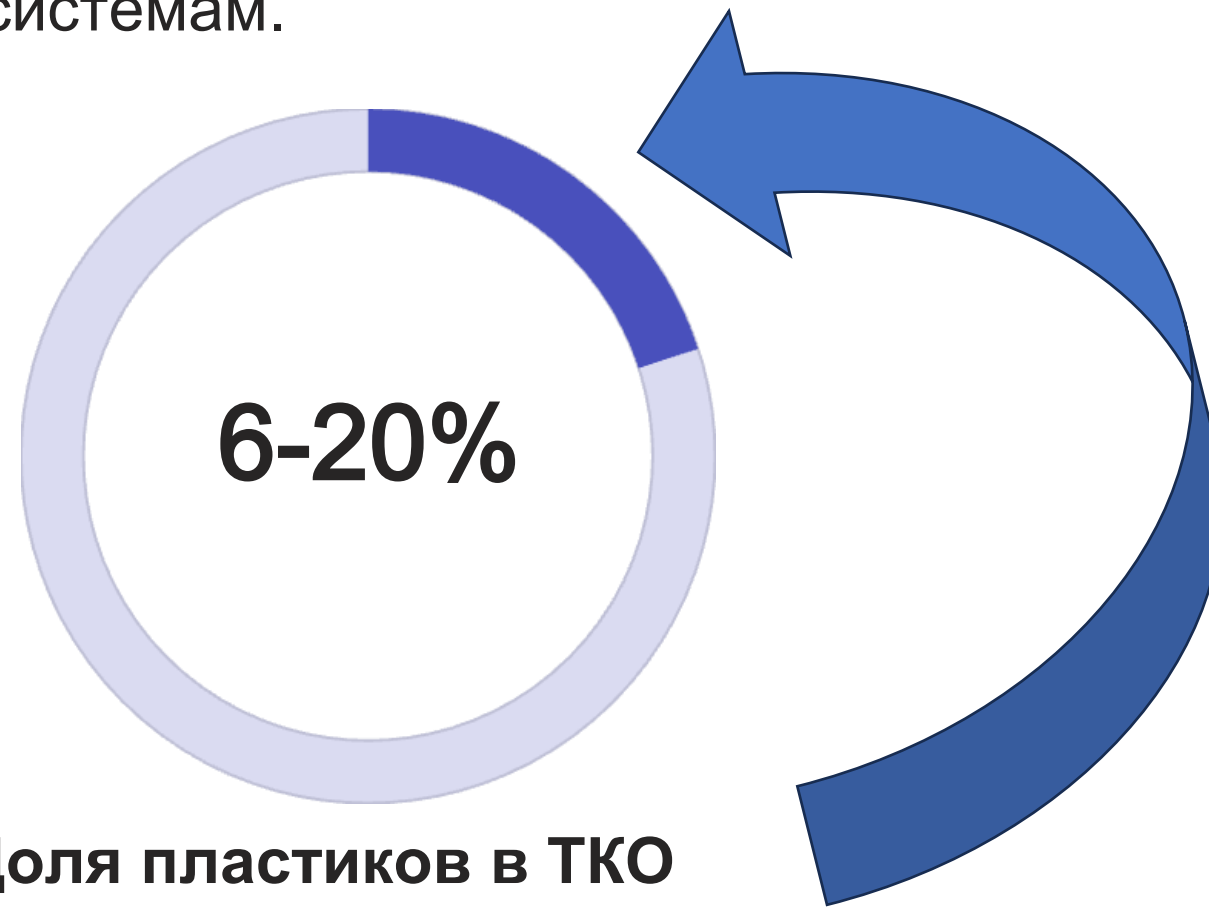
млрд тонн

Общий объем
накопленных
отходов за весь
период захоронения



Самый сложный компонент отходов

Давайте поверим, что наиболее проблемным компонентом твердых коммунальных отходов является полимерная фракция. Пластики практически не разлагаются в естественных условиях, накапливаются в окружающей среде и представляют долгосрочную угрозу экосистемам.



Доля пластика в ТКО

По разным оценкам и методикам подсчета

Современное состояние проблемы

Министерство природных ресурсов и экологии РФ, назначенное ответственным за решение проблемы обращения с отходами, развило напряженную деятельность. Создано огромное количество нормативных документов — уже около трех десятков регулирующих актов только в рамках РОП.

Целая армия чиновников, представителей промышленности, торговли, науки и техники озабочены попытками решить поставленную задачу.



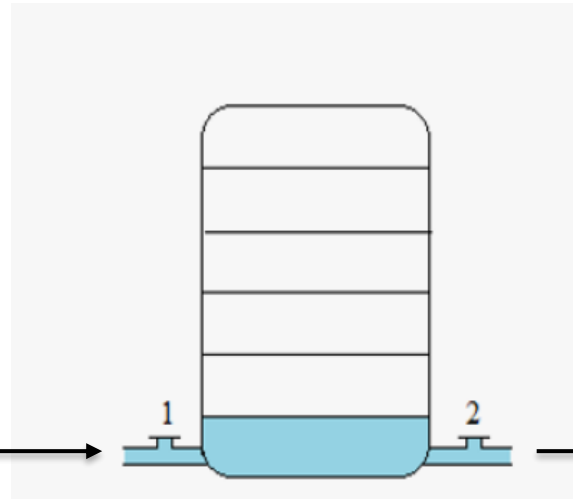
Парадокс ситуации:

несмотря на все усилия, ресурсы не возвращаются полноценно в производственный цикл, а рано или поздно все равно попадают на свалку.

НПА	НОМЕР АКТА	ССЫЛКА
Отчетность за объемы 2023 года	1) ФЗ №622 от 25.12.23, статья 14 2) Разъяснения РПН	Федеральный закон от 25.12.2023 № 622-ФЗ https://base.garant.ru/408562277/ https://rpn.gov.ru/activity/rop/faq/
Перечень товаров и упаковки, подлежащих утилизации, нормативы	ПП №2414 от 29.12.23.	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2414
Ставки экологического сбора и повышающие коэффициенты	ПП №2406 от 29.12.23.	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2406
Конвертер	ПП № 2394 от 29.12.23.	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2394
Методика расчета ставки экосбора	ПП № 2392 от 29.12.23	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2392
Правила привлечения ППК к проверкам утилизаторов	ПП № 171 от 14.02.24	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402150023?index=1
Правила ведения реестра утилизаторов	ПП № 2400 от 29.12.23	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2400
Правила проведения выездной проверки утилизаторов	ПП № 2399 от 29.12.23	Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2023 № 2399
Порядок подачи утилизаторами отчетности о массе отходов и сведений о договорах	ПП № 2116 от 11.12.23	Постановление Правительства Российской Федерации от 11.12.2023 № 2116
Форма акта утилизации	Приказ № 762 от 15.11.23	Приказ МПР и экологии Российской Федерации от 15.11.2023 № 762
Перечень товаров и услуг, имеющих право на субсидии при использовании вторсырья в производстве	РП № 2094-р от 02.08.23	РП Российской Федерации от 02.08.2023 № 2094-р

НПА	НОМЕР АКТА	ССЫЛКА
Правила представления отчетности о массе товаров и упаковки	ПП № 741 от 31.05.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405310137?ysclid=lxw5rtu87a651566183
Правила представления отчетности о самостоятельной утилизации	ПП № 742 от 31.05.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405310135?ysclid=lxw5qkp8nb479330875
Положение о проведении эксперимента с импортерами	ПП № 750 от 01.06.2024	https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409014976/
Типовой договор поручительства	Приказ МПР от 16.05.2024 № 299	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405310069?ysclid=lxw5m33ayj555524911
Ставки экологического сбора	ПП № 1041 от 01.08.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202408020031
Обязательное содержание вторсырья	Распоряжение №2330-р от 28.08.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202409020031?ysclid=m196wz6m4h303659983
Запрет на некоторые виды упаковки	Распоряжение №2827-р от 14.10.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202410170011
Правила подтверждения экспорта товаров и упаковки	ПП № 1486 от 06.11.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202411070021?index=1
Правила по подтверждению производства товаров с вторсырьем	ПП № 1991 от 30.12.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412310011
Правила по применению понижающего коэффициента	ПП №1901 от 26.12.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412280152
Правила по взиманию экосбора	ПП №1990 от 30.12.2024	http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412310012

Два пути снижения давления на окружающую среду

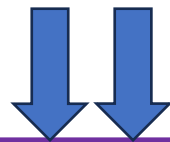


Ограничение потребления

Развитие переработки

Снижение объемов производства, введение запретительных мер, таких как «список 28» и другие административные ограничения на производство и оборот определенных видов упаковки и изделий

Создание и масштабирование отрасли переработки отходов, внедрение новых технологий утилизации, строительство перерабатывающих мощностей



Регресс экономики и снижение уровня жизни.



Нужны инвестиции, но открываются возможности для технологического развития и создания новых производств.

Три способа утилизации отходов

1

Механическая переработка

Переработка из изделия в изделие. В лучшем случае позволяет лишь отдалить момент попадания ресурса на свалку из-за деградации свойств материала при каждом цикле переработки.

- Ограниченное число циклов
- Снижение качества материала
- Требуется тщательной сортировки

2

Энергетическая утилизация

Сжигание отходов с получением энергии. Может быть полезным в определенных условиях, но ресурс при этом полностью утрачивается, а окружающая среда загрязняется продуктами горения.

- Полная утрата материального ресурса
- Выбросы в атмосферу
- Образование токсичной золы

3

Химическая переработка

Преобразование отходов на молекулярном уровне с получением ценных химических веществ. Позволяет вернуть материал в производственный цикл без потери качества.

- Восстановление исходных свойств
- Бесконечная цикличность
- Высокая ценность продуктов

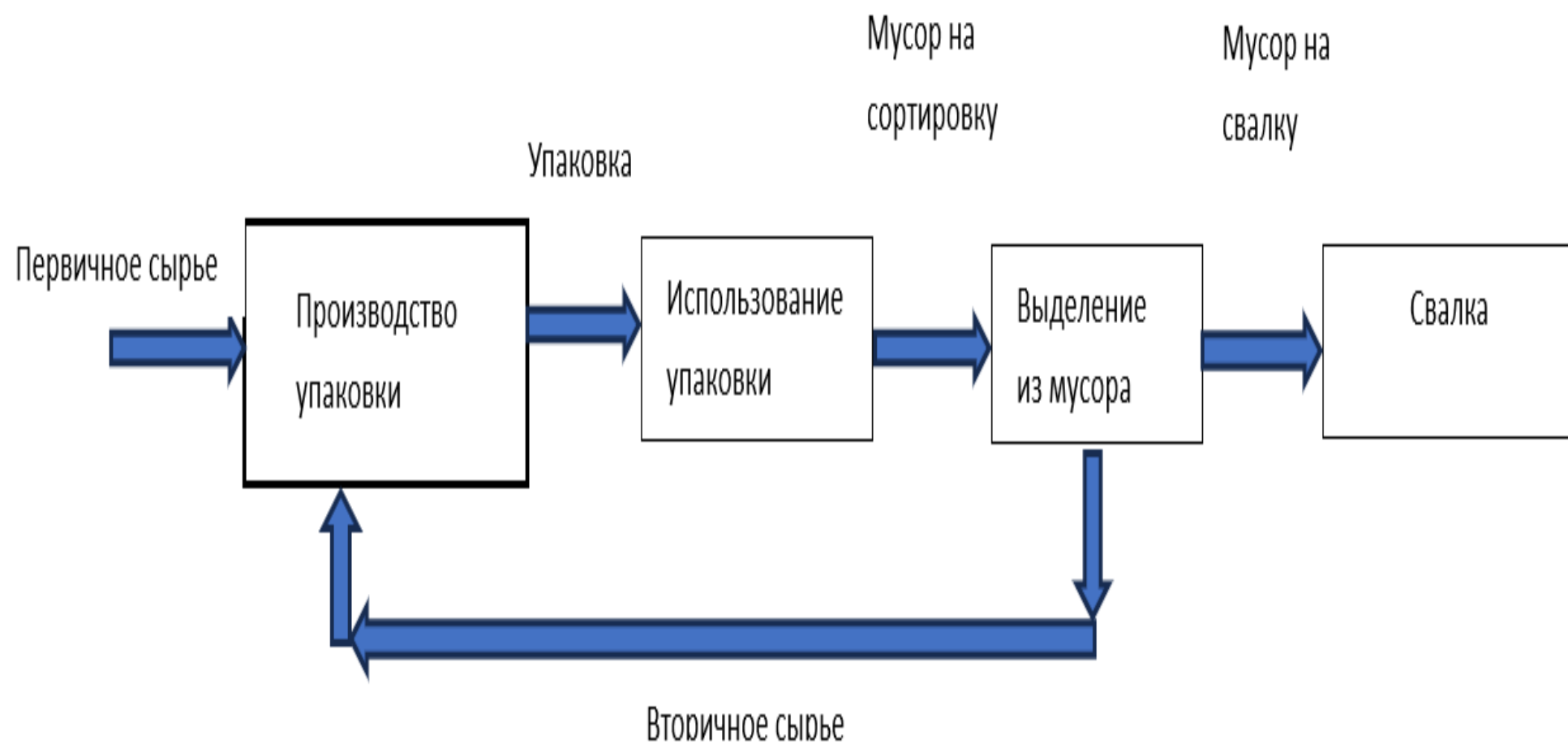
Механическая переработка

Переработка из изделия в изделие.

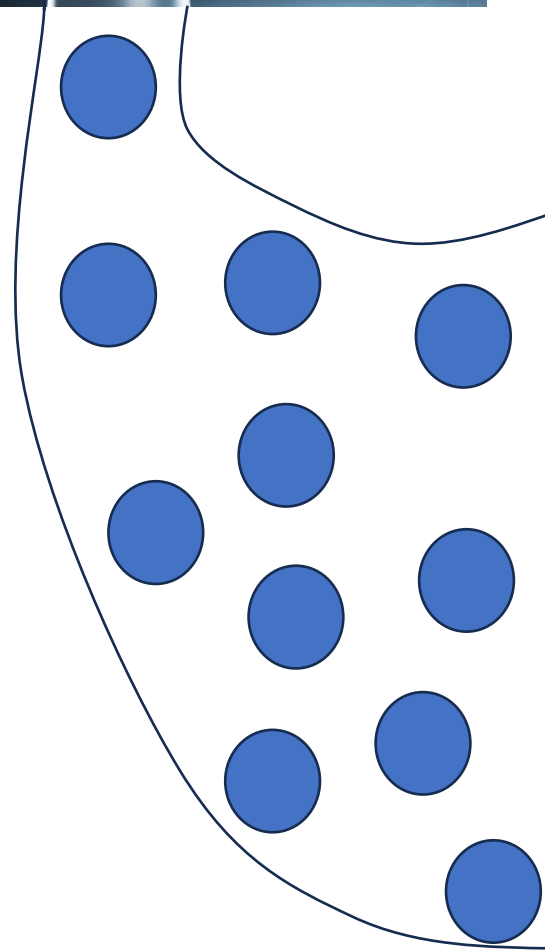
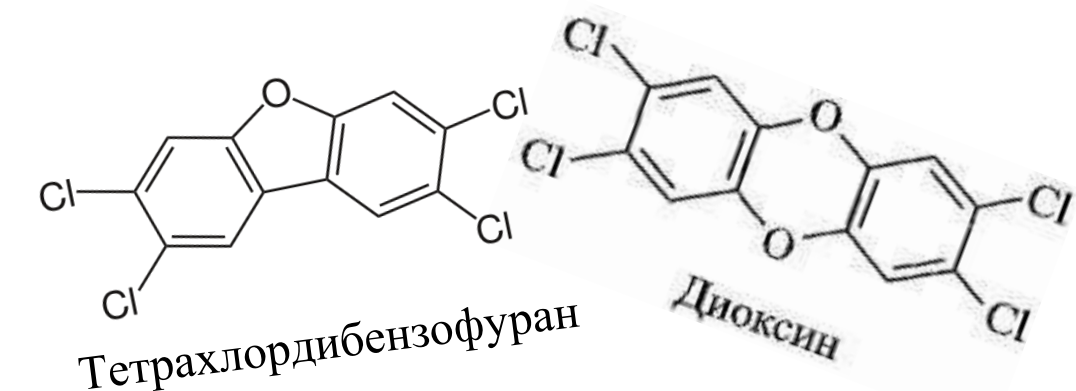
В лучшем случае позволяет лишь отдалить момент попадания ресурса на свалку из-за деградации свойств материала при каждом цикле переработки.

- Ограниченное число циклов
- Снижение качества материала
- Требуется тщательной сортировки

МЕХАНИЧЕСКИЙ РЕЦИКЛИНГ



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ, МУСОРОСЖИГАНИЕ





Методы химической переработки

Деполимеризация

Расщепление до мономеров

Сольволиз (растворный метод)

Растворение полимеров в растворителях с последующим их высаждением и повторным использованием

Пиролиз (термолиз)

Термическое разложение без доступа кислорода

Газификация

Преобразование в синтез-газ



Ключевое преимущество пиролиза: наименьшая чувствительность к примесям. При определенных условиях сортировка направлена только на отделение неорганических фракций — всё остальное может быть беспрепятственно переработано в пиролизное масло.

Области применения пиролизного масла



Энергетика

Использование в качестве топлива на электростанциях и котельных для выработки тепла и электроэнергии



Строительство

Добавки в строительные материалы и дорожное покрытие



Химическая промышленность

Сырье для производства различных химических продуктов и полупродуктов



Исследования

Работа научных лабораторий по разработке новых технологий переработки

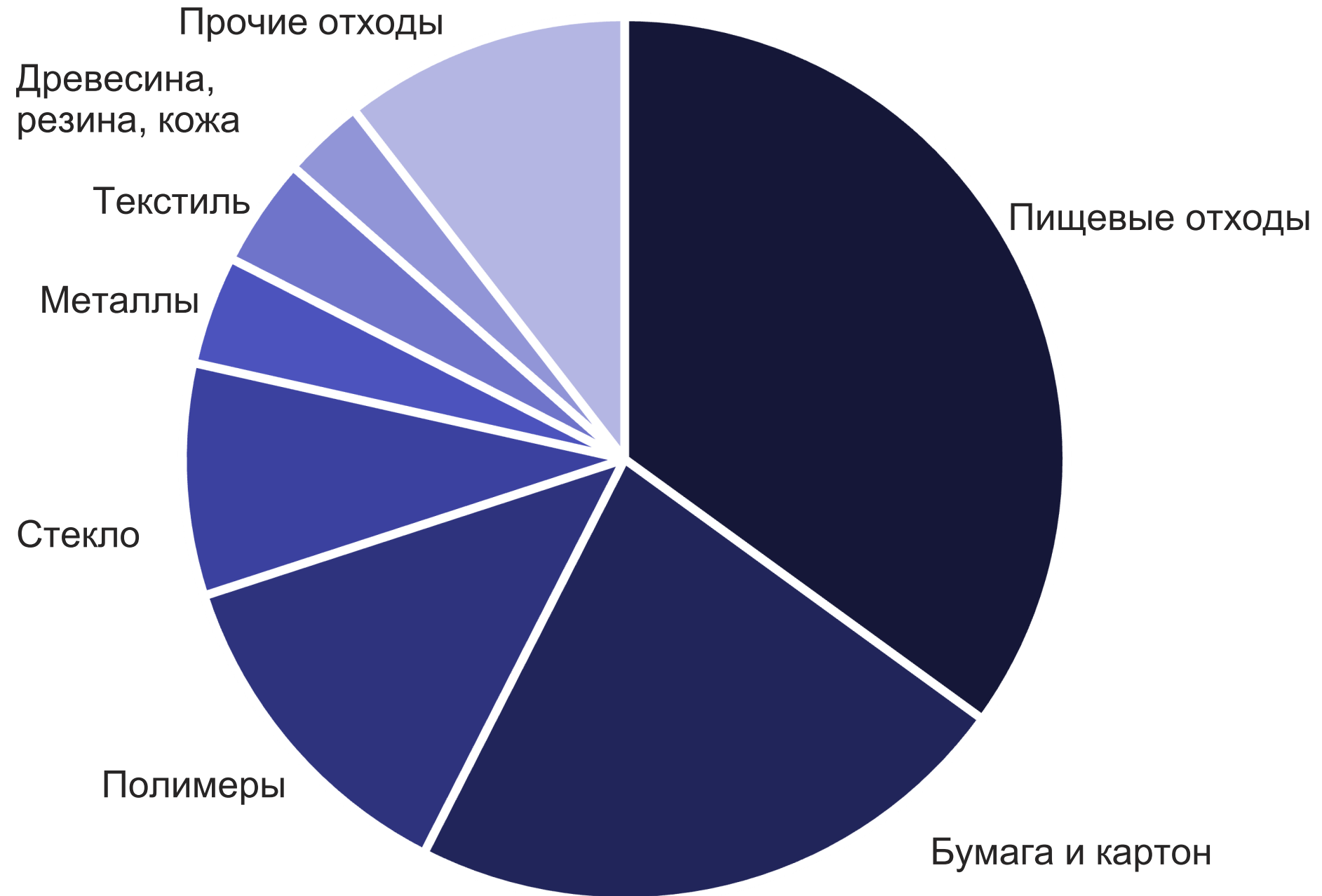


Транспорт

Производство моторного топлива для автомобильного и другого транспорта

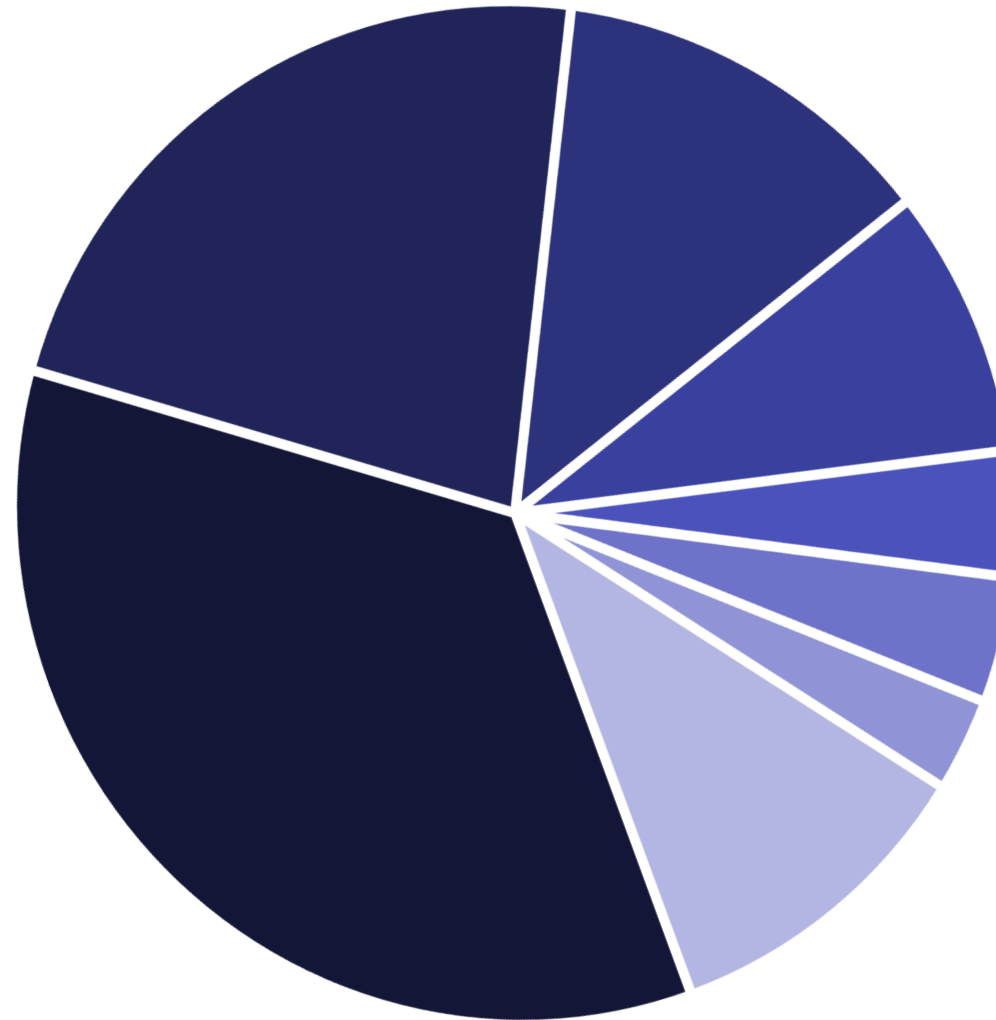
Выбор конкретного направления использования определяется качеством масла, экономической целесообразностью и нормативными ограничениями. Однако существующие объемы производства пиролизного масла не могут быть устойчиво экономически привлекательными из-за колебаний качества, небольших объемов и волатильности цен на традиционные продукты-субституты.

Фракционный состав твердых коммунальных отходов



Состав ТКО значительно варьируется в зависимости от типа населенного пункта. В крупных городах (Москва, Санкт-Петербург) доля пищевых отходов меньше (25–30%), а пластика и упаковки больше (до 20%). В малых населенных пунктах и селах пищевые отходы могут достигать 45–50%.

Разделение на органическую и неорганическую фракции



Органическая фракция (≈77%)

- Бумага и картон
- Пищевые отходы
- Древесина, резина, кожа
- Полимеры (пластики)
- Текстиль

Неорганическая фракция (≈23%)

- Стекло
- Металлы (черные и цветные)
- Прочие инертные отходы
- Строительные примеси

Элементный состав органической части ТКО



Углерод (C)

Повышенное содержание благодаря пластмассам и резине



Кислород (O)

Ниже, чем в чисто биогенных отходах



Водород (H)

Важный элемент для получения качественного масла



Азот (N)

Присутствует в белковых и синтетических компонентах

Также присутствуют в меньших количествах: сера (S) $\approx 0,1-0,5\%$, хлор (Cl) $\approx 0,2-1,0\%$ (из ПВХ и других хлорсодержащих пластмасс).

Проблемы традиционного пиролиза



Избыток кислорода

Около 20-30% кислорода в составе органической части ТКО существенно ухудшает качество получаемого пиролизного масла, снижая его коммерческую ценность. Кислород «отбирает» водород.

Требуется предварительная сортировка ТКО.



Неоптимальное соотношение Н/С

Отношение водород/углерод далеко от целевого значения (1,6-1,9 моль Н на моль С), необходимого для получения качественного топливного сырья.

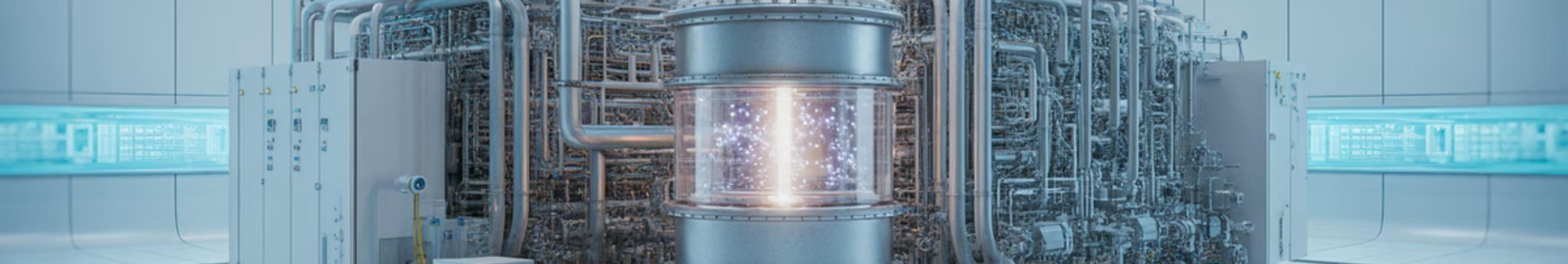
Расходование водорода на крекинг и удаление кислорода ведет к увеличению количества пиролизного кокса.

Очевидно, что около половины органической части ТКО потенциально может быть пиролизировано в масло. Однако для получения продукта высокого качества необходимо решить обе эти проблемы одновременно.



Необходимость поиска рынков сбыта

Потенциальные потребители требовательны к качеству пиролизного масла, постоянству качества и предсказуемости объемов поставок.



Инновационное решение: гидропиролиз

- ❏ **Прорывная идея:** проводить процесс пиролиза не только в отсутствие кислорода (как в большинстве существующих решений), но и в присутствии водорода.

Добавление водорода в процесс пиролиза позволяет решить обе ключевые проблемы одновременно: удалить избыточный кислород и скорректировать соотношение водорода к углероду до оптимальных значений. Это принципиально меняет качество и свойства получаемых продуктов.

Продукты гидропирилиза

Основной продукт

Пиролизное масло — высококачественное углеводородное сырье, пригодное для дальнейшей переработки

Побочные продукты

Вода (H_2O) — продукт дезоксигенации органической части ТКО

В сравнительно небольших количествах образуются соединения гетероэлементов:

- NH_3 (аммиак) — продукт восстановления азота
- H_2S (сероводород) — продукт восстановления серы
- HCl (хлористый водород) — продукт восстановления хлора

Другие гидриды

Гидриды других гетероэлементов (PH_3 , AsH_3 , SiH_4 , HBr и т.п.), как правило, химически нестойкие в присутствии воды.

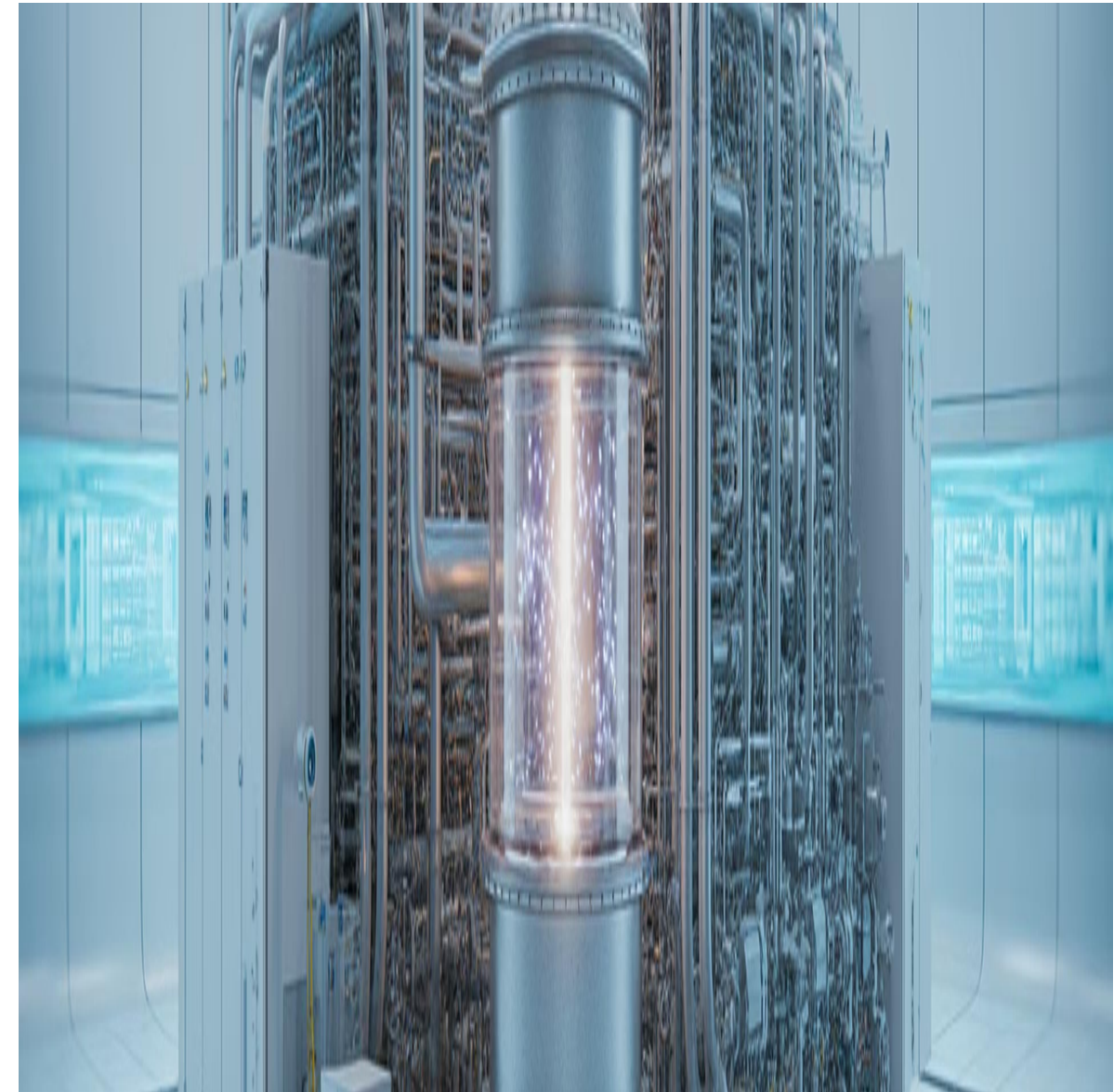
При абсорбции образующейся водой гидриды либо гидролизуются, либо взаимодействуют друг с другом, образуя, например, сульфид аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{S}$), хлорид аммония (NH_4Cl) и т.п.

Процессы гидрирования: проверенная технология

Процессы гидрирования хорошо разработаны и широко применяются в нефтеперерабатывающей промышленности на протяжении десятилетий. Существует отработанная технологическая база:

- **Гидроочистка** — удаление серы и азота
- **Гидрокрекинг** — расщепление тяжелых фракций
- **Висбрекинг** — термokatалитическая переработка

На нефтеперерабатывающих заводах в промышленных масштабах уже производится водородсодержащий газ, необходимый для ликвации органической части ТКО.



Ключевое решение: Интеграция с существующими НПЗ



Поступление пиролизного масла - Продукта
ликвации органической части ТКО после гидропиролиза



Направление на существующие установки

ЭЛОУ-АВТ, либо установки термического крекинга



Стандартная переработка

Состав пиролизного масла приближается к
традиционному нефтяному сырью этих установок

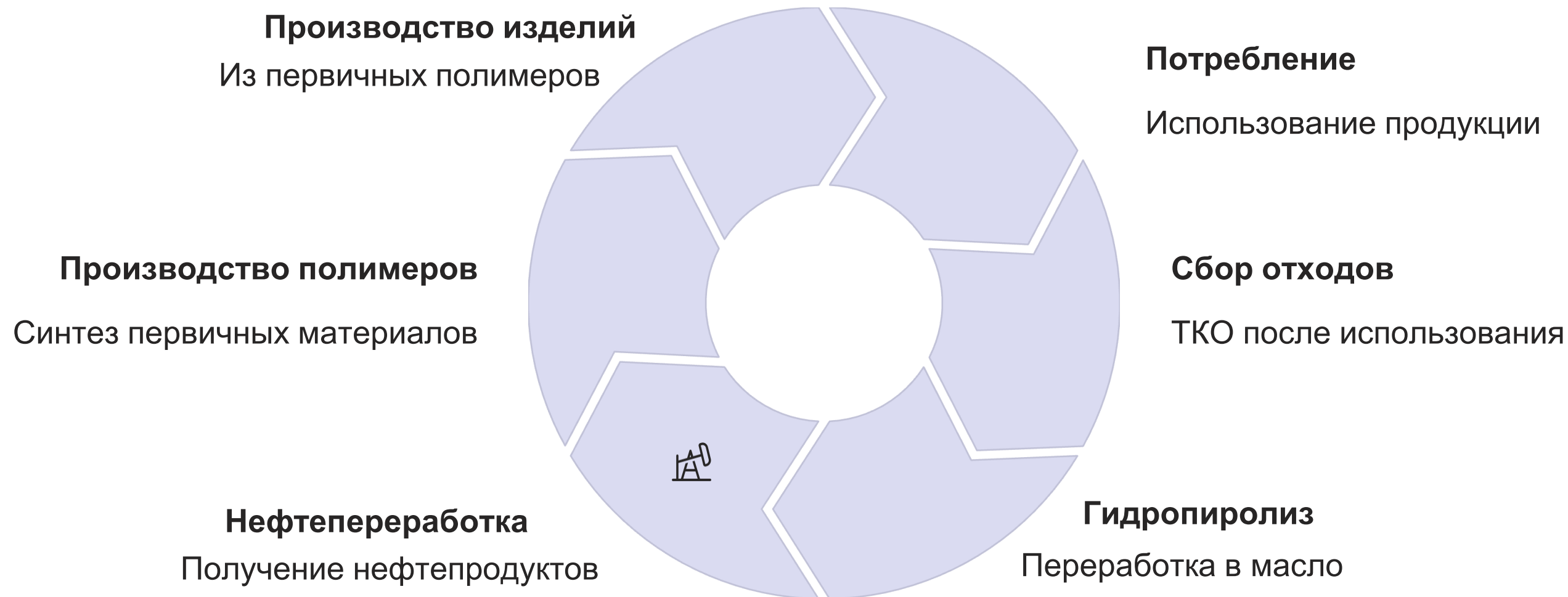


Получение всего ассортимента товарных продуктов
Включая производство первичных полимеров для новых
изделий

*Вопросы дальнейшей переработки пиролизного масла не
встанут, поскольку оно встроится в существующие схемы
нефтепереработки и нефтехимии. Это исключает
необходимость создания принципиально новых
технологических цепочек.*



Настоящая экономика замкнутого цикла



Как видим, рассматриваемый вариант работы с ТКО представляет собой не что иное, как реальную экономику замкнутого цикла, где органические отходы полностью возвращаются в производство.

Преимущества решения: переработка и возврат ресурсов

Полная переработка органики

Вся органическая часть ТКО перерабатывается и возвращается в производственный цикл, исключая безвозвратные потери ресурсов

Упрощенная сортировка

Отсутствует необходимость многопрофильного раздельного сбора мусора — отделять нужно только неорганическую часть от органической. Возможна организация процесса так, что неорганическая часть уходит в виде шлака

Сохранение добровольной сортировки

Уже налаженные схемы раздельного сбора (ПЭТ-бутылки, стеклбой, макулатура) могут продолжать работать. Но неотобранные органические фракции уже не представляют опасности для окружающей среды

Универсальная переработка пластиков

Отсутствие необходимости деления пластиковых отходов на «перерабатываемые/неперерабатываемые» — переработаны будут все виды полимеров без исключения

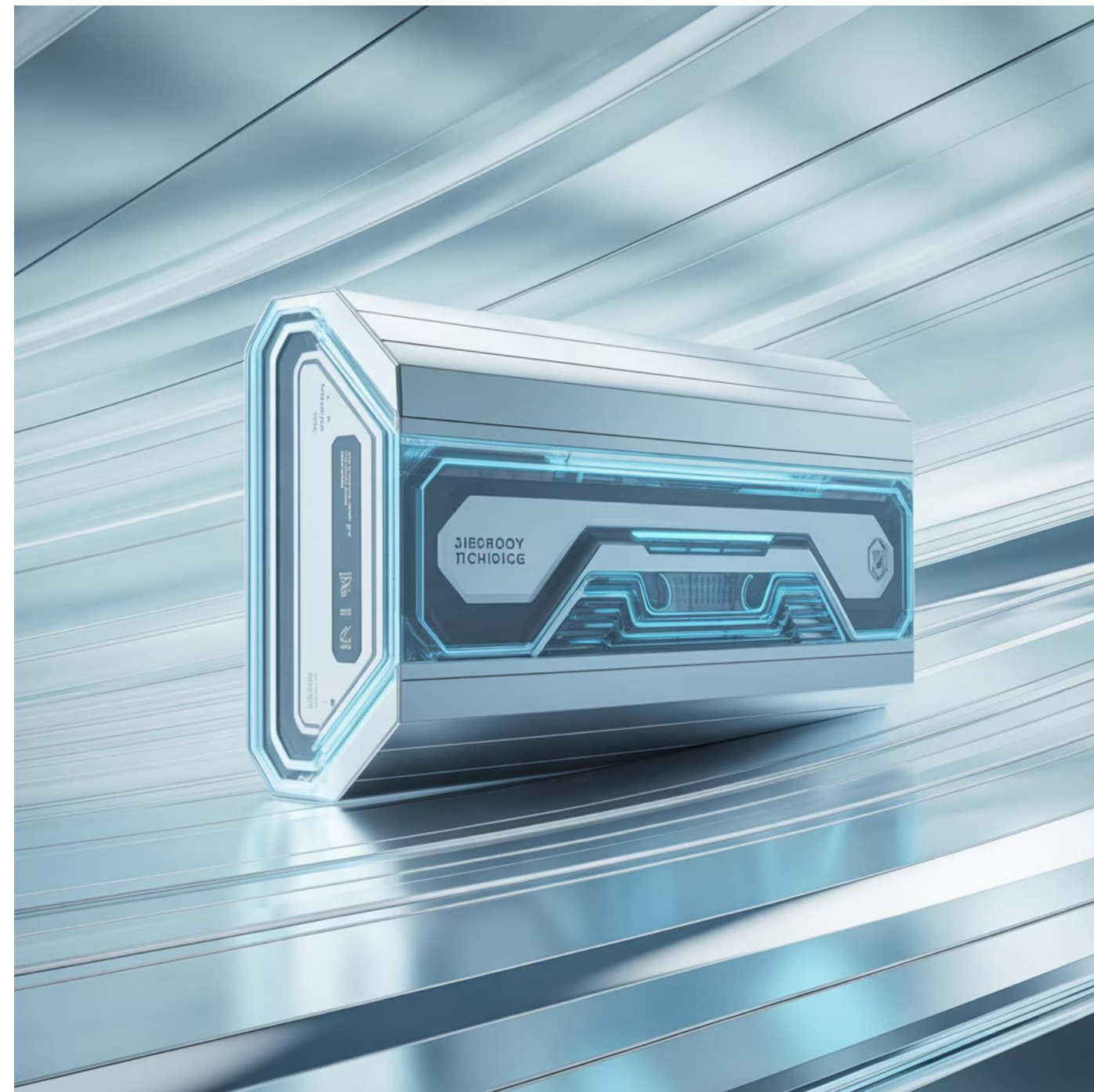
Преимущества решения: свобода для инноваций

Снятие ограничений на дизайн

Устраняется необходимость перехода на так называемые «монорешения», ограничения по толщине упаковочных пленок и пакетов становятся неактуальными. «Список 28» утрачивает смысл.

Технологический прорыв в упаковке

Упаковочная промышленность и ритейл обретут основу для технологического и научного прорыва в области упаковочных решений, поскольку не будут ограничены соображениями постконсьюмного использования упаковки.



Преимущества решения: экономические аспекты

Освобождение от разработки нормативов на вторичку

Промышленность избавляется от необходимости разработки сложной нормативной документации на вторичные материалы

Естественные бизнес-процессы

Использование вторичных материалов придет в естественное состояние, не требующее государственного субсидирования

Устойчивость цепочек

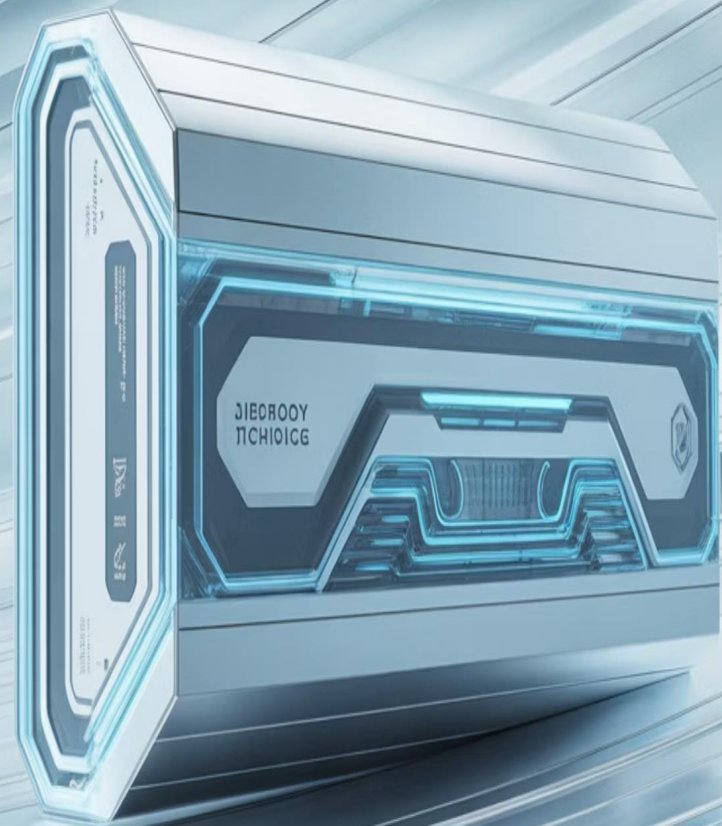
Устраняется проблема неустойчивости технологических цепочек, связанная с колебаниями соотношения цен на первичные и вторичные материалы

Гарантированное сырье

При отсутствии вторичных материалов проблем с производством не возникнет — первичного сырья будет в достатке

Преимущества решения: упрощение регулирования

- Отпадет необходимость в сегодняшнем подходе к расчету экологического сбора — все материалы станут одинаково перерабатываемыми, повышающие коэффициенты утратят принуждающий и карающий смысл
- Использование вторичных материалов перестанет быть критической необходимостью — можно исключить понижающий коэффициент, применение которого ведет к снижению объема экосбора
- Существенно сократится или станет не нужен Конвертор, что уменьшит количество ошибок
- Станет нецелесообразным строительство собственных утилизационных мощностей — предприятия смогут сосредоточиться на производственных бизнес-процессах
- Остановится негативный процесс построения лукавых уклонистских схем, никак не уменьшающих объемы полигонных захоронений



Преимущества решения: высвобождение трудовых ресурсов



Утратит целесообразность огромное количество государственных нормативных актов, направленных на регулирование процессов в рамках расширенной ответственности производителя:

- Реестр утилизаторов и периодические аудиты
- Многоступенчатые проверки предприятий
- Контроль перерабатывающих мощностей
- Мониторинг затрат электроэнергии



Кадровый эффект: от непроизводительного труда высвободится значительное количество специалистов, которые смогут удовлетворить хотя бы частично тяжелейший кадровый голод в промышленности.

Россия: уникальные возможности и глобальная перспектива

Россия — уникальная в этом смысле страна. Являясь нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей державой с развитой инфраструктурой НПЗ, она могла бы реализовать экономику замкнутого цикла именно в привязке к работе своих нефтеперерабатывающих заводов.

Национальный масштаб

Решение проблемы захоронения отходов на территории России с полным возвратом ресурсов в экономику

Глобальная роль

В качестве коммерческой составляющей Россия могла бы предложить мировому сообществу переработку мусорных островов и другого полимерного мусора, заняв нишу Китая, отказавшегося от этой деятельности

Такой подход не только решает внутренние экологические проблемы, но и открывает новые глобальные возможности, позиционируя Россию как мирового лидера в области устойчивого управления отходами.



Спасибо за внимание!



Благодарим за участие

Ваше время и внимание очень
ценны для нас



Вопросы приветствуются

Готовы ответить на все ваши вопросы



Остаёмся на связи

Будем рады продолжить обсуждение

