

31 мая 2022



КНТП «Комплексные системы обращения с коммунальными и промышленными отходами»

Алексенко Сергей Владимирович,

академик РАН, научный руководитель ИТ СО РАН, aleks@itp.nsc.ru

Маркович Дмитрий Маркович,

академик РАН, директор ИТ СО РАН, director@itp.nsc.ru

Перепечко Людмила Николаевна,

д.э.н., руководитель Центра трансфера технологий ИТ СО РАН, ludmila@itp.nsc.ru

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

630090, Россия , г. Новосибирск , проспект Академика Лаврентьева , д.1



Общие сведения о КНТП

2

КНТП «Комплексные системы обращения с коммунальными и промышленными отходами»

Инициатор КНТП: **Институт теплофизики СО РАН, академик РАН С.В. Алексеенко.**

Ответственный исполнитель-координатор: **Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.**

Соисполнители комплексной программы: **Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.**

Заказчики программы: **Российский экологический оператор, ГК «Ростех», ГК «Росатом», ФГБУ «РЭА», АО «ОДК Авиадвигатель», ПАО «Силовые машины», АО «Группа компаний «Ренова», ФГУП «ФЭО», ГК «Экоросстрой»**

Комплексная программа включает в себя **5 технологических направлений и 16 проектов.**

Предусмотрено создание **8 профильных экотехнопарков и модельных полигонов.**

Срок реализации КНТП — 7 лет.

1 этап – НИОКР. Доведение технологий до высокого уровня готовности. Разработка опытно-промышленных образцов установок и комплексов, модельных полигонов. Срок: 2022 - 2024 гг.

2 этап – опытно-промышленное производство, со второго года. Организация промышленного производства установок и комплексов и оснащение ими предприятий и организаций, производящих и накапливающих ТКО и промышленные отходы. Срок – 2023-2026 гг.

3 этап - масштабирование технологий, выход на международные рынки. Срок: 2026 - 2028 гг.

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.

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».

Предполагаемые показатели :

- общий объем инвестиций 55,97 млрд.руб.; из них госбюджет - **12 855 млн. руб.**
- суммарный валовой объем продаж на конец 2028 года 44,085 млрд.руб.;
- общая выработка на одного работника от валового объема продаж на конец 2028 года - 25,56 млн.руб.
- налоговые отчисления за время реализации Программы от всех проектов 15, 307 млрд.руб.
- суммарное количество созданных рабочих мест – 1 725 ед.

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**.

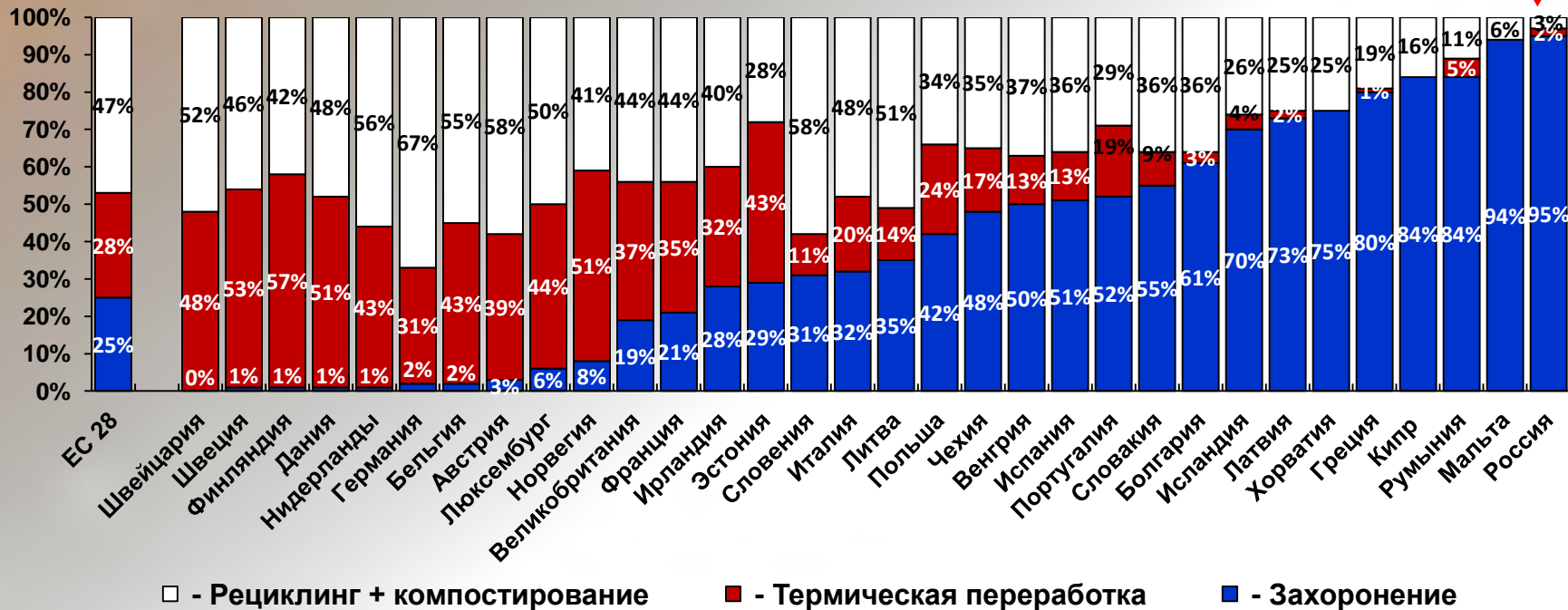
Мировая тенденция: **Waste-to-Energy**. Теплота сгорания = 4200–7500 кДж/кг (бурый уголь 10 400 кДж/кг).

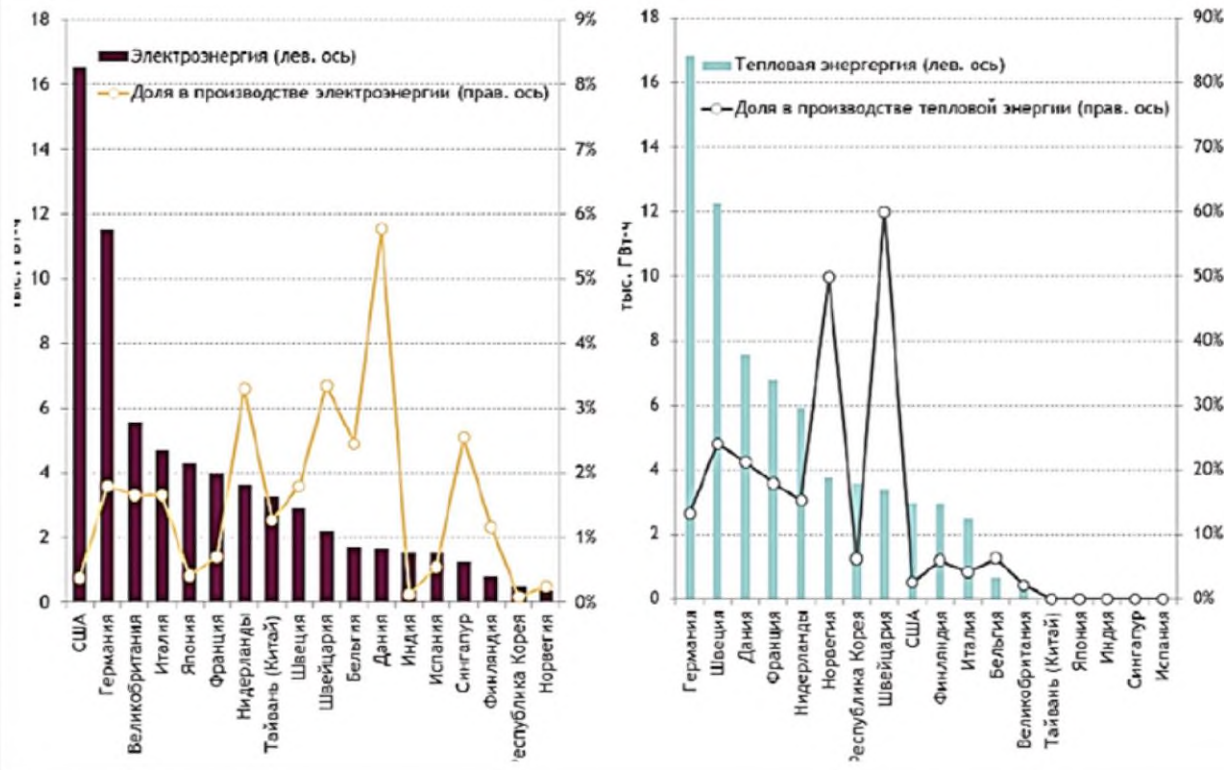
- В настоящее время в мире эксплуатируется примерно **2 450** предприятий для термической переработки ТКО общей производительностью **368 млн. т. отходов в год**. Основные технологии: топки с механическими колосниковыми решетками; около 200 топок с кипящим слоем; примерно 20 барабанных печей, где сжигают 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

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 **CO₂**.

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 **иностраные** технологии. Отечественное оборудование – единичные экземпляры невысокой производительности.

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

Ликвидация объектов накопленного экологического вреда, шт.- не менее **50 в год**;
введено в эксплуатацию производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов III-V классов опасности – не менее **10 в год**;

доля твердых коммунальных отходов, направленных на утилизацию - не менее **40%**;

доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку - не менее **80%**.

Построены, реконструированы (модернизированы) производства оборудования экологического машиностроения.

Введено в промышленную эксплуатацию **производственных** мощностей по утилизации коммунальных отходов – не менее чем на **10 млн. т в год** и промышленных отходов – **не менее 50 млн. т в год**.

Сформированы система оценки и экспертное сообщество наилучших доступных технологий по переработке и утилизации ТЖКПО, создана база данных технологий, разработчиков и производителей.

Рекультивированы земельные участки, на которых расположены полигоны ТКО в границах городов – **50 ед. в год**.



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, ИНХС РАН, ИПУ РАН, ОИВТ РАН.

Университеты: НГУ, СибГУТИ, ТПУ, НГТУ, СГУГиТ, НГАСУ (Сибстрин), МГУ, КГУ им. К.Э. Циолковского.

Научно-исследовательские организации: ОАО «ВТИ», ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем», НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей».

Госкорпорации и гос.учреждения: ГК «Ростех», ФГУП «ФЭО», ГК Росатом, ФГБУ РЭА Минэнерго, ППК РЭО

Компании-переработчики ТКО: ФГУП «ЖКХ ННЦ», ООО «Экология-Новосибирск», ООО «Тайгер-Сибирь»

Промышленные предприятия: АО «Группа компаний «РЕНОВА», ГК «Экоросстрой», ГК Росводоканал, АО «ОДК Авиадвигатель», ЗАО НПВП «Турбокон», ООО «ТЕРМОКОН», ООО НПП «Донские технологии», ОАО «Калужский турбинный завод», АО «РЭП Холдинг», Холдинг «С2 ГРУПП», ООО «Сигма-Про», ООО "НТЦ "Турбопневматик", ООО ИФ «Магма», ООО «Геос-Т», ТОО «Плазматехника R&D», АО «СКТБ «Катализатор».



*КНТП включает в себя **16** проектов, объединенных в **5** технологических направлений.*

- **Цифровая технология** управления обращения с отходами
- Технология **автоматической сортировки ТКО** с использованием системы распознавания образов на основе нейронных сетей с отбором вторсырья
- Технология **плазменной газификации ТКО и других органических отходов** с получением синтез-газа и инертного шлака
- **Пиролизная технология** для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и сельскохозяйственного комплексов
- **Технология переработки отходов добычи и обогащения углей** и других органосодержащих отходов **в циркулирующем кипящем слое**
- **Технология термической переработки ТКО на ТЭС** типового ряда 12 МВт, 24 МВт и 36 МВт
- **Технология утилизации жидких горючих отходов** и некондиционных жидких углеводородов
- **Технология глубокой переработки** твердых коммунальных отходов комбинированным **методом оксипиролиза и газификации**
- Комплексная **безотходная технология глубокой переработки и утилизации продуктов сжигания твердого топлива** на тепловых электростанциях и котельных
- **Технология комплексной переработки отвалов рудообогатительных фабрик** за счет их сухого (вторичного) обогащения, позволяющую получать металлосодержащие промпродукты и сырье для производства широкого спектра строительных материалов
- **Технология комплексного использования лежалых хвостов углеобогатительных фабрик**
- **Технологи каталитического окисления иловых осадков** коммунальных и промышленных очистных сооружений
- **Биотехнология двухстадийной переработки органической фракции ТКО** отходов пищевых комбинатов, свиноферм и птичников, других органических загрязнений до инертного ила с использованием микроорганизмов
- **Технология химической переработки полимерных отходов** в моторные топлива. **Технологии производства моторных топлив** и нефтехимического сырья из продуктов газификации отходов
- **Технология рекультивации полигонов ТКО** на основе сочетания технологий механической переработки, автоматической сортировки и плазменной газификации органического остатка
- **Технология электрогенерации** за счет сжигания низкокалорийного топливного газа, образующегося при плазменной газификации ТКО

Технологическое направление
I. Цифровые технологии

Цифровая технология управления обращения с отходами

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 предприятий 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.

Технология автоматической сортировки ТКО с использованием системы распознавания образов на основе нейронных сетей с отбором вторсырья

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.

Технология автоматической сортировки ТКО с использованием системы распознавания образов на основе нейронных сетей с отбором вторсырья

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

Технология плазменной газификации ТКО и других органических отходов с получением синтез-газа и инертного шлака

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:

Технология плазменной газификации ТКО и других органических отходов с получением синтез-газа и инертного шлака

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

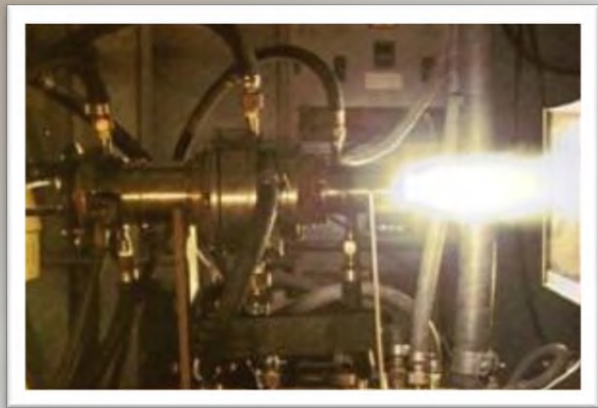
Газотурбинная установка
16 МВт

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»



Технология плазменной газификации ТКО и других органических отходов с получением синтез-газа и инертного шлака

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.

Пиролизная технология для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и сельскохозяйственного 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/м³** 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»

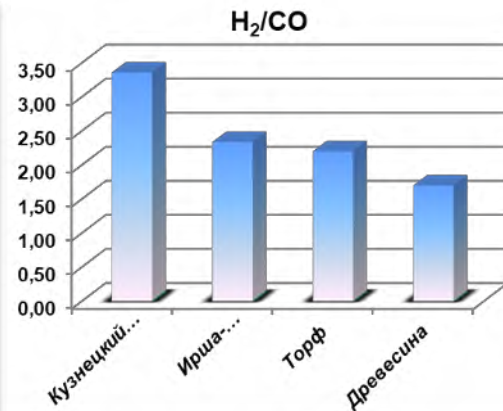
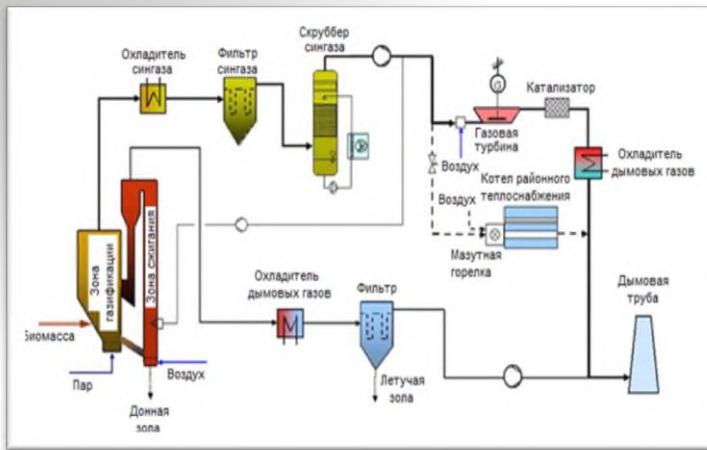
Научно-технический задел: Выполнены исследования совместно с научными организациями Китая, в том числе по прямым договорам с ними, фундаментальные исследования по 4 договорам с РФФИ. Некоторые результаты доложены на 3 крупных международных конференциях в Китае, Польше и США. Опубликованы около 10 статей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

Пиролизная технология для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов из отходов лесопромышленного и сельскохозяйственного 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/м³. 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 ожигения 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).



Технология переработки отходов добычи и обогащения углей и других органосодержащих отходов в циркулирующем кипящем слое

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

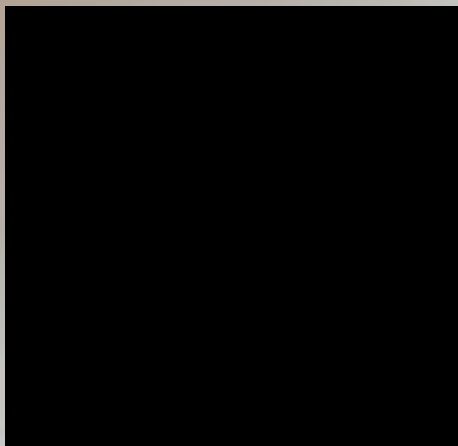
Результаты выполнения проекта: Разработана экологически чистая технология термической переработки отходов добычи и обогащения углей в **циркулирующем** кипящем слое. Создана опытно-промышленная установка с тепловой мощностью до **300** МВт, производством в год до 700 тыс. МВт·ч электроэнергии и до 100 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.

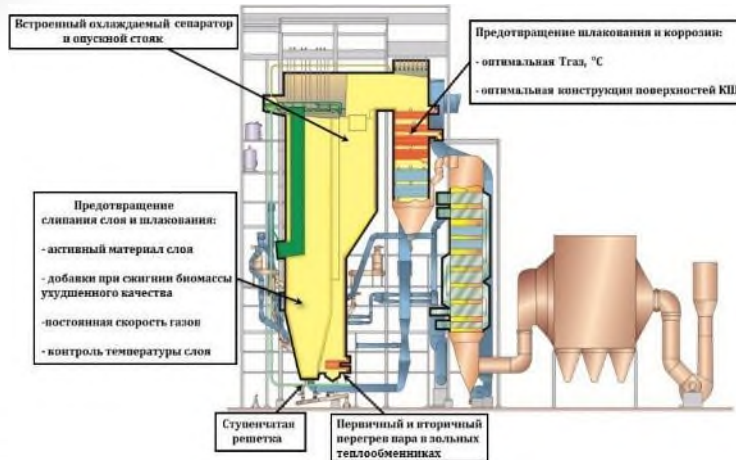
Технология переработки отходов добычи и обогащения углей и других органосодержащих отходов в циркулирующем кипящем слое

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.



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

Продольный разрез котла с ЦКС для угольной ТЭЦ нового поколения.



Технология термической переработки ТКО на ТЭС типового ряда 12 МВт, 24 МВт и 36 МВт

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 утилизации жидких горючих отходов и некондиционных жидких углеводородов

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 2 т в сутки (**1 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»



-
- ▶ Мелкодисперсное распыление
 - ▶ Автономная генерация пара
 - ▶ Снижение выбросов NO_x и CO
 - ▶ Отсутствие топливных форсунок
 - ▶ Высокая полнота сгорания
 - ▶ Паровая газификация
 - ▶ Waste-to-Energy
 - ▶ Топливная гибкость
- ▶ Отходы нефтедобычи.
 - ▶ Отходы нефтепереработки.
 - ▶ Отходы углепереработки (в составе ОБУТ).
 - ▶ Отработанные моторные и трансмиссионные масла.
 - ▶ Отработанные смазочные жидкости.
 - ▶ Сырая нефть.



Проект №8

Технология глубокой переработки твердых коммунальных отходов комбинированным методом оксипиролиза и газификации

Цель: Разработка высокоэффективной комплексной технологии и технических решений по глубокой переработке твердых коммунальных отходов с получением вторсырья, техногрунта, альтернативного топлива RDF, тепловой и электрической энергии и создание комплекса отечественного промышленного оборудования для решения задач по переработке отходов в местах образования, без необходимости их захоронения на полигонах. Создаваемые комплексы должны представлять производственную линейку по переработке 24, 48, 75, 200 тыс. тонн отходов в год и обеспечивать утилизацию ТКО в городах с населением до 500 тысяч жителей.

Результаты выполнения проекта:

- технология по глубокой переработке твердых коммунальных отходов с получением вторсырья, техногрунта, альтернативного топлива RDF, тепловой и электрической энергии;
- РКД на промышленные установки производительностью 12 и 24 тыс. т/год хвостов сортировки ТКО;
- опытные образцы:
 - модуля сушки производительностью по влажным хвостам сортировки 2 т/ч;
 - реактора оксипиролиза производительностью по переработке 1,2 т/ч топлива RDF;
 - парогенератора паропроизводительность 5 т/ч;
 - паровой микротурбинной установки электрической мощностью 250 кВт, тепловой мощностью 3 МВт;
 - системы очистки сточных вод и уходящих газов;
- опытно-промышленная установка (производственная линия) по глубокой переработке хвостов сортировки ТКО комбинированным методом оксипиролиза и газификации производительностью 12 тыс. т/год хвостов сортировки ТКО.



Проект №8

Технология глубокой переработки твердых коммунальных отходов комбинированным методом оксипиролиза и газификации

Инициатор: ООО НПП «Донские технологии».

Участники: НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей», ООО НПП «Донские технологии», РГУПС, ТвГУ, ООО «ЭКОМАСГРУПП», ООО «Модульные котельные системы», АО «МЗТА», ООО НПП «Экофес», ООО ИТЦ «ДонЭнергоМаш».

Научно-технический задел:

- лабораторная установка по отработке технологических режимов и параметров переработки ТКО методом пиролиза производительностью 10 кг/ч и результаты проведенных исследований;
- экспериментальная модульная установка по переработке ТКО комбинированными методами оксипиролиза и газификации производительностью 100 кг/ч и результаты проведенных исследований;
- экспериментальные образцы высокооборотных турбогенераторов мощностью 5, 30 и 50 кВт;
- рабочая конструкторская документация на лабораторный и экспериментальный вариант ЭТК, а также опробованные технические и технологические решения при изготовлении образцов;
- результаты опытной эксплуатации модульной установки на действующем полигоне ТКО.

Проект №8

Технологическая схема модульного перерабатывающего комплекса по полной переработке ТКО во вторсырье, техногрунт, RDF-топливо, электрическую и тепловую энергию



Пример реализации: экспериментальный ЭТК по переработке с/х отходов, Индустриальный парк (г. Новочеркасск)



Пример реализации: экспериментальный ЭТК по переработке ТКО в составе мусороперерабатывающего завода ОАО «Автопарк № 1 «Спецтранс»» (г. Санкт-Петербург)



Комплексная безотходная технология глубокой переработки и утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях и котельных

Цель:

- ✓ Разработка высокоэффективной комплексной безотходной технологии и технических решений по глубокой переработке и утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях и котельных (ЗШО), обеспечивающей значительное превышение объемов переработки над вновь образующимися отходами с получением широкой гаммы новых материалов для различных отраслей экономики РФ;
- ✓ Адаптация технологических режимов и способов переработки ЗШО под конкретные особенности первичного ископаемого топлива, применяемого в различных регионах РФ;
- ✓ Полная ликвидация существующих полигонов для захоронения ЗШО, обеспечивающая возврат земель в хозяйственный оборот;
- ✓ -Создание комплекса отечественного промышленного оборудования для решения задач по переработке ЗШО и организация его серийного производства.

Результаты выполнения проекта:

- комплексная безотходная технология (в составе широкого перечня технологий) глубокой переработки и утилизации ЗШО;
- модуль эффективной очистки отходящих газов при переработке ЗШО для обеспечения нормативных показателей по выбросам вредных веществ в атмосферу на уровне мировых стандартов качества;
- модуль эффективной очистки водных стоков, образующихся в результате утилизации ЗШО до уровня норм мировых стандартов по их безопасной передаче в канализационную сеть;
- экспериментальный комплекс по переработке и утилизации ЗШО производительностью 300 тыс. тонн в год.
- опытно-промышленный комплекс по безотходной переработке и утилизации ЗШО производительностью 800 тыс. тонн в год;
- ЭкоТехноПарк Ростовской области, как площадка по отработке технологических решений по переработке ЗШО.

Комплексная безотходная технология глубокой переработки и утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях и котельных

Инициатор: Национальная Ассоциация производителей и потребителей ЗШО

Участники: ОИВТ РАН, ООО НПП «Донские технологии», ТвГУ, ЮРГПУ(НПИ)

Индустриальные партнеры: ООО «РИПАМ», АО «Машинопромышленное объединение», АО «Машпром-Оборудование», ООО ИНТЕХ ГмбХ, ООО "ДРОБМАШ", ОАО «Таганрогский котельный завод», ООО ПК «НЭВЗ», ООО «ЭКОМАШГРУПП», ООО «КТЗ», ООО ИТЦ «ДонЭнергоМаш», ООО «ПромЭкоИнжиниринг», ПАО «НКМЗ», ООО НПП «Экофес», ООО «РокТрон-Рус», АО «Чебоксарский ЭЭЗ», АО «МЗТА».

Научно-технический задел:

- результаты исследований по получению теплоизоляционных геополимерных вспененных материалов на основе ЗШО;
- результаты исследований по получению наноструктурированных вяжущих и премиксов на их основе;
- получены лабораторные образцы теплоизоляционных вспененных геополимерных материалов на основе золошлаковых отходов, имеющие следующие значения прочности ($1,10 \pm 0,03$ МПа) и плотности (360 ± 12 кг/м³);
- создан экспериментальный модуль по комплексной безотходной переработке ЗШО в полезное сырье для дальнейшего его использования при производстве различных материалов.

Комплексная безотходная технология глубокой переработки и утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях и котельных Предлагаемые пилотные проекты по переработке ЗШО

Рязанская ГРЭС (ОГК-2)

Накоплено около 40 млн тонн.

Ежегодно образуется 300 тыс. тонн.

Пилотный проект на 130 тыс. тонн в год

Новочеркасская ГРЭС (ОГК-2)

Накоплено 58 млн тонн

Ежегодно образуется 800 тыс. тонн.

Пилотный проект на 300 тыс. тонн в год

Красноярская ГРЭС-2 (АО «СГК»)

В золоотвалах Красноярского края находится 15,5 млн. тонн ЗШО.

В среднем их ежегодный прирост составляет до 800 тыс. тонн, из которых 220 тыс. тонн приходится на Красноярскую ГРЭС-2.

Пилотный проект на 220 тыс. тонн в год

Иркутская ТЭЦ-10 (Иркутскэнерго)

В Иркутской области действуют 14 угольных ТЭС. Накоплено около 100 млн тонн ЗШО с ежегодным увеличением объема на 1-2 млн тонн.

Пилотный проект на 200 тыс. тонн в год

Партризанская ГРЭС (АО «ДГК»)

Площадь золоотвала 60 Га.

Накоплено около 8,5 млн тонн ЗШО с ежегодным увеличением на 53 тыс. тонн.

Пилотный проект на 100 тыс. тонн в год

Хабаровская ТЭЦ-3. (АО «ДГК»)

В Хабаровском крае объем накопленных ЗШО 28 млн тонн в 11 золоотвалах. В Хабаровске на ТЭЦ ежегодно образуется 600 тыс. тонн ЗШО, из них около 300 тыс. тонн приходится на Хабаровскую ТЭЦ-3.

Пилотный проект на 200 тыс. тонн в год

Комплексная безотходная технология глубокой переработки и утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях и котельных

Полезные продукты утилизации ЗШО и их назначение:

Промышленное, гражданское, дорожное строительство
(цементогрунты, песок, щебень, гравий)

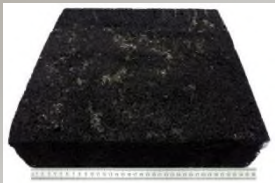
ЖКХ
(пересыпка отходов на полигонах ТКО, материалы в процессе капитального ремонта)

Добывающая промышленность
(техническая рекультивация карьеров, разрезов добычи угля)

Производство строительных материалов
(вяжущие, заполнители, теплоизоляция)

Химическая промышленность
(удобрения, лакокрасочные материалы, стабилизаторы кислотности почв)

Образцы вспененного пеношлакостекла



Блочное пеношлакостекло



Гранулированное пеношлакостекло



Легкий бетон на основе гранулированного пеношлакостекла

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

Технология комплексной переработки отвалов рудообогатительных фабрик за счет их сухого (вторичного) обогащения, позволяющую получать металлосодержащие промпродукты и сырье для производства широкого спектра строительных материалов

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.





Проект № 11

Технология комплексного использования лежалых хвостов углеобогачительных фабрик

Цель : Разработка и промышленное применение технологии сухих методов обогащения мелкодисперсных угольных отходов (угольных кеков) с выделением пиролитического графита и других полезных компонентов высоко-метаморфизованных углеродсодержащих компонентов.

Результаты выполнения проекта:

- опытно-промышленный образец установки по сухому обогащению мелкодисперсных угольных отходов производительностью 10 тн/час по исходному продукту;
- технологический регламент процесса производства высоко-метаморфизованных составляющих углей и пиролитического графита из мелкодисперсных угольных отходов (угольных кеков);
- проект промышленного цеха по сухому обогащению угольных отходов с получением товарной продукции в виде пиролитического графита и других метаморфизованных углеродсодержащих компонентов;
- конструкторская документация на нестандартное оборудование - промышленная установка по сухому обогащению мелкодисперсных угольных отходов производительностью 10 тн/час по исходному продукту..

Участники проекта: ИТ СО РАН, Сибстрин, ООО «Геос-Т».

Технологическое направление
IV. Каталитические биотехнологии

Технологии каталитического 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)**

Технологи каталитического окисления иловых осадков коммунальных и промышленных очистных сооружений

Каталитическое сжигание иловых осадков

Принцип: Сжигание илового осадка в кипящем слое катализатора.

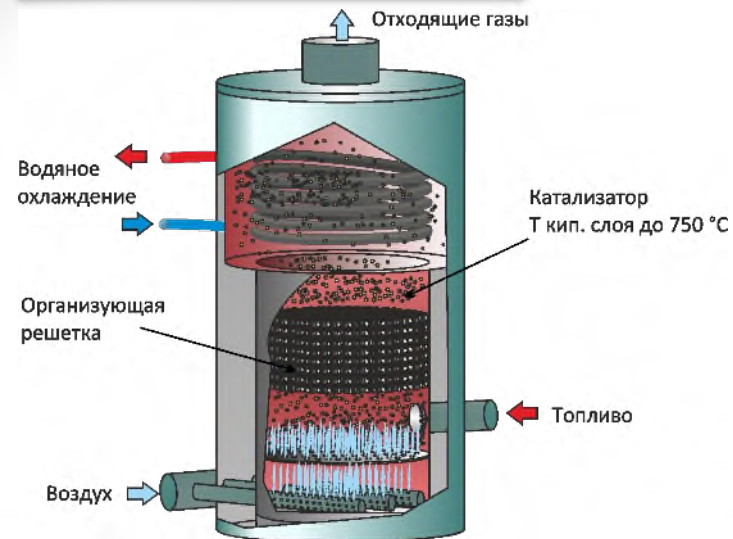
Текущее состояние: Начато строительство первой очереди комплекса по утилизации иловых осадков в г. Омск (производительность **1.5 тонн/час**).

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.



Биотехнология двухстадийной переработки органической фракции ТКО отходов пищевых комбинатов, свиноферм и птичников, других органических загрязнений до инертного ила с использованием микроорганизмов

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 м²** 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».



Проект № 14

Технология химической переработки полимерных отходов в моторные топлива; Технологии производства моторных топлив и нефтехимического сырья из продуктов газификации отходов

Цель: Разработка технологии химической переработки полимерных отходов в моторные топлива; технологии производства моторных топлив и нефтехимического сырья из продуктов газификации отходов.

Результаты выполнения проекта:

- опытно-промышленный образец установки получения моторных топлив и нефтехимических продуктов из полимерных отходов производительностью не менее 100 т/год;
- опытно-промышленный образец установки получения моторных топлив и нефтехимических продуктов из газов пиролиза и газификации производительностью не менее 30 т/год.

Инициатор проекта: ИНХС РАН.

Технологическое направление
V. Модульные
энерготехнологические комплексы

Технология рекультивации полигонов ТКО на основе сочетания технологий механической переработки, автоматической сортировки и плазменной газификации органического остатка

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 №15

Технология рекультивации полигонов ТКО на основе сочетания технологий механической переработки, автоматической сортировки и плазменной газификации органического остатка

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 ФГУП «ЖКХ ННЦ» (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 ³ 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

Технология электрогенерации за счет сжигания низкокалорийного топливного газа, образующегося при плазменной газификации ТКО

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.



Утилизационная установка ОЦР. Проект ЗАО НПВП «Турбокон»

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



Патент ООО «ТЕРМОКОН» на одноконтурную установку ОЦР.

Плазменная переработка отходов

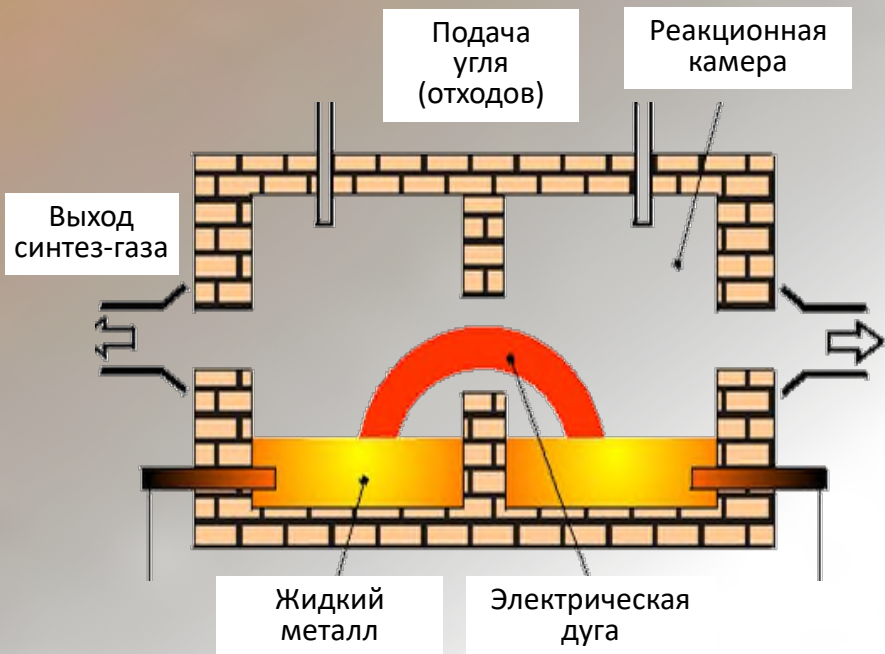


Схема и общий вид плазмотрона с жидкометаллическими электродами мощностью **0.5 МВт**.
 Мощность плазмотрона практически **не имеет ограничений**.

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



Результаты НИОКР

1	Интегрированное суперкомпьютерное программное обеспечение (цифровая платформа) по математическому моделированию процессов переработки отходов, образования спектров аэрозоля, распространения продуктов переработки, а также оценки экологических последствий и экологического мониторинга. Интерактивная база данных комплексной системы обращения с отходами (КСОО); интегрированное суперкомпьютерное программное обеспечение (цифровые платформы) КСОО; вычислительный комплекс с пиковой производительностью более 0,5 ПФЛОПС и многоуровневая система хранения данных суммарной емкостью более 1ПБ
2	Опытно-промышленный комплекс по автоматической сортировке ТКО на основе нейронных сетей с отбором вторсырья производительностью 10 тыс. т ТКО в год
3	опытно-промышленная установка газификации ТКО — 2 т/ч, (16 тыс. т/год); установка утилизации медицинских отходов — 150 кг/ч (1,2 тыс. т/год) установка утилизации опасных промышленных органических отходов — 100 кг/ч (0,8 тыс. т/год)
4	Опытно-промышленная установка с тепловой мощностью до 10 МВт с долей выработки электроэнергии до 30 % с КПД более 30 %, производящая генераторный газ с теплотой сгорания 12 – 14 МДж/м ³
5	опытно-промышленная установка с тепловой мощностью до 300 МВт, производством в год до 700 тыс. МВт·ч электроэнергии и до 100 тыс. Гкал тепла т
6	опытно-промышленная ТЭС производительностью по сжигаемым ТКО – 180 тыс. т в год, электрической мощностью - 12 МВт
7	опытно-промышленный комплекс сжигания некондиционных жидких углеводородных топлив, в том числе в виде водоугольной суспензии производительностью по отходам 2 т в сутки (1 МВт)
8	опытно-промышленный образец энерготехнологического комплекса по глубокой переработке хвостов сортировки ТКО комбинированным методом оксипиролиза и газификации производительностью по переработке 12 тыс. тонн отходов в год
9	опытно-промышленный комплекс по безотходной переработке и утилизации ЗШО производительностью 800 тыс. тонн в год.
10	установка комплексной переработки отвалов рудообогатительных фабрик за счет их сухого (вторичного) обогащения, позволяющую получать металлосодержащие промпродукты и сырье для производства широкого спектра строительных материалов на 150 тыс. т/год
11	комплекс по переработке лежалых хвостов углеобогатительных фабрик производительностью 10т/ч
12	комплекс каталитического окисления иловых осадков коммунальных и промышленных очистных сооружений не менее 100 000 т/год по влажному осадку
13	Количество мезофильных и термофильных штаммов микроорганизмов, для ферментации твердых бытовых отходов – не менее 20. Количество созданных консорциумов микроорганизмов для переработки органических фракций ТБО – не менее 5. Методик контроля биологических процессов при переработке ТБО – не менее 1. Демонстрационный стенд площадью 1000 м ² с производительностью по отходам 1000 т в год
14	Опытно-промышленный образец установки получения моторных топлив и нефтехимических продуктов из полимерных отходов производительностью не менее 100 т/год. Опытно-промышленный образец установки получения моторных топлив и нефтехимических продуктов из газов пиролиза и газификации производительностью не менее 30 т/год
15	опытно-промышленный образец модульного комплекса по рекультивации полигонов производительностью 40 тыс. т в год.
16	опытно-промышленный энергокомплекс на низкокалорийном топливном газе мощностью 500-1000 кВт

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.

Объем финансирования КНТП

1 этап – всего 12,855 млрд. руб., из них средства федерального бюджета – 100%.

2 этап – всего 13,937 млрд. руб. - из них средства федерального бюджета – 0%.

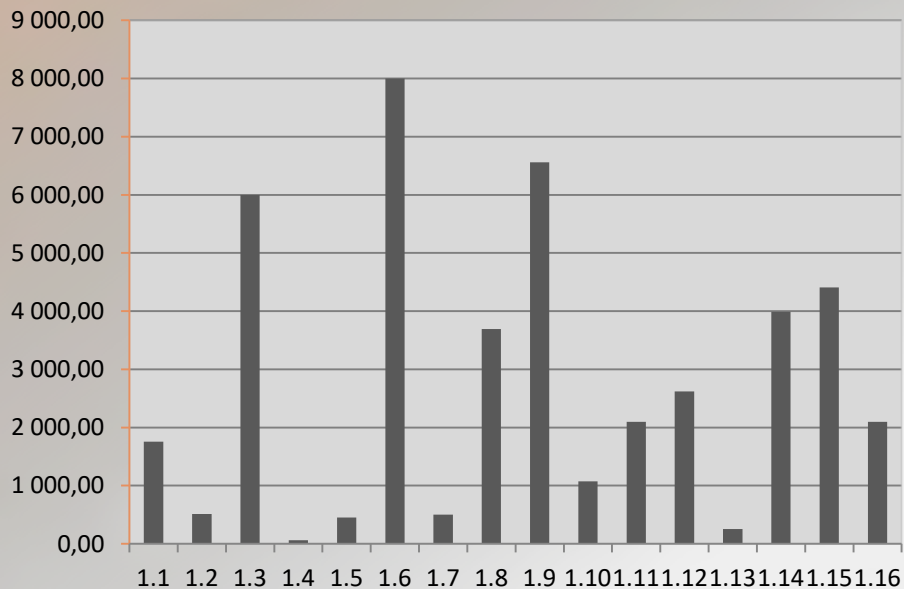
3 этап – всего 29,179 млрд.- из них средства федерального бюджета – 0%.

N этапа	Этапы реализации комплексной программы	Предполагаемые источники финансирования	2022 г	2023 г	2024 г	2025 г	2026 г	2027 г	2028 г	Всего
			млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.	млн. руб.
1	НИОКР, опытно-промышленные комплексы и модельные полигоны	Федеральный бюджет	3 956,25	4 718,25	4 180,50	0,00	0,00	0,00	0,00	12 855,00
		Внебюджетные источники	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Итого	3 956,25	4 718,25	4 180,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Организация промышленного производства	Федеральный бюджет	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Внебюджетные источники	0,00	2 350,73	2 314,30	3 617,88	5 653,60	0,00	0,00	13 936,50
		Итого	0,00	2 350,73	2 314,30	3 617,88	5 653,60	0,00	0,00	13 936,50
3	Масштабирование и выход на международный рынок	Федеральный бюджет	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Внебюджетные источники	0,00	0,00	0,00	0,00	8 164,70	8 902,05	12 111,75	29 178,50
		Итого	0,00	0,00	0,00	0,00	8 164,70	8 902,05	12 111,75	29 178,50
Всего по бюджетным источникам			3 956,25	4 718,25	4 180,50	0,00	0,00	0,00	0,00	12 855,00
Всего по внебюджетным источникам			0,00	2 350,73	2 314,30	3 617,88	13 818,30	8 902,05	12 111,75	43 115,00
ВСЕГО			3 956,25	7 068,98	6 494,80	3 617,88	13 818,30	8 902,05	12 111,75	55 970,00



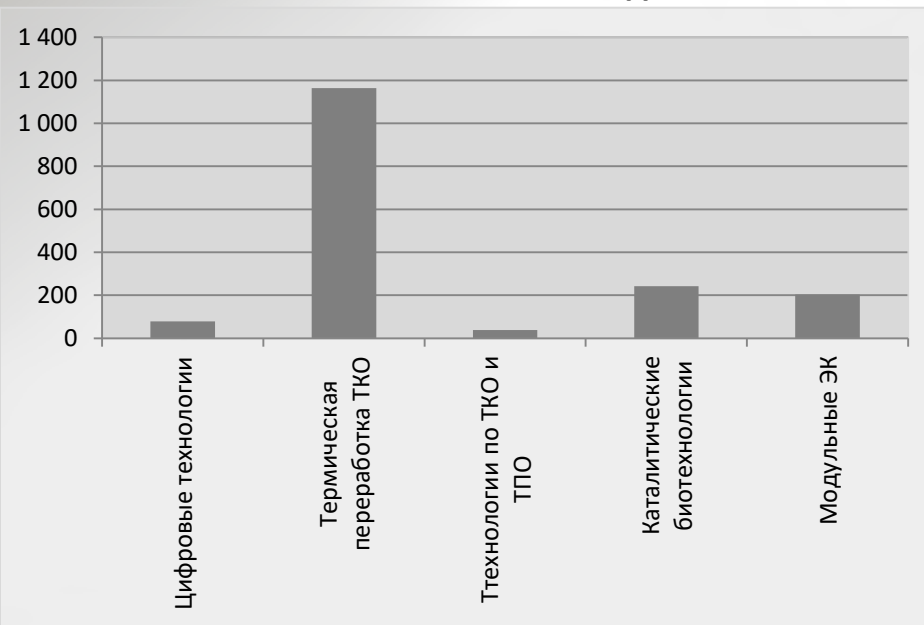
Экономические показатели

Валовой объём продаж по всем проектам к концу 2028 года составит **44, 0846 млрд. руб.**



Валовой объём продаж по проектам, млн. руб.

Количество созданных рабочих мест по всем проектам к концу 2028 года составит **1 725 ед.**



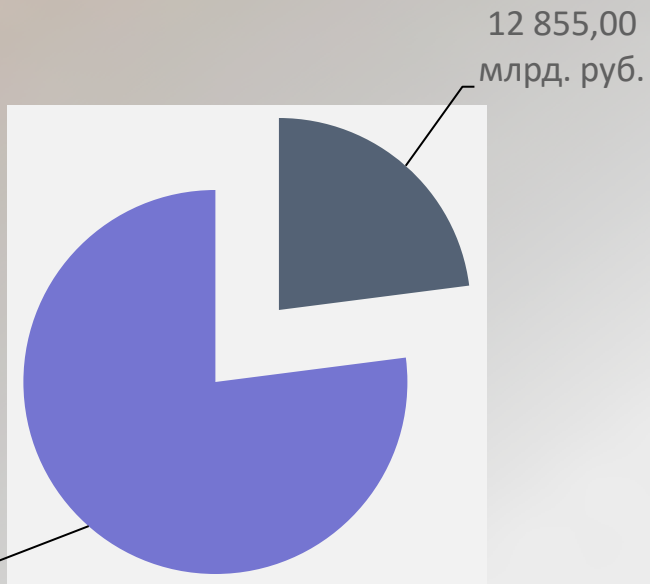
Количество созданных рабочих мест по направлениям, ед.



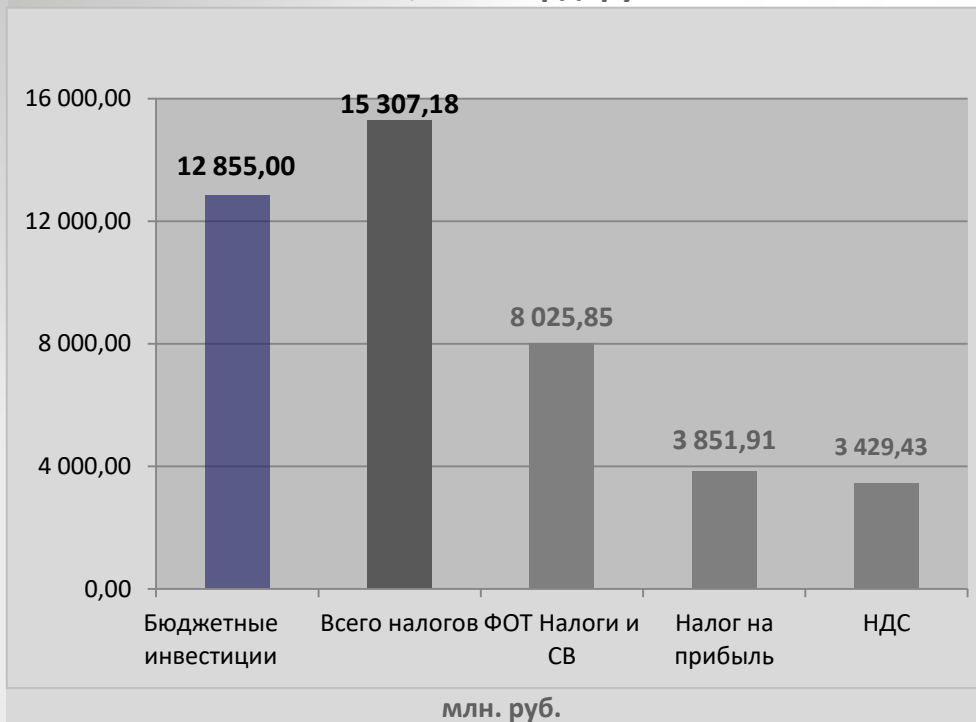
Экономические показатели

Общий объем финансирования КНТП 55, 970 млрд. руб.

Общий объем налоговых поступлений за время реализации КНТП 15, 307 млрд. руб.



■ Бюджетные средства (млн.руб.) ■ Внебюджетные средства (млн.руб.)






Текущее состояние

Сформирована экспертная группа.

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Совета
по приоритетному направлению
20«б» СНИП РФ,
академик РАН


С.И. Филищов
«03» *сентября* 2022 г.

Состав экспертной группы
для формирования предложения на разработку
комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла
«Комплексные системы обращения с коммунальными
и промышленными отходами»

№	ФИО	Должность, ученая степень, звание
1	Алексеев Сергей Владимирович	Научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), академик РАН <i>председатель экспертной группы</i>
2	Амосов Константин Александрович	Директор ООО «Сигма-Про» (проект 2)
3	Бондаренко Юрий Викторович	Заместитель начальника отдела научно-методического обеспечения деятельности Минприроды России в сфере обращения с отходами производства и потребления Московского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Уральского государственного научно-исследовательского института региональных экологических проблем»
4	Данилов Леонид Валентинович	Начальник отдела проектов территориального развития и промышленной инфраструктуры Департамента региональной промышленной политики и проектного управления Минпромторга России
5	Жиркова Екатерина Александровна	Начальник отдела инвестиционных проектов Департамента химико-технологического комплекса и биоинженерных технологий Минпромторга России
6	Иванов Иван Сергеевич	Заместитель генерального директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Российское энергетическое агентство» (ФГБУ «РЭА») Минэнерго России
7	Илюзиев Александр Александрович	Управляющий директор – генеральный конструктор АО «ОДК-Авиадвигатель», чл.-корр. РАН
8	Коньев Евгений Павлович	Научный сотрудник Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), к.ф.-м.н. (проект 7)
9	Кретов Сергей Викторович	Советник заместителя генерального директора ГК «Ростех», к.л.н.

№	ФИО	Должность, ученая степень, звание
10	Крюков Валерий Анатольевич	Директор Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (ИЭОИП СО РАН), академик РАН
11	Кумкова Ирина Ивановна	Учёный секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики и электроэнергетики Российской Академии наук (ИЭЭ РАН), к.ф.-м.н. (проект 3)
12	Куприн Роман Григорьевич	Заместитель директора Департамента металлургии и материалов Минпромторга России
13	Ляйшиц Михаил Валерьевич	Директор по развитию АО «Группа компаний «РЕНОВА», генеральный директор АО «РОТЕК»
14	Макрушин Алексей Вячеславович	Заместитель генерального директора по правовым вопросам и аналитическому сопровождению работы с федеральной схемой ПИК «Российский экологический оператор» (РЭО)
15	Максимов Антон Львович	Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (ИНХС РАН), чл.-корр. РАН
16	Марченко Михаил Александрович	Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН), д.ф.-м.н. (проект 1)
17	Мильман Олег Оперевич	Профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» (ГУ им. К.Э. Циолковского), д.т.н. (проект 13)
18	Новиков Дмитрий Александрович	Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления РАН (ИПУ РАН), чл.-корр. РАН
19	Новоселова Алена Игоревна	Консультант отдела развития промышленности и технологий переработки отходов производства и потребления Департамента металлургии и материалов Минпромторга России
20	Паршуков Владимир Иванович	Генеральный директор ООО НПП «Донецкие технологии», директор Ростовского филиала ФГУБ «РЭА» Минэнерго России
21	Перепечко Людмила Николаевна	Руководитель Центра трансфера технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ОИПВД ИТ СО РАН), д.з.н., к.ф.-м.н. <i>секретарь экспертной группы</i>
22	Плотников Юрий Васильевич	Заместитель начальника отдела инвестиционных проектов Департамента химико-технологического комплекса и биоинженерных технологий Минпромторга России
23	Плющ Людмила Владимировна	Советник первого заместителя генерального директора по реализации экологических проектов Федерального государственного оператора единоразового предпринятия «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО»)
24	Посель Олег Сергеевич	Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур РАН (ОИВТ РАН), д.т.н.

№	ФИО	Должность, ученая степень, звание
25	Стороженко Геннадий Иванович	Профессор кафедры строительных материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин) - НГАСУ (Сибстрин), д.т.н. (проекты 8-9)
26	Тихонов Аркадий Анатольевич	Заместитель директора Департамента инноваций и перспективных исследований Минобрнауки России
27	Тутов Андрей Николаевич	Заведующий отделением Открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена трудового красного знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), д.т.н. (проекты 4-6)
28	Украинский Сергей Львович	Председатель совета директоров Группы компаний «Экорострой»
29	Французов Борис Валерьевич	Заместитель директора Департамента государственной политики и регулирования в сфере обращения с отходами производства и потребления Минприроды России
30	Хасанов Роман Олегович	Начальник отдела отраслевого взаимодействия Департамента государственной политики и регулирования в сфере обращения с отходами производства и потребления Минприроды России
31	Цуканов Денис Геннадьевич	Заместитель директора Департамента региональной промышленной политики и проектного управления Минпромторга России
32	Яковлев Вадим Анатольевич	Заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (ИК СО РАН), д.х.н. (проект 10)



Текущее состояние

Выполнены оценки рынков, научно-техническая экспертиза проектов и экономические показатели.

КНТП дополнена 3 проектами. Идёт работа над замечаниями ФОИВов. Сформировано «Предложение на КНТП».

По НИОКР есть анкеты проектов.

Данные по проектам

Наименование технологии	Сортировка в твёрдый сор с использованием технологии распознавания на основе искусственных нейронных сетей и мультиспектрального машинного зрения
Разработчик	ИТ СО РАН, Сигма-Про
цель	Создание инновационной отечественной технологии распознавания и сортировки ТКО. Разработка, производство и внедрение экономически эффективных отечественных мусоросортировочных комплексов.
задачи	- Доработка имеющихся технических и программных разработок, проведения НИР и ОКР - Организация производства серийных моделей. Оснащение объектов промышленного партнёра и других промышленных предприятий - Развитие производства и продаж (Увеличение производственных мощностей и расширение географии продаж, за счёт экспорта) - Организация качественной сервисной поддержки на территории РФ и за её пределами
Научно-технический задел организаций - участников комплексного проекта	Разработка экологически и экономически эффективной технологии и экспериментального образца роботизированной сортировки твёрдых бытовых отходов на основе искусственных нейронных сетей. Соглашение с Минобрнауки № 073-02-2018-184, срок выполнения 2018-2020г. В результате работ созданы методика выделения проблемных фракций и общего потока твёрдых бытовых отходов (ТБО). Методика автоматического выделения и сортировки различных фракций, входящих в состав ТБО. Алгоритм машинного обучения для распознавания образов и классификации фракций отходов. Алгоритм анализа разрезов движущихся отходов для позиционирования и захвата фракций, алгоритм управления движущимися исполнительными устройствами для позиционирования захвата и перемещения фракций отходов. Программно-аппаратный комплекс АСУ ТП для экспериментального образца мусоросортировочного комплекса. По результатам работ созданы РИД: 1) Изобретение «Комплекс переработки твёрдых коммунальных отходов с автоматизированной сортировкой неорганической части и пламенной газификацией органического остатка». Заявка на патент №2019120572, дата приоритета 01.07.2019, правообладатель - ИТ СО РАН 2) Изобретение «Роботизированный автоматический комплекс по сортировке твёрдых коммунальных отходов на основе нейронных сетей», Заявка на патент 2019138218, дата приоритета 25.11.2019, правообладатель - ИТ СО РАН 3) База данных аннотированных изображений одиночных объектов твёрдых коммунальных отходов. Заявка на регистрацию в Роспатенте № 2019622209. Дата приоритета 18.11.2019. Правообладатель – ИТ СО РАН.
Наличие макетов, опытных образцов, стендовой базы	Да
Результат НИОКР – (опытно-промышленный образец, комплекс)	Комплекс, технология, программное обеспечение
Перерабатываемые отходы	ТКО (полимерные фракции)
Производительность по отходам	10 тыс. тонн/год
Какие полезные	РЕТ, РР, LDPE, HDPE

продукты вырабатываются и сколько	
Какие экологически вредные выбросы от работы установки (комплекс)	Нет
Эксплуатационные затраты на работу установки (электроэнергия, человеко-часы, вода, газ и т.д.) в год	Потребляемая мощность - 6000 Вт Обслуживающий персонал: на постоянной основе оператор не требуется
Габариты установки (комплекс)	6х2х3 м, вес на более 300 кг
Себестоимость производства единицы комплекса	~7 млн. рублей
Потребность в установках в России	От 30 шт/год
Текущий статус разработки (уровень готовности технологии)	(Идея, НИР, ОКР, опытно-промышленное в разработке)
Стоимость НИОКР	Стоимость проекта 150 млн. рублей
Потенциал патентования и передачи технологии по лицензионным соглашениям	-
Оценка массы накопленных отходов в масштабе РФ	(Для отходов, перерабатываемых по разрабатываемой технологии)
Оценка головной массы образования отходов в масштабе РФ	(Для отходов, перерабатываемых по разрабатываемой технологии)
Исполнители соинициаторы НИОКР	ИТ СО РАН, Сигма-Про, Экология-Новосибирск
Индустриальные партнёры	Группа ВИС, ГК Экоросстрой
Производитель установок	Сигма-Про
Конечный заказчик (потребитель)	Группа ВИС, ГК Экоросстрой

1	Минпромторг	Есть письмо от 24.12.2021 о представителях и письмо о мерах поддержки, которые нужны от них
2	Минприроды	Есть письмо Минпромторга от 23.12.2021 с замечаниями по КНТП и о рассмотрении Минприроды в качестве ответственного исполнителя-координатора
3	Минобрнауки	Есть письмо поддержки и о представителе.
4	РЭО	Есть письмо о представителе
5	Росатом	Есть письмо об оказании консультационной поддержки КНТП и о представителе в экспертной группе
6	Ростех	Есть письмо от АО «Корпорация «Росхимзащита» о заинтересованности и разработке дорожной карты по совместным проектам

- ППК «Российский экологический оператор» - соглашение о консорциуме
- 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», ОАО «СКБ Сибэлектротерм», ООО «Электроплазмotech»
- ФГУП «ЖКХ ННЦ» и ФГУП «УЭВ»

Спасибо за внимание!