



## **КНТП «Комплексные системы обращения с коммунальными и промышленными отходами»**

**Алексенко Сергей Владимирович,**  
академик РАН, научный руководитель ИТ СО РАН  
**Маркович Дмитрий Маркович,**  
академик РАН, директор ИТ СО РАН, инициатор Программы

**Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе**  
Сибирского отделения Российской академии наук  
630090, Россия , г. Новосибирск , пр. Ак. Лаврентьева , д.1

**director@itp.nsc.ru**

**КНТП «Комплексные системы обращения с коммунальными и промышленными отходами»**

Инициатор КНТП: **Институт теплофизики СО РАН**

Предполагаемый ответственный исполнитель-координатор комплексной программы:

**Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.**

Предполагаемый соисполнитель комплексной программы, комплексного проекта:

**Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации,**

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.**

Заказчики программы: **Российский экологический оператор, ГК «Ростех»,**

**ГК «Росатом», АО «ОДК Авиадвигатель», ПАО «Силовые машины» и др.**

Комплексная программа включает в себя

**5 технологических направлений и 13 проектов.**

Предусмотрено создание **8 профильных экотехнопарков.**

Разработка и внедрение экономически выгодных и экологически чистых передовых отечественных технологий переработки и утилизации твёрдых и жидких коммунальных и промышленных отходов с одновременной выработкой тепловой, электрической энергии и полезных продуктов.

Реализация КНТП обеспечит выполнение следующих государственных проектов:

- национальный проект «Экология»;
- федеральный проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами»;
- федеральный проект «Внедрение наилучших доступных технологий»;
- федеральный проект «Чистая страна»;
- федеральный проект «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».

Реализация Программы позволит решить научно-технические и социально-экономические задачи страны в сфере обращения с отходами и получить результаты мирового уровня путем разработки и внедрения инновационных технологий и продуктов в рамках приоритетов, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642, а именно:

- переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;
- противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства.

## Твердые коммунальные отходы (ТКО)

Ежегодно **в мире** образуется около **25 млрд. тонн** отходов, из них **1.5 млрд. тонн – ТКО**.

Мировая тенденция: **Waste-to-Energy**. Теплота сгорания = 4200–7500 кДж/кг (бурый уголь 10 400 кДж/кг).

- В настоящее время в мире эксплуатируется примерно **2 450** предприятий для термической переработки ТКО общей производительностью **368 млн. т. отходов в год**. Основные технологии: топки с механическими колосниковыми решетками; около 200 топок с кипящим слоем; примерно 20 барабанных печей, где сжигают ТКО; а также единичные установки с использованием пиролиза и газификации. Прогнозируется, что к 2028 г. количество предприятий для термической переработки ТКО составит около **2 700** общей мощностью более **530 млн. т ТКО в год**.
- **В Европе** с 2012 по 2017 гг. объем ТКО, перерабатываемых термическим способом, увеличился более чем **на 20 %**. В 2017 г. эксплуатировалось **492** предприятия для термической переработки ТКО, на которых ежегодно сжигается **96 млн. т ТКО**.
- **В США** ежегодно сжигается около **30 млн. т ТКО** с производством более **17 ТВт-ч** электроэнергии в год.
- **В Японии** из примерно **41–42 млн. т ТКО**, образующихся ежегодно, около **78 %** перерабатывается термически, причем **70 %** всех отходов с преобразованием их энергopotенциала в тепловую и электроэнергию. Суммарная установленная электрическая мощность превышает **1.7 ГВт**. В Токио, в черте города, расположен **21 (!)** мусоросжигательный завод.
- **Китай** в 2020 г. термически перерабатывал почти **50 %** всех образуемых в стране ТКО. В эксплуатации находится примерно **400** заводов общей мощностью около **126 млн. т ТКО**. По прогнозам МЭА, к 2023 г. установленная электрическая мощность китайских предприятий по энергетической утилизации отходов достигнет **13 ГВт**, а к 2025 году подобные предприятия смогут перерабатывать **до 260 млн. т ТКО**. Энергия из ТКО покупается государством в **2** раза дороже, чем выработанная из обычного органического топлива.

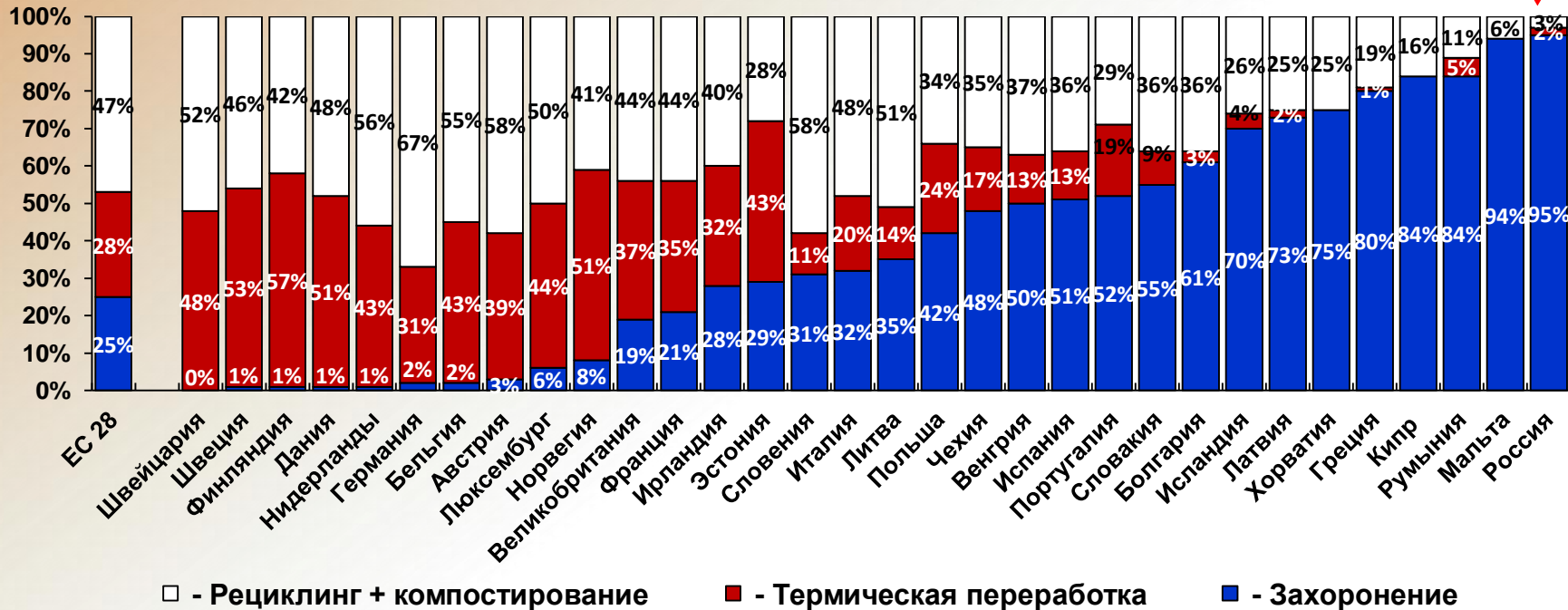


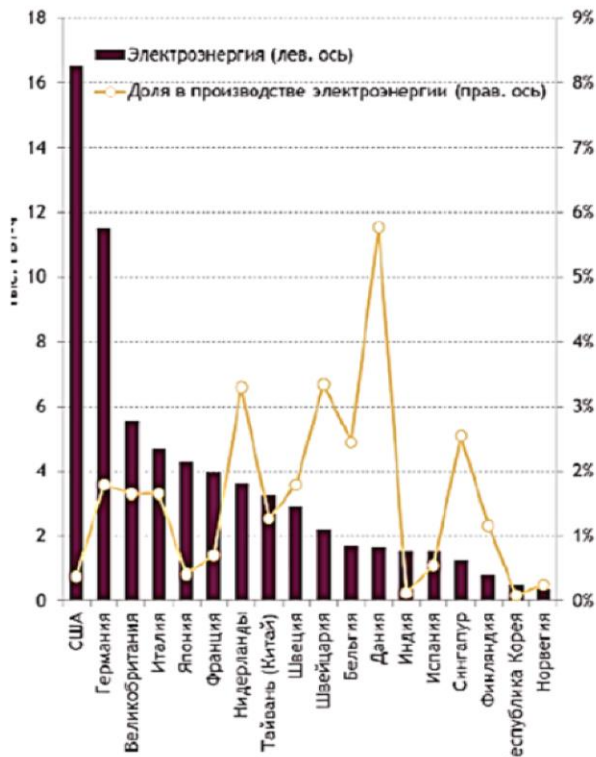
# Обоснование необходимости программы

6

## Методы обращения с ТКО в странах ЕС и России

*Россия*





Производство и доля **электрической и тепловой** энергии, производимых из **ТКО** в отдельных странах мира в 2015 году.

В **Дании** за счет отходов генерируется почти **6%** **электроэнергии**.

Очень высокая доля отходов в **теплоснабжении** ряда стран – **60%** в Швейцарии, 50% в Норвегии, 24% в Швеции.



# Обоснование необходимости программы

8

## ТКО в России

Ежегодно в **России** образуется более **5 млрд. т** отходов, из них **70 млн. т** – ТКО, **30 млн. т** – жидкие КО. В **России** только **5 % ТКО** вовлекается в переработку предприятиями - переработчиками, которых по стране насчитывается около **400**, из них: комплексов по переработке ТКО – **243**, комплексов по сортировке – **53**, МСЗ – менее **10**. Российские свалки за год выделяют в атмосферу более 1.5 милл. тонн **метана** и 21.5 миллиона тонн **CO<sub>2</sub>**.

В 2023 – 2024 гг. в **Московской области** будут построены **4 МСЗ**, которые за год все вместе будут перерабатывать 2.8 млн. тонн мусора (25 - 30 млрд. рублей каждый).

В настоящее время в **РФ** в эксплуатации находятся только **2 ТЭС на ТКО** общей установленной электрической мощностью всего лишь **23 МВт** (для сравнения: суммарная мощность ТЭС на ТКО в США – **2.7 ГВт**).

### Новая стратегия России

Регламентирующие документы: «**Стратегия** развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», утвержденная Правительством РФ 25.01.2018. Ответственный – **Минпромторг**. Предусмотрено создание системы **экотехнопарков** в сфере обращения с отходами, а также строительство **200** мусороперерабатывающих комплексов до 2024 г. Объем финансирования мероприятий по реализации настоящей Стратегии экспертно оценивается в размере не менее **5 трлн. р.**

**Региональный оператор** (регоператор) по обращению с ТКО – компания, ответственная за весь цикл обращения с отходами. Только она может осуществлять деятельность по обращению с твёрдыми коммунальными отходами. Региональный оператор по обращению с ТКО занимается сбором, транспортировкой, обработкой, утилизацией, обезвреживанием, захоронением ТКО. Делает он это не самостоятельно, а через помощников – операторов по обращению с ТКО. Регоператор отвечает за **весь цикл обращения с ТКО**: приёмку – транспортировку – обработку – захоронение. Услуги регоператора оплачивает собственник твёрдых коммунальных отходов.



## Резюме

- **Глобальная** проблема человечества связана с бурным ростом производимых отходов.
- Не существует **единой** универсальной технологии утилизации отходов.
- Мировая тенденция: **Waste-to-Energy**.
- **Термическое обезвреживание** (в частности, плазменная переработка) – обязательный элемент системы обращения с отходами.
- Автоматическая предварительная сортировка: **интеллектуальные роботизированные системы на основе машинного зрения и нейронных сетей глубокого обучения**. Это новая мировая тенденция.
- Признанный подход – создание **«Комплексной** системы обращения с отходами», которая включает в себя комплекс мер: от сокращения потенциальных отходов на стадии производства и до захоронения полностью обезвреженных остатков от переработки отходов.

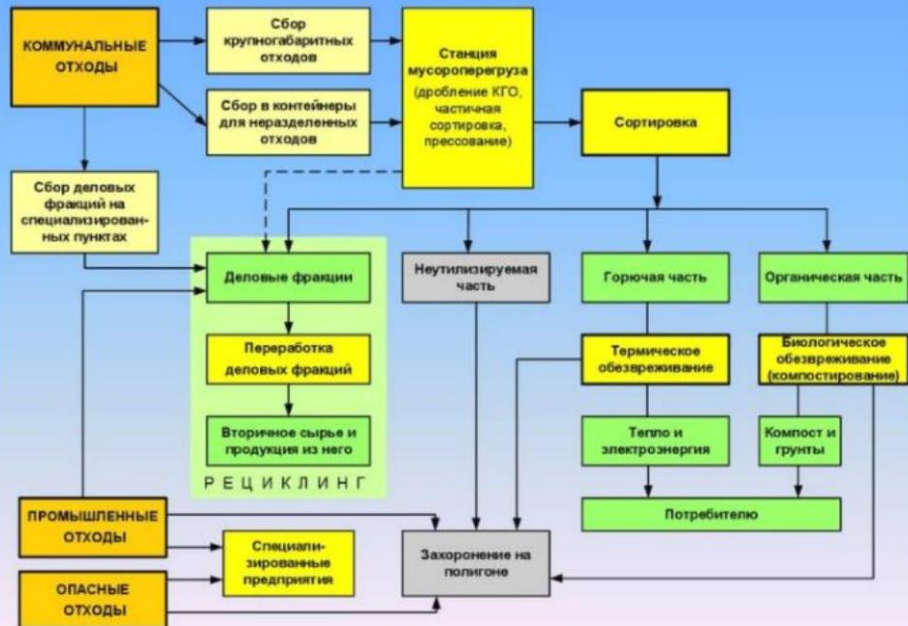
В России – крупные мусоросортировочные и мусороперерабатывающие заводы – это **иностранные** технологии. Отечественное оборудование – единичные экземпляры невысокой производительности.

**У НИИ и университетов есть научно-технические разработки, у промышленных предприятий – возможность организовать производство высокотехнологичной продукции.**

## ТИПИЧНАЯ СХЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В СТРАНАХ ЕС



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ СХЕМА СБОРА И ДВИЖЕНИЯ ТБО В КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ



- Ликвидация опасных объектов накопленного экологического вреда, **10 – 20 шт. в год.**
- Количество введенных в эксплуатацию производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов III–V классов опасности – **10 – 50 в год.**
- Доля твердых коммунальных отходов, направленных на утилизацию, в общем объеме ТКО – **40%.**
- Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку в общем объеме ТКО – **80%.**
- Введено в промышленную эксплуатацию **20 млн. тонн** мощностей по **обработке** ТКО.
- Введено в промышленную эксплуатацию **10 млн. тонн** мощностей по **утилизации** отходов и фракций после обработки ТКО.
- Сформированы система **оценки** и экспертное сообщество наилучших доступных технологий по переработке и утилизации ТЖКПО, создана база данных технологий, разработчиков и производителей.
- Построены, реконструированы (модернизированы) производства оборудования **экологического машиностроения.**
- Рекультивированы земельные участки, на которых расположены полигоны ТКО в границах городов – **50 ед. в год.**
- Уменьшение суммарной территории полигонов ТКО на **50%.**

**Научно-исследовательские институты Минобрнауки:** ИТ СО РАН, ИК СО РАН, ИЦИГ СО РАН, ИЭОПП СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИЭЭ РАН, ИВМиМГ СО РАН, ИХКГ СО РАН.

**Университеты:** НГУ, СибГУТИ, ТПУ, НГТУ, СГУГиТ, Новосибирский государственный аграрный университет, МГУ, Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского.

**Научные организации:** ОАО «ВТИ», ЗАО НПВП «Турбокон», ООО «ТЕРМОКОН».

**Проектные организации:** АО «ГСПИ».

**Промышленные предприятия:** ГК «Экоросстрой», ГК Росводоканал, АО «ОДК Авиадвигатель», ПАО «Силовые машины», ОАО «Таганрогский котельный завод», ГК «Евраз», ОАО «Калужский турбинный завод», АО «РЭП Холдинг», ФГУП «ЖКХ ННЦ», ОАО «СКБ Сибэлектротерм», ОАО «Машиностроительный завод ТРУД», АО «Завод «Экран», Холдинг «С2 ГРУПП», ООО «АКС Ресайклинг Машинери», ООО «ЭПОС- ИНЖИНИРИНГ», ООО «Сигма-Про», ООО «Тайгер-Сибирь», ООО «Кварта-Сервис», ООО "НТЦ "Турбопневматик", ООО ИФ «Магма», ООО «Электроплазменные технологии», ООО «Геос-Т», ТОО «Плазматехника R&D», АО «СКТБ «Катализатор».

*КНТП включает в себя **13** проектов, объединенных в **5** технологических направлений.*

- Интеллектуальное (**цифровое**) управление «Комплексными системами обращения с отходами» и технологическими процессами переработки отходов – цифровая платформа.
- Автоматическая **сортировка** ТКО на основе искусственного интеллекта.
- **Плазменная газификация**.
- **Пиролиз** с твердым теплоносителем для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и с/х комплексов.
- Сжигание и газификация топлив в **циркулирующем кипящем** слое для переработки отходов добычи и обогащения углей. **Совместное** сжигание органосодержащих отходов с ископаемыми топливами.
- Энергетическая **утилизация ТКО** для ТЭС электрической мощностью **12 МВт** и более.
- Технология низкоэмиссионного сжигания **жидких** горючих отходов с производством тепловой энергии.
- Производство **RDF** из органической части ТКО.
- Комплексная переработка **отвалов** рудообогатительных фабрик.
- Каталитические технологии окисления **иловых осадков** коммунальных и промышленных очистных сооружений.
- **Биотехнологическая** переработка органических отходов.
- Технологии **рекультивация** полигонов твердых коммунальных отходов с производством строительных материалов и вторсырья.
- **Модульные** комплексы для электроснабжения установок по переработке ТКО за счет сжигания низкокалорийного топливного газа собственного производства.

**Технологическое направление**  
**I. Цифровые технологии**

## Интеллектуальное (цифровое) управление «Комплексными системами обращения с отходами» и технологическими процессами переработки отходов

**Цель:** Стратегическое планирование, мониторинг и оперативное управление комплексными системами переработки отходов на 3 уровнях: предприятие, регион, страна.

### Результаты выполнения проекта:

- Интерактивная база данных структуры, объема и хранения отходов, технологий, предприятий по производству отходов, предприятий, производящих оборудование по переработке отходов, комплексов утилизации отходов.
- Интегрированное суперкомпьютерное программное обеспечение (цифровые платформы) математического моделирования процессов утилизации и переработки отходов, образования и состава выбросов, распространения продуктов переработки, а также оценки экологических последствий и экологического мониторинга.
- Создание базы данных по имеющимся и утилизируемым отходам для последующей статистической обработки и численных расчетов в разрабатываемых моделях.
- Появление цифровых двойников процессов переносов и трансформации загрязнения городской атмосферы, почвы и воды, что позволит оценивать различные сценарии воздействия на окружающую среду в зависимости от особенностей технологического процесса и условий функционирования предприятия по переработке ТКО, а также эффективности системы мониторинга.
- Картографирование состояния загрязнения территорий, оценки атмосферных выбросов примесей, анализ ингаляционных рисков здоровью населения.
- Будет построен вычислительный комплекс с пиковой производительностью более 0.5 ПФЛОПС и многоуровневая система хранения данных суммарной емкостью более 1ПБ.

**Инициатор и участники проекта:** ИВМиМГ СО РАН.

**Научно-технический задел:** алгоритмы и программы усвоения данных экологического мониторинга, модели и алгоритмы распространения загрязнений, методы оценки риска экологического загрязнения.

## Автоматическая сортировка ТКО на основе искусственного интеллекта

**Цель:** Разработка технологии автоматической роботизированной сортировки ТКО с отбором вторсырья, предназначенной для использования на мусоросортировочных комплексах для досортировки, сортировки пластиковой тары и других объемных отходов. Технология основана на алгоритмах распознавания образов, на применении искусственных нейронных сетей и мультиспектрального машинного зрения.

### Результаты выполнения проекта:

- Разработка и производство отечественных автоматических мусоросортировочных комплексов, оборудованных программно-аппаратными комплексами управления на основе искусственного интеллекта и базы данных образов.
- Производительность опытно-промышленных комплексов автоматической сортировки ТКО на основе нейронных сетей с отбором вторсырья – **5 тыс. т в год.**
- Производительность комплексов автоматической сортировки ТКО на основе нейронных сетей с отбором вторсырья – от **5 тыс. т** до **250 тыс. т в год.**
- Цена установки: менее **80 млн. руб.** на **50 тыс. тонн** перерабатываемых ТБО в год.

**Инициатор и участники проекта:** ИВМиМГ СО РАН, ИТ СО РАН, ООО «Сигма-Про», РЭО, ООО «Тайгер-Сибирь».

**Научно-технический задел:** алгоритмы и программы усвоения данных экологического мониторинга, модели и алгоритмы распространения загрязнений, методы оценки риска экологического загрязнения.

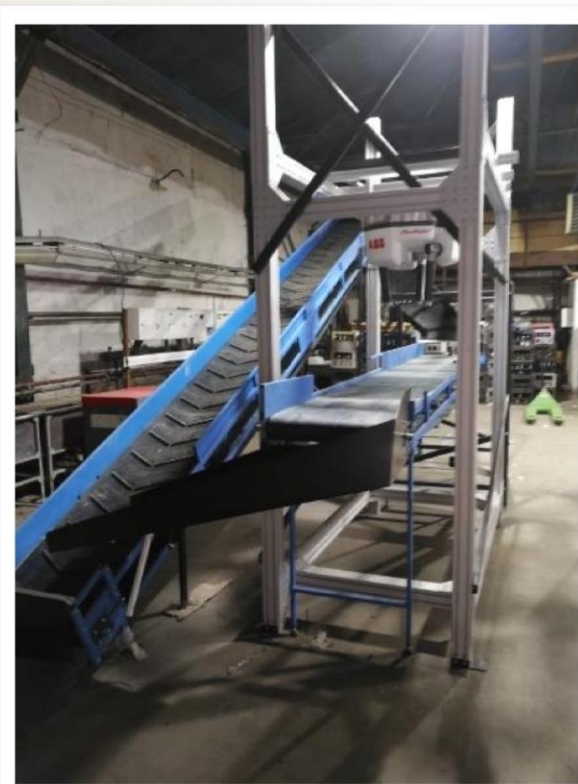


## Автоматическая сортировка ТКО на основе искусственного интеллекта

**Проект ФЦП:** «Разработка решений по созданию эффективной технологии **сортировки** твердых бытовых отходов на основе искусственных **нейронных сетей**» (ИТ СО РАН).



ИТ СО РАН, Тайгер-Сибирь



**Технологическое направление**  
**II. Термическая переработка ТКО**  
**и других органических отходов**

## Плазменная переработка ТКО

**Цель:** Разработка плазменных технологических процессов уничтожения твёрдых и жидких отходов; разработка плазменных процессов утилизации твёрдых коммунальных отходов, осадков сточных вод, золошлаковых отходов ТЭЦ, медицинских отходов; разработка новых мощных и эффективных источников плотной низкотемпературной плазмы; строительство и опытная эксплуатация опытно-промышленных образцов технологических процессов и установок.

### Результаты выполнения проекта:

Создание опытно-промышленной установки с производительностью:

- **2 т/ч** (16 тыс. т/год) – при газификации ТКО;
- **150 кг/ч** (1.2 тыс. т/год) – при высокотемпературной утилизации медицинских отходов;
- **100 кг/ч** (0.8 тыс. т/год) – при высокотемпературной минерализации опасных промышленных органических отходов.

Количество введенных в эксплуатацию комплексов в России: к 2025 году — **3 шт.**; к 2030 году — до **20 шт.**

**Инициатор и участники проекта:** ИТ СО РАН, ИЭЭ РАН, АО «ОДК Авиадвигатель», АО «Сибэлектротерм», ООО «Трипл-СП».

**Научно-технический задел:**

## Плазменная переработка ТКО

Комплекс **плазменной** переработки ТКО с использованием газовых турбин 16 МВт на 127 000 тонн ТКО в год

ТКО

Плазменно-реакторный комплекс  
6 плазмотронов по 2 МВт

Синтез-газ

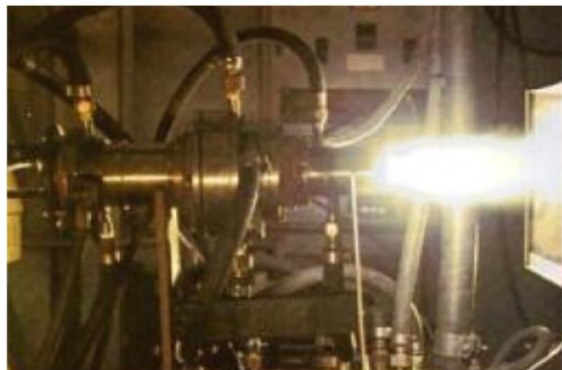
Газотурбинная установка  
16 МВт

Выхлопные газы

Котел-утилизатор

Пар

Паровая турбина  
4,6 МВт



1. АО «ОДК-Авиадвигатель» (Пермь).
  2. Институты и предприятия Новосибирска.
- Подана заявка на проект **КНТП** от АО «ОДК-Авиадвигатель»



## Плазменная переработка ТКО

В ИЭЭ РАН разработаны:

- плазменные технологии переработки органосодержащих отходов,
- плазменные технологии высокотемпературной минерализации жидких токсичных веществ,
- рабочий проект установки плазменной высокотемпературной минерализации отходов здравоохранения классов Б, В и Г.

Создана линейка **плазмотронов** переменного тока до 500 кВт.



Создана экспериментальная база, включающая: установку **плазменной газификации** отходов; установку по уничтожению **жидких** токсичных отходов; элементы установки по переработке опасных **медицинских** отходов.

## Пиролиз с твердым теплоносителем для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и с/х комплексов

**Цель:** Разработка научных основ и создание опытно-промышленной установки – полигенерирующей системы для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и сельскохозяйственного комплексов.

### Результаты выполнения проекта:

Опытно-промышленная установка с тепловой мощностью до **10 МВт** с долей выработки электроэнергии до **30 %** и КПД более **30 %**, производящая генераторный газ с теплотой сгорания **12 – 14 МДж/м<sup>3</sup>** и соотношением водорода и монооксида углерода, пригодным к получению компонентов моторных топлив без использования водорода. Снижение вредных выбросов в **5 – 10** раз по сравнению с существующими котельными.

**Инициатор и участники проекта:** ОАО «ВТИ»

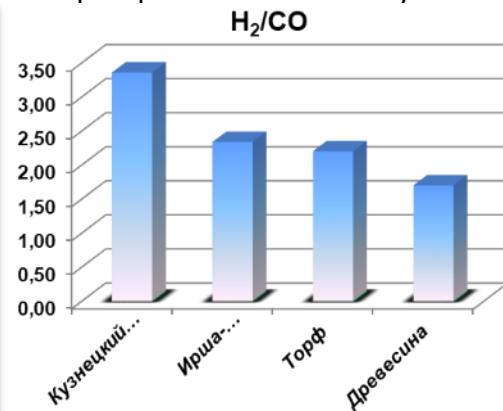
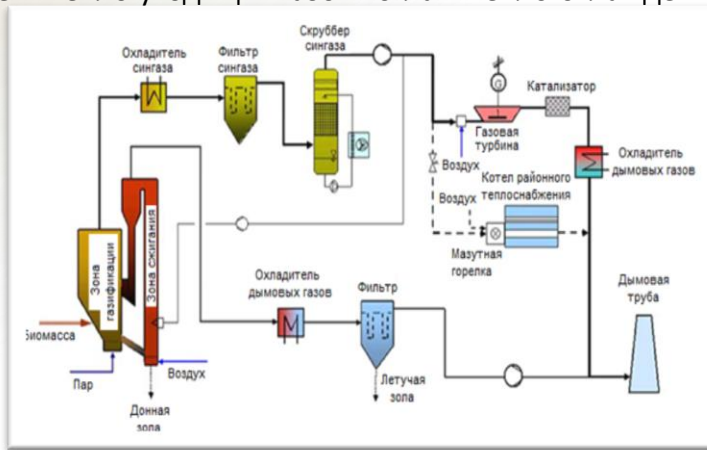
**Научно-технический задел:** Выполнены исследования совместно с научными организациями Китая, в том числе по прямым договорам с ними, фундаментальные исследования по 4 договорам с РФФИ. Некоторые результаты доложены на 3 крупных международных конференциях в Китае, Польше и США. Опубликованы около 10 статей в высокорейтинговых журналах. Имеется лабораторная установка и крупная аэродинамическая установка, а также достаточно полная база для изучения свойств отходов и получаемых продуктов.

## Пиролиз с твердым теплоносителем для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и с/х комплексов

**Технология позволяет снизить учитываемые выбросы парниковых газов.**

Установка (полигенерирующая система) состоит из двух связанных реакторов с **кипящим** и **циркулирующим** кипящим слоем. В реакторе с кипящим слоем происходит паровая газификация твердых топлив с получением генераторного газа с теплотой сгорания 12 – 16 МДж/м<sup>3</sup>. Тепло для процесса подводится твердым теплоносителем из реактора (котла) с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), в котором дожигается кокс. Пар из котла с ЦКС или котла-утилизатора тепла дымовых газов используется для ожижения в реакторе с кипящим слоем. Тепло уходящих газов котла и тепло охлаждения генераторного газа используются для теплоснабжения.

Очищенный **генераторный газ** поступает в газопоршневой агрегат, за которым устанавливается либо теплообменник системы теплоснабжения, либо водогрейный котел-утилизатор для генерации пара. Генераторный газ может также использоваться для получения моторных топлив (процесс Фишера-Тропша).



## Сжигание и газификация топлив в циркулирующем кипящем слое для переработки отходов добычи и обогащения углей. Совместное сжигание органосодержащих отходов с ископаемыми топливами

**Цель:** Разработка научных основ и создание опытно-промышленной установки для переработки отходов добычи и обогащения углей в циркулирующем кипящем слое.

**Результаты выполнения проекта:** Разработана экологически чистая технология термической переработки отходов добычи и обогащения углей в **циркулирующем** кипящем слое. Создана опытно-промышленная установка с тепловой мощностью до **300 МВт**, производством в год до 700 тыс. МВт·ч электроэнергии и до 100 тыс. Гкал тепла с высокой рентабельностью за счет низкой цены топлива, с производительностью по отходам до **600 тыс. тонн в год**. Снижение вредных выбросов оксидов азота и серы, выбросов парниковых газов (при совместном сжигании ископаемых топлив и биомассы без использования специальных средств улавливания азота и серы) - в **5 – 10** раз. Рост эффективности работы ТЭС за счет топливной гибкости котлов с ЦКС и возможности работы при глубоких разгрузках в ночное время.

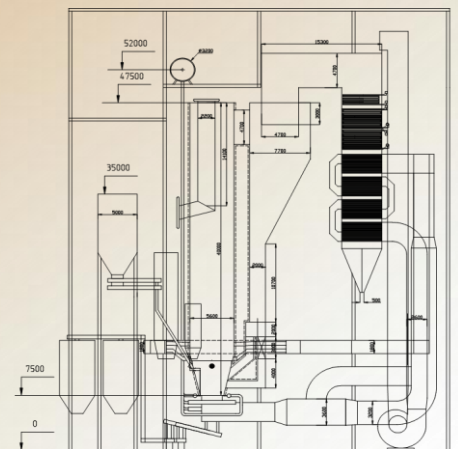
**Инициатор и участники проекта:** ОАО «ВТИ»

**Научно-технический задел:** Выполнены многочисленные исследования на стендовых установках и близких аналогов на промышленных объектах, финансируемые в том числе фондом «Энергия без границ» и Минобрнауки. Ряд результатов доложен на 4 международных конференциях в Китае, США, Германии, Финляндии. Опубликовано 12 статей по указанным проблемам, имеется патент на полезную модель.



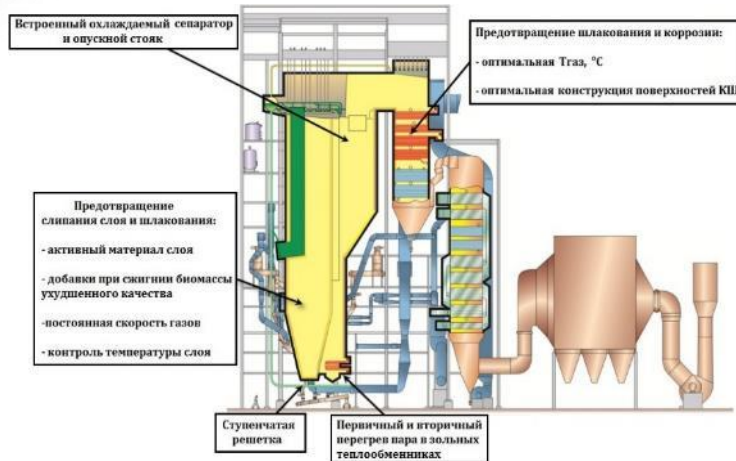
## Сжигание и газификация топлив в циркулирующем кипящем слое для переработки отходов добычи и обогащения углей. Совместное сжигание отходов с ископаемыми топливами

Технология циркулирующего кипящего слоя позволяет эффективно с минимальными вредными выбросами сжигать отходы **добычи и обогащения угля**. Их сжигание в традиционных котлах затруднено по причине высокой зольности, повышенного содержания серы и в ряде случаев низкого выхода летучих. При этом получается донная и летучая зола в сухом виде, которая может быть использована в малоэтажном строительстве, дорожных покрытиях и для закладки в отработанные шахты. Этим осуществляется принцип циркулярной экономики. **Совместное** сжигание отходов (в основном – биомассы) с ископаемыми топливами дает быстрый и экономичный способ частичной декарбонизации выработки электроэнергии из угля в краткосрочной и среднесрочной перспективе.



Продольный разрез котла с ЦКС для угольной ТЭЦ нового поколения.

Ключевые особенности современного БиоЦКС-котла, по данным компании SFW.



## Энергетическая утилизация ТКО для ТЭС электрической мощностью 12 МВт и более

**Цель:** Разработка технологических основ экологически безопасного метода энергетической утилизации ТКО для создания отечественной ТЭС, основным топливом которой являются ТКО (ТЭС на ТКО), с учетом мирового опыта, перспективных направлений в развитии российской электроэнергетики и современного состояния отечественного машиностроения в России.

**Результаты выполнения проекта:** Создание опытно-промышленной ТЭС производительностью по сжигаемым ТКО – **180 тыс. т** в год, электрической мощностью - **12 МВт**, с производством **тепловой** энергии и **золошлаковых инертных** полуфабрикатов для использования в стройиндустрии и дорожном строительстве. Уровень вредных выбросов ТЭС не превышает установленных норм по Европейским стандартам.

Количество вводимых в эксплуатацию ТЭС различной мощности – до **30** единиц.

**Инициатор и участники проекта:** ОАО «ВТИ»

**Научно-технический задел:** 25-летний опыт по наладке, испытаниям и освоению в эксплуатацию импортного оборудования на московских ТЭС на ТКО. Разработка технических предложений по созданию отечественных типовых энерготехнологических комплексов для термической переработки ТКО, разработанных по контракту с Правительством Москвы. Результаты исследования эффективности различных методов очистки газообразных продуктов сгорания от токсичных составляющих, образующихся при сжигании отечественных ТКО на полупромышленном образце в г. Череповец. По результатам работ опубликовано более 50-ти статей в высокорейтинговых журналах. Имеется стендовая установка для исследования коррозионной стойкости материалов труб для пароперегревательных поверхностей нагрева котлов, сжигающих ТКО.

## Технология низкоэмиссионного сжигания жидких горючих отходов с производством тепловой энергии

**Цель:** Разработка технологии низкоэмиссионного сжигания жидких горючих отходов в присутствии водяного пара с производством тепловой энергии, в том числе для топлив в виде водоугольной суспензии.

### Результаты выполнения проекта:

Разработка опытно-промышленного комплекса производительностью по отходам 5 т в сутки (**2 МВт**). Производство комплексов производительностью от **200 кВт** до **20 МВт** (от 0,5 до 50 т/сутки).

**Инициатор и участники проекта:** ИТ СО РАН, ООО «ЗиО-КОТЭС»



**Технологическое направление  
III. Технологии сушки,  
измельчения и классификации  
твердых коммунальных и  
промышленных отходов**

## Производство RDF из органической части ТКО

**Цель:** Разработка высокоэффективной технологии и комплекса оборудования с получением альтернативного топлива RDF (refuse derived fuel) из высококалорийных компонентов твердых бытовых отходов (пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр.) с теплотворной способностью не менее **20 000 кДж/кг**.

**Результаты выполнения проекта:**

Создание опытно-промышленного комплекса по производству RDF производительностью **2 - 10 т/ч**.

**Инициатор и участники проекта:** ООО «Кварта-Сервис».

**Научно-технический задел:** экспериментальный комплекс на **100 кг/ч**.

## Комплексная переработка отвалов рудообогатительных фабрик

**Цель:** Разработка инновационной ресурсо- и энергосберегающей технологии комплексной переработки отвалов рудообогатительных фабрик за счет их сухого (вторичного) обогащения, позволяющей получать металлосодержащие промпродукты и сырье для производства широкого спектра строительных материалов.

### Результаты выполнения проекта:

Создание опытно-промышленного образца установки на хвостохранилище №1 Мундыбашской обогатительной фабрики (Кемерово) на **150 тыс. т/год**.  
Уменьшение массы накопленных отходов РОФ на **50%** за **40 лет**.

**Инициатор и участники проекта:** ИТ СО РАН, НГАСУ (Сибстрин), СибГИУ.

**Научно-технический задел:** Разработаны опытно-промышленные установки для различного вида сырья и отходов. Установка производительностью 1 т/час внедрена в производство тонкодисперсного порошка (< **100 мкм**) из опал-кристобалитовых пород влажностью **38%** в г. Челябинске. (Соглашение по ФЦП «ИиР»).

**Технология:** Совмещение процессов сушки, помола и обогащения сырья в одном аппарате; помол сырья методом самоизмельчения и «свободного удара» в вихревом потоке, высокая дисперсность частиц; возможность многоцелевого использования линии для различных видов минерального сырья.



**Технологическое направление**  
**IV. Каталитические**  
**и биотехнологии**

## Каталитические технологии окисления иловых осадков коммунальных и промышленных очистных сооружений

**Цель:** Создание опытно-промышленных комплексов, их производство и внедрение. В основе технологии - **каталитическое** окисление иловых осадков коммунальных и промышленных очистных сооружений.

### Результаты выполнения проекта:

- Разработка типоразмерного ряда установок термокаталитического окисления иловых осадков сточных вод.
- Строительство опытно-промышленной установки на территории Заказчика общей производительностью не менее **100 000 т/год** по влажному осадку.
- Организация производства типоразмерного ряда установок термокаталитического окисления иловых осадков сточных вод с годовой производительностью не менее 6 комплексов оборудования в год.
- Реализация проекта позволит первоначально вводить в эксплуатацию не менее **6 комплексов** по термокаталитической утилизации иловых осадков в год с суммарной производительностью до **300 тыс. т/год** по влажному илу.

**Инициатор и участники проекта:** ИК СО РАН, Росводоканал

**Научно-технический задел:** Разработка прошла все стадии НИОКР, успешно проявила себя в лабораторных и пилотных исследованиях и перешла на этап внедрения в промышленный сектор. Технология защищена рядом патентов как на применяемый в процессе катализатор, так и на используемые технические решения.

Технология вошла в перечень **Наилучших Доступных Технологий (Приказ №2118 от 23.12.2020 Росстандарт)**



## Каталитические технологии окисления иловых осадков коммунальных и промышленных очистных сооружений

### Каталитическое сжигание иловых осадков

**Принцип:** Сжигание илового осадка в кипящем слое катализатора.

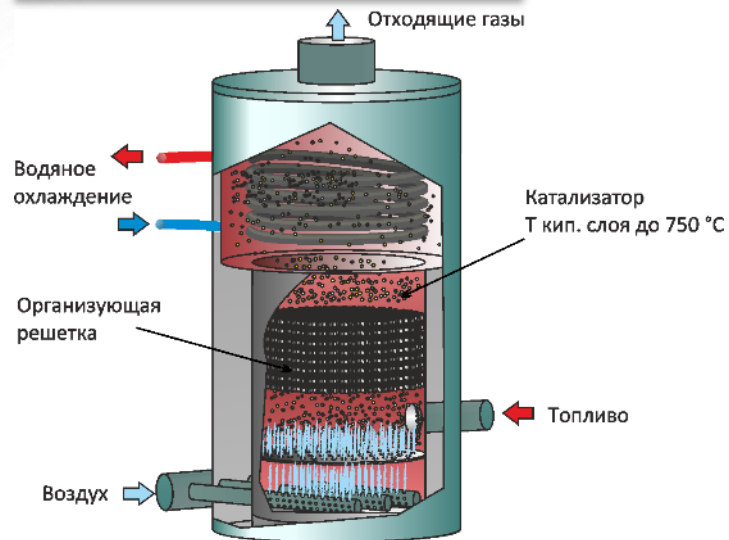
**Текущее состояние:** Начато строительство первой очереди комплекса по утилизации иловых осадков в г. Омск (производительность **1.5 тонн/час**).

### Возможности:

- Сжигание без дополнительного топлива (при влажности  $\leq 75\%$ )
- Температура горения: **650 - 750°C**
- Концентрации вредных веществ **ниже ПДВ**
- Степень выгорания осадка: **~ 99%**
- Зола: **4 - 5** класс опасности
- Установки производительностью **0.5 - 4.5 т/ч** по сухому веществу

Каталитический реактор кипящего слоя.

Отсутствует необходимость использования сложной системы очистки газов от вредных выбросов.



## Биотехнологическая переработка органических отходов

**Цель:** Разработка (био)технологии переработки органической части твердых коммунальных отходов, отходов пищевых комбинатов, свиноферм и птичников, других органических загрязнений в инертную иловую массу.

**Результаты выполнения проекта:**

- Разработаны комплексы **микроорганизмов** двухстадийной переработки органической фракции ТКО отходов пищевых комбинатов, свиноферм и птичников, других органических загрязнений до инертного ила.
- Разработан демонстрационный стенд площадью **1 000 м<sup>2</sup>** с производительностью по отходам **1000 т в год**.
- Количество отходов пищевых комбинатов, свиноферм и птичников, переработанных в инертную иловую массу по данной технологии, составляет не менее **40%** от их общего объёма.

**Инициатор и участники проекта:** ИЦиГ СО РАН.

**Научно-технический задел:** Коллекция микроорганизмов ИЦиГ СО РАН - более 2500 чистых и смешанных культур, 95% коллекции составляют микроорганизмы, использующие для роста различные органические субстраты. Выполнены исследования микробных сообществ метагеномными методами, впервые проведено описание состава и структуры бентосного микробного сообщества экстремальной экосистемы Камчатки. Для ряда штаммов коллекции, выделенных из экстремальных экосистем, проведено полногеномное секвенирование и аннотирование их геномов. На основе термофильных микроорганизмов коллекции были созданы рекомбинантные штаммы *Geobacillus*.

**Центры коллективного пользования:** ЦКП микроскопического анализа биологических объектов СО РАН, ЦКП «Геномика» СО РАН, ЦКП Протеомных исследований ИЦиГ СОРАН, ЦКП «Биоинформатика».

**Технологическое направление**  
**V. Модульные**  
**энерготехнологические комплексы**

## Технологии рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов с производством строительных материалов и вторсырья

**Цель:** Создание модульных комплексов по рекультивации полигонов на основе сочетания технологий механической переработки ТКО, автоматической сортировки и плазменной газификации органического остатка.

### Результаты выполнения проекта:

- Уменьшение суммарной площади полигонов на **50%**.
- Создан опытно-промышленный образец модульного
- комплекса по рекультивации полигонов
- производительностью **40 тыс. т в год**.

### Инициатор и участники проекта:

ИТ СО РАН, ФГУП «ЖКХ ННЦ»

Расположение предлагаемого завода по переработке ТКО в Академгородке, Новосибирск





# Проект №12

## Технологии рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов с производством строительных материалов и вторсырья

Академгородок 2.0 : Система обращения с твердыми коммунальными отходами с извлечением вторсырья и производством синтез-газа и электроэнергии

Продукция , услуги	Переработка ТКО ННЦ СО РАН, поступающих на полигон <a href="#">ФГУП «ЖКХ ННЦ»</a> (50 тыс. т/год) с производством вторсырья: стекла, черного и цветного металла, пластика; с производством энергии в виде синтез-газа, электроэнергии и тепла; технология автоматизированной сортировки и отбора вторичных материальных ресурсов с использованием самообучающихся алгоритмов на основе нейронных сетей; технология плазменной газификации органического остатка с производством синтез-газа и электроэнергии.
Мощность планируемого производства	Переработка ТКО – 50 тыс. т /год, производство вторсырья – не менее 20% от массы ТКО, в том числе 5% стекла (2,5 тыс. т/год), 5% металла (2,5 тыс. т/год), 10% полимеров (5 тыс. т/год). Производство синтез-газа – 1 м <sup>3</sup> на 1 кг органического остатка ТКО - 40 тыс. т/год с возможностью получения электроэнергии, Производство строительного шлака – 7,5 тыс. т/год. Производство тепла – 50 Гкал/год (для собственных нужд)
Расположение	на полигоне ТКО ФГУП «ЖКХ ННЦ», использование синтез-газа – на ТС-2 ФГУП "Управление энергетики и водоснабжения" (ФГУП "УЭВ") для отопления и производства горячей воды в системе ЖКХ ННЦ
Исполнители	ИТ СО РАН, ИТПМ СО РАН и ИВТ СО РАН, ФГУП «ЖКХ ННЦ», ФГУП "УЭВ«, АО «ОДК-Авиадвигатель» - Пермь, ОАО «СКБ Сибэлектротерм», ООО «СКБ Сибэлектротерм»; ООО Спецзавод «Квант» -
Стоимость	1,4 млрд. руб. в ценах 2019 года

## Модульные комплексы для электроснабжения установок по переработке ТКО за счет сжигания низкокалорийного топливного газа собственного производства

**Цель:** Создание энергоэффективных модульных энергокомплексов для обеспечения электроснабжения установок по переработке ТКО за счет сжигания низкокалорийного топливного газа собственного производства.

### Результаты выполнения проекта:

- Разработан опытно-промышленный энергокомплекс на низкокалорийном топливном газе мощностью **500 – 1000 кВт**.
- Разработан типоразмерный ряд энергокомплексов от **500 кВт** до **5 МВт**.
- Свободно комбинируемые технологии переработки городских отходов:
  - Автоматическая сортировка ТБО;
  - Плазменная газификация ТБО;
  - Сжигание ТБО.

**Инициатор и участники проекта:** ЗАО НПВП «Турбокон», ООО «НПО «ТЭМИ» , ООО «ЛЕСЭНЕРГО»  
ООО «Проектно-конструкторский центр «Бийскэнергопроект», ООО «Энергоресурс-СП».

**Научно-технический задел:**

## Модульные комплексы для электроснабжения установок по переработке ТКО за счет сжигания низкокалорийного топливного газа собственного производства

### Комбинации модулей

Автоматическая сортировка и плазменная утилизация ТБО с выработкой электроэнергии



- + Высокая экономическая эффективность и высокая экологичность.
- Высокие кап. затраты и необходимость решения вопроса с передачей электроэнергии в городские сети.

**Современный завод по переработке ТБО.**

**Лучшее решение для реперофилирования существующих полигонов.**

## Утилизационные установки ОЦР (Органический цикл Рэнкина)



Утилизационная установка БУТЭК-0.5 мощностью 0.5 МВт (э) на водяном паре.



Стенд для исследований макетов теплообменников установки ОЦР. Лаборатория МНИЛ ЗАО НПВП «Турбокон», г. Калуга

Утилизационная установка ОЦР. Проект ЗАО НПВП «Турбокон»



Патент ООО «ТЕРМОКОН» на одноконтурную установку ОЦР.



## Плазменная переработка отходов

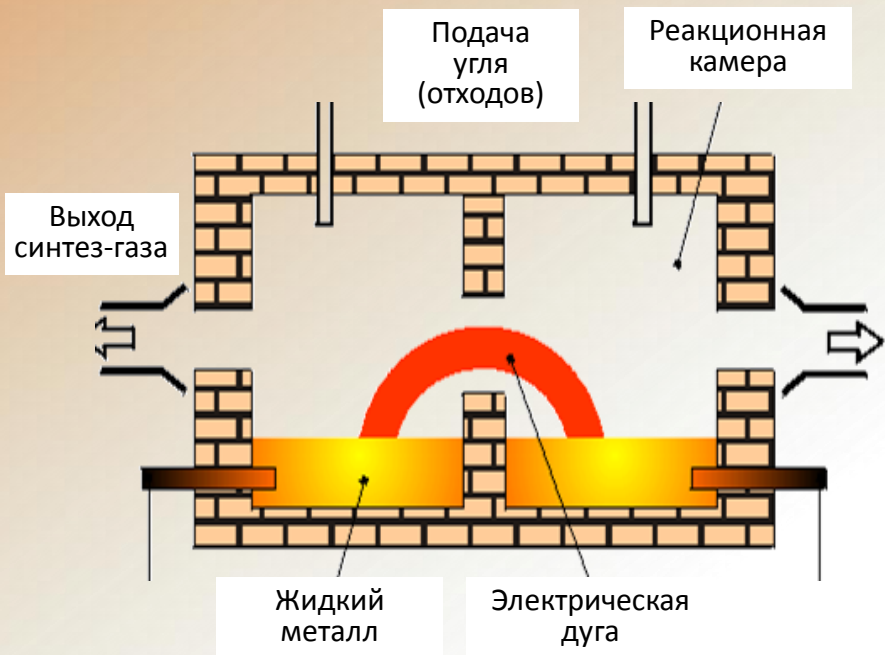


Схема и общий вид плазмотрона с жидкометаллическими электродами мощностью **0.5 МВт**.  
 Мощность плазмотрона практически **не имеет ограничений**.

## Комплексная районная тепловая станция (КРТС) 40 – 150 тыс. т ТКО в год

ИТ СО РАН  
Техэнергохимпром  
ВНИПИЭТ



**Технология** термической переработки отходов предусматривает следующие процессы:

- приём и хранение отходов под **разрежением**;
- сжигание отходов **во вращающейся печи** при температуре **850...950 °C**;
- дожигание дымовых газов в **вихревом дожигателе** при температуре **1100..1300 °C**;
- **утилизацию** высокопотенциального тепла в котле-утилизаторе;
- многоступенчатую **очистку** дымовых газов методом щелочной абсорбции;
- утилизацию низкопотенциального тепла **тепловыми насосами**.

## Конверсия органических веществ в сверхкритической воде (СКВ)

**СКВ** – активный растворитель органических веществ и кислорода ( $P > 22$  МПа,  $T > 374$  °С)

### Назначение

- Конверсия органических веществ в жидкое углеводородное топливо (**ЖУВТ**).
- Сжигание органических веществ с получением высокоэнтальпийных продуктов для энергетических установок.
- Органические вещества: уголь и отходы углеобогащения, нефтяные остатки, биологические илы, канализационные стоки.

ИТ СО РАН



Реактор газификации угля при встречной подаче водоугольной суспензии и водокислородной смеси

С целью реализации КНТП на региональном уровне с учетом специфических местных условий предусмотрено создание **8** профильных **экотехнопарков**:

- в **Новосибирской области** – по технологиям переработки ТКО с производством электроэнергии и рекультивации полигонов;
- в **Кемеровской области** – по переработке отходов сжигания углей, углеобогащения;
- в **Омской области** – по переработке жидких коммунальных отходов;
- в **Ивановской области** – по технологиям переработки ТКО с производством электроэнергии и рекультивации полигонов;
- в **Тюменской области, ХМАО, ЯНАО** – по утилизации отходов нефтедобычи;
- в **Нижегородской области** – по переработке промышленных отходов;
- в **Республике Алтай** – по утилизации органических пищевых отходов с выработкой электроэнергии;
- в **Республике Крым** – по утилизации органических пищевых отходов с выработкой электроэнергии.

Предлагаемые объемы и источники финансирования комплексной программы

1 этап – всего **120 млн. руб.**, из них средства федерального бюджета – **70%**.

2 этап – всего **9,4 млрд. руб.**, из них средства федерального бюджета – **50 %**.

3 этап – всего **8 млрд. руб.**, из них средства федерального бюджета – **30%**.

Этап	Стоимость, млн. руб.	Источники финансирования	В том числе по этапам		
			1	2	3
1 ТЭО	120	70% бюджет	84		
		30% внебюджет	36		
2 НИОКР	9 400	50% бюджет		4 700	
		50% внебюджет		4 700	
3 Промышленное производство, масштабирование выхода на международный рынок	8 000	30% бюджет			2 400
		70% внебюджет			5 600
Итого	7 184	бюджет	84	4 700	2 400
	10 336	внебюджет	36	4 700	5 600
	17 520		120	9 400	8 000

- ППК «Российский экологический оператор»
- АО «ОДК-Авиадвигатель»
- Межрегиональная ассоциация экономического взаимодействия субъектов Российской Федерации «Сибирское соглашение»
- Правительство Севастополя
- Севастопольский государственный университет
- ООО «ЗиО-КОТЭС»
- ООО Спецзавод «Квант»
- ООО «НПО «ТЭМИ»
- ООО «ЛЕСЭНЕРГО»
- ООО «Проектно-конструкторский центр «Бийскэнергопроект»
- ООО «Энергоресурс-СП»
- ООО «ТРИПЛ-СП»
- ООО «ЭРС»
- Сибирский государственный университет геосистем и технологий
- ОАО «СКБ Сибэлектротерм»
- ООО «Электроплазмотех»
- ФГУП «ЖКХ ННЦ» и ФГУП «УЭВ»

Срок реализации КНТП — **7 лет**.

## **1 этап – подготовительный. 1 год.**

Выбор наиболее перспективных отечественных технологий переработки и утилизации коммунальных и промышленных отходов и уменьшения накопленных экологических проблем (в том числе рекультивации полигонов, хвостов, отвалов).

Разработка технико-экономического обоснования и дорожных карт выполнения НИОКР и проектов полного инновационного цикла.

## **2 этап – НИОКР. 3 года.**

Выбор консорциумов исполнителей, доведение технологий до высокого уровня готовности, в том числе завершение НИОКР. Разработка опытно-промышленных образцов установок и комплексов, модельных полигонов.

## **3 этап – промышленное производство, с третьего года.**

Организация промышленного производства установок и комплексов и оснащение ими предприятий и организаций, производящих и накапливающих ТКО и промышленные отходы.

Масштабирование технологий, выход на международные рынки. Срок: **2025–2027** гг.

**Спасибо за внимание!**