



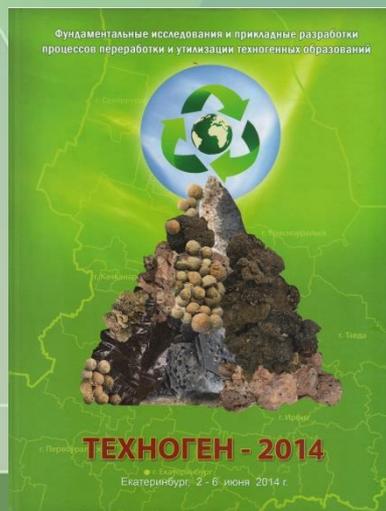
Российская  
Академия  
Наук



# О НЕКОТОРЫХ СПОСОБАХ УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

(по материалам, предоставленным Научным советом РАН по глобальным экологическим проблемам, АО «Механобр - техника»,  
научным Советом ОХНМ РАН по металлургии и металловедению, постоянным действующим оргкомитетом Конгресса «Техноген», экологической секцией  
Общественной палаты Р.Ф.)

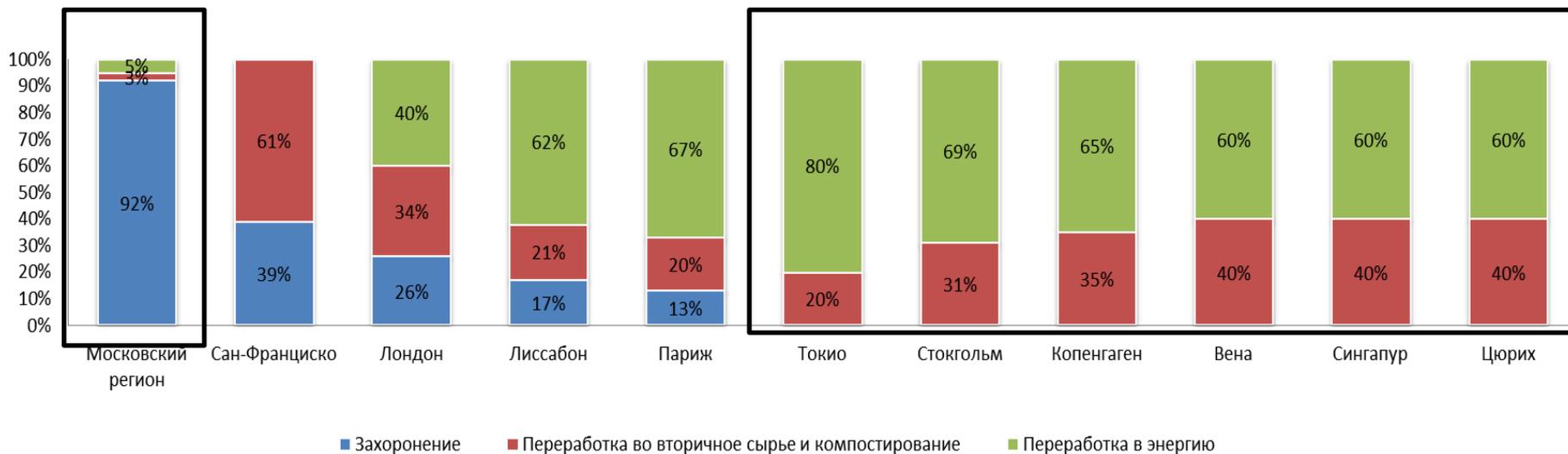
**Академик Л.И. Леонтьев**



Екатеринбург, 2019

# ОБРАЩЕНИЕ С ТКО В МИРЕ

Нулевое захоронение - не образное выражение, а реальный опыт крупнейших городов



Ведущие позиции в организации сбора и переработки ТКО занимают такие страны как Швейцария, Германия, Япония и др. В ряде крупных городов захоронение ТКО практически не производится.

Для большинства процессов утилизации важна **сортировка мусора**.

Минпромторг России рекомендует использовать мусоросортировочные комплексы, разработанные ЦНИИ «Буревестник»

# УТИЛИЗАЦИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДИТСЯ В ОСНОВНОМ ПО ТРЕМ НАПРАВЛЕНИЯМ:



- 🔄 складирование, захоронение (свалки);
- 🔄 термические технологии, ориентированные на использование отходов в качестве источников тепла, пара или электроэнергии;
- 🔄 биологическое разложение органической части с выделением неразлагаемой массы; переработка во вторичное сырье, компостирование.



# ТЕРМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Мировым лидером в этом направлении является японско-швейцарская фирма «Hitachi Zosen Inova» завершившая более 500 проектов по всему миру.

По данным на 2006 год в Европейском союзе работало более 350 таких предприятий. Только в Германии за последние 10 лет были построены МСЗ на 5 млн.т/год; суммарная производительность немецких МСЗ на сегодня составляет более 20 млн.т/год.



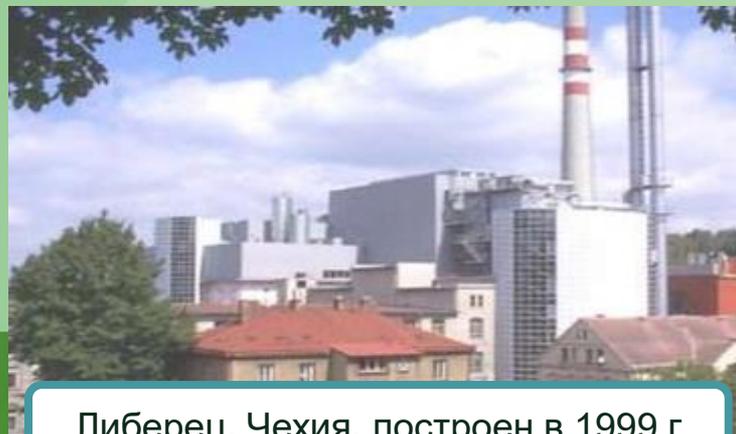
Париж, Франция, построен в 2007 г



Гётеборг, Швеция, построен в 1994 г



Лозанна, Швейцария, построен в 2006 г



Либерец, Чехия, построен в 1999 г

# ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ НА ПОДВИЖНЫХ КОЛОСНИКОВЫХ РЕШЕТКАХ

Технология сжигания на подвижных колосниковых решетках МСЗ является преобладающей технологией сжигания ТКО и практически единственной из серийно выпускаемых. Оборудование для мусоросжигания таких мировых производителей, как Martin, Babcock & Wilcox, Von Roll прекрасно подходит для твердых бытовых отходов Санкт-Петербурга.

Характерной особенностью этой технологии является термическая обработка мусора на колосниковых решетках при температуре не выше 1100 °С, с возможным образованием диоксинов, фуранов и подобных ядовитых веществ. Перед выпуском дымовых газов в окружающую среду они очищаются от диоксинов и фуранов. В схеме для этого используется **активированный уголь!**

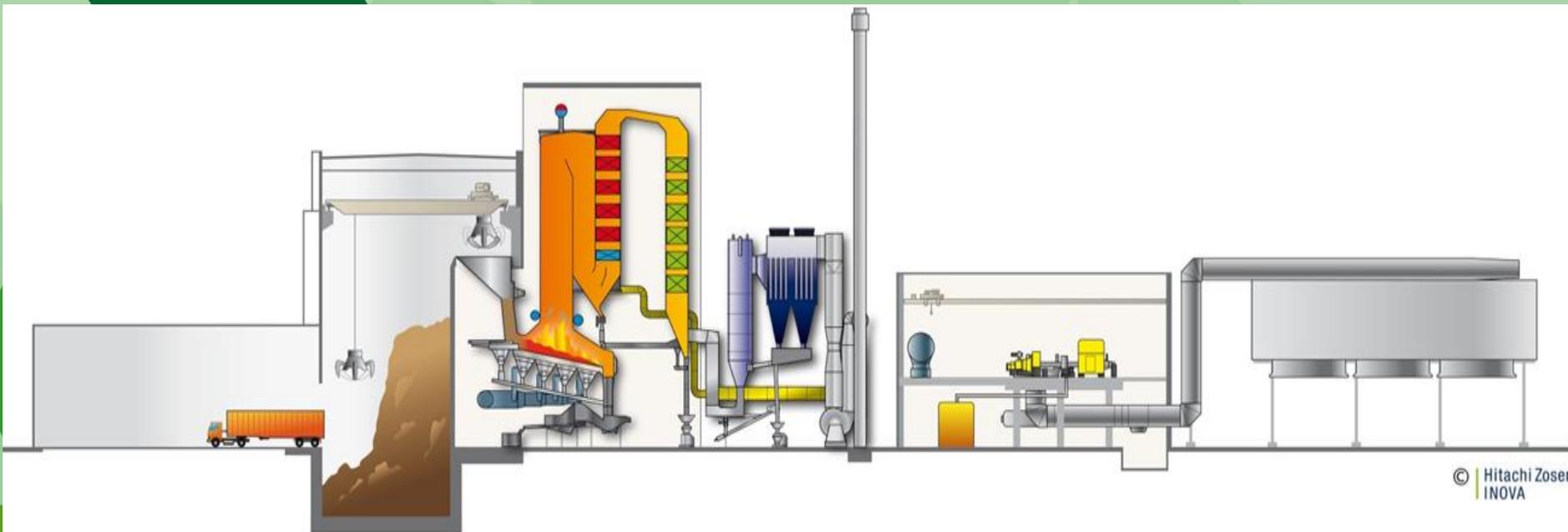


Схема мусоросжигательного завода Hitachi Zosen Inova

# БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА KOMPOGAS КОМПАНИЕЙ HITACHI ZOSEN INOVA

Компания Hitachi Zosen Inova разработала биологическую очистку и запатентовала как процесс Kompogas, который основан на сухой ферментации органических отходов. Измельченные отходы помещают в специальный горизонтальный варочный котел, где поддерживают постоянную температуру – 55<sup>0</sup> С. Период удерживания отходов составляет около 2 недель. В ходе процесса отходы полностью преобразуют в биогаз.

## Kompogas<sup>®</sup> Technology

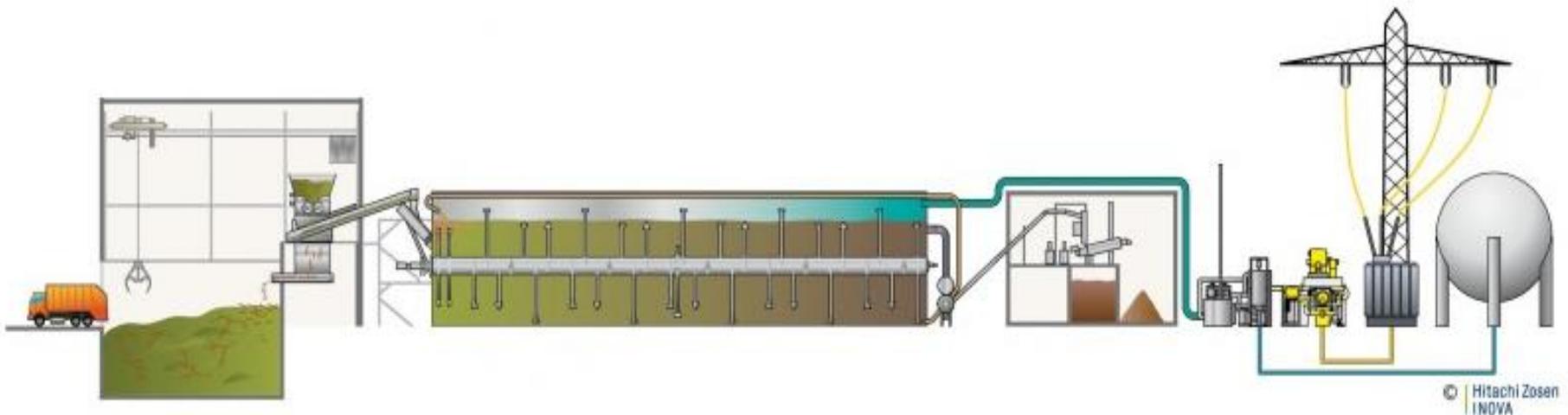


Схема процесса Kompogas Technology

# ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКОВ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ ПРОЦЕССОМ SUPERSORT®

Процесс supersort® - это сухая механическая переработка. Металлы и органические вещества, содержащиеся в нем, сортируют и возвращают в цикл рециркуляции. Материал измельчают, металлы сортируются по различным физическим свойствам. Железо (магнитная фракция) передают на металлургические заводы. Мелкую фракцию <3 мм обрабатывают в 2 секции установки суперсайт®fein, а концентраты цветных металлов (> 3 мм) - в 3 секции supersort®metall. Получают железный продукт, концентраты легких и тяжелых металлов, а также органическую составляющую, направляемую на сжигание с выработкой энергии.

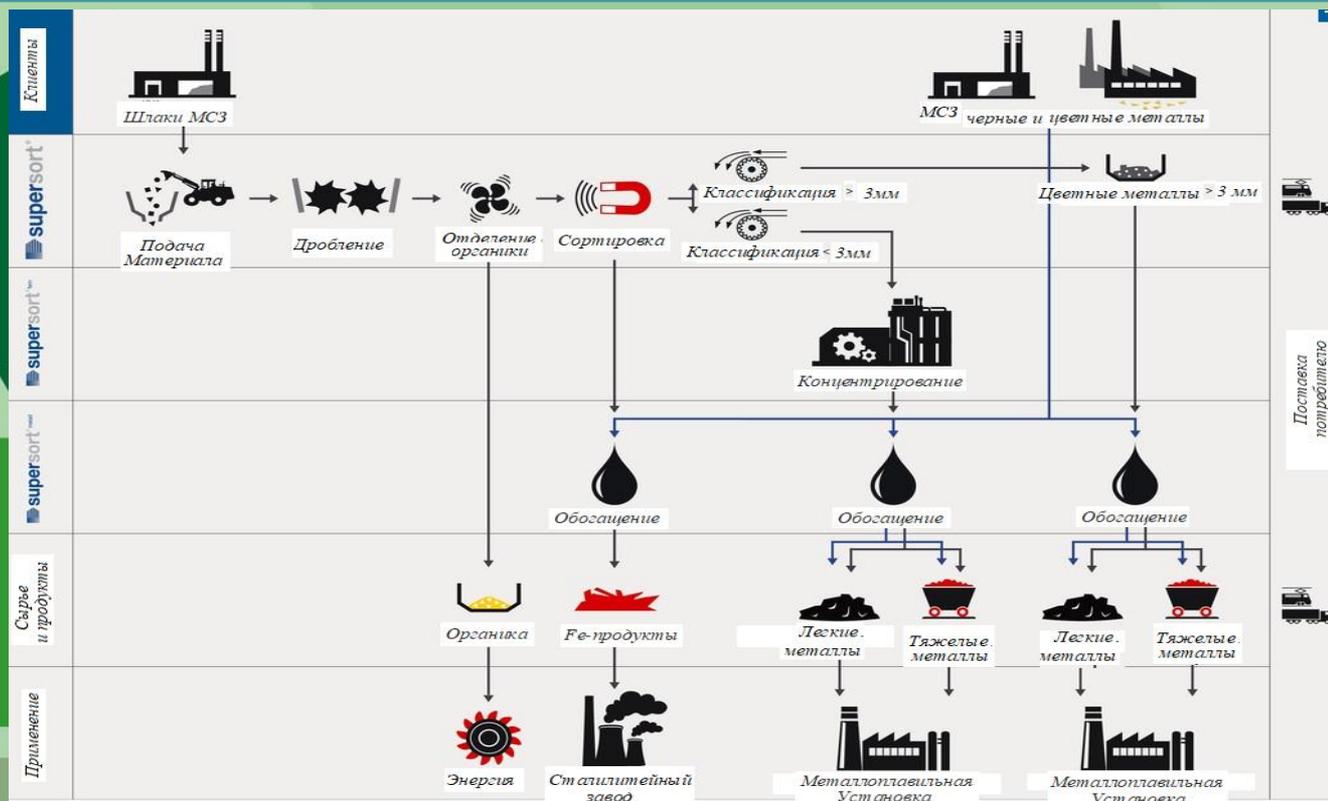


Схема переработки шлаков мусоросжигательных заводов

# СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТКО-ТБО

Заявку на более совершенную и адаптированную для России схему предлагает «TETRA TECH». Фирмой дается экологическое сравнение различных технологий с предлагаемой экономической оценкой завода мощностью 150 000 т/год.

Образование диоксинов и фуранов предотвращается использованием плазмы (200 °С) на второй стадии газификации.

№	Показатели	Полигон по СНиП	Компостирование сортирование Биологическая газификация	Сжигание Мицубиси Бурятия	Сжигание Баку	Пиролиз термолиз Польша	Плазма	Газификация по проекту Tetra Tech
1	Мощность переработки тонн в год	500 000	500 000	240 000	500 000	240 000	300 000	300 000
2	Приблизительная занимаемая площадь в га	От 20	От 20	7,0	20	4,5	5-6	3-5
3	Наличие выбросов в атмосферу	Загрязняет в радиусе 5 км	Загрязняет в радиусе 5 км	Загрязняет в радиусе 5-20 км	Загрязняет в радиусе 5-20 км	нет	нет	нет
4	Остатки на захоронение	100 %	20-25 %	23-28 %	23-28 %	5 %	5 % и стой материалы	5 % и строй материалы
5	Загрязнение почвы и подземных вод	Почвы и воды в радиусе 3-8 км	Компост навсегда загрязняет почву	Остатки на полигоне загрязнят почву и воду	Остатки на полигоне загрязняют почву и воду	нет	нет	нет
6	Дополнительный источник энергии для утилизации газ, электроэнергия	электроэнергия	Газ, электроэнергия	Газ, электроэнергия	Газ, электроэнергия	нет	нет	нет
7	Количество рабочих	От 30	От 50	100	100	100	120	70
8	Выпускаемая продукция для продажи	До 15 % вторичное сырье, бумага, металл, пластик	Компост до 50 % от массы отходов Бумага, пластик, металл	Электроэнергия 10,2 МВт/час	Электроэнергия 28 МВт/час	Электроэнергия 25 МВт/час	Электроэнергия 15 МВт/час	Электроэнергия синтез газ метанол
9	Стоимость переработки руб.	1500-2000	2500-4020	7000-10000	7000-10000	2000-3000	3000-5000	700
10	Размер инвестиций общий в тыс. ЕВРО	1500-2000	2500-4000	7000-10000	7000-10000	2000-3000	3000-5000	700
11	Окупаемость	нет	нет	От 15 лет или нет	От 15 лет	6,4	От 12 лет	3,7 года

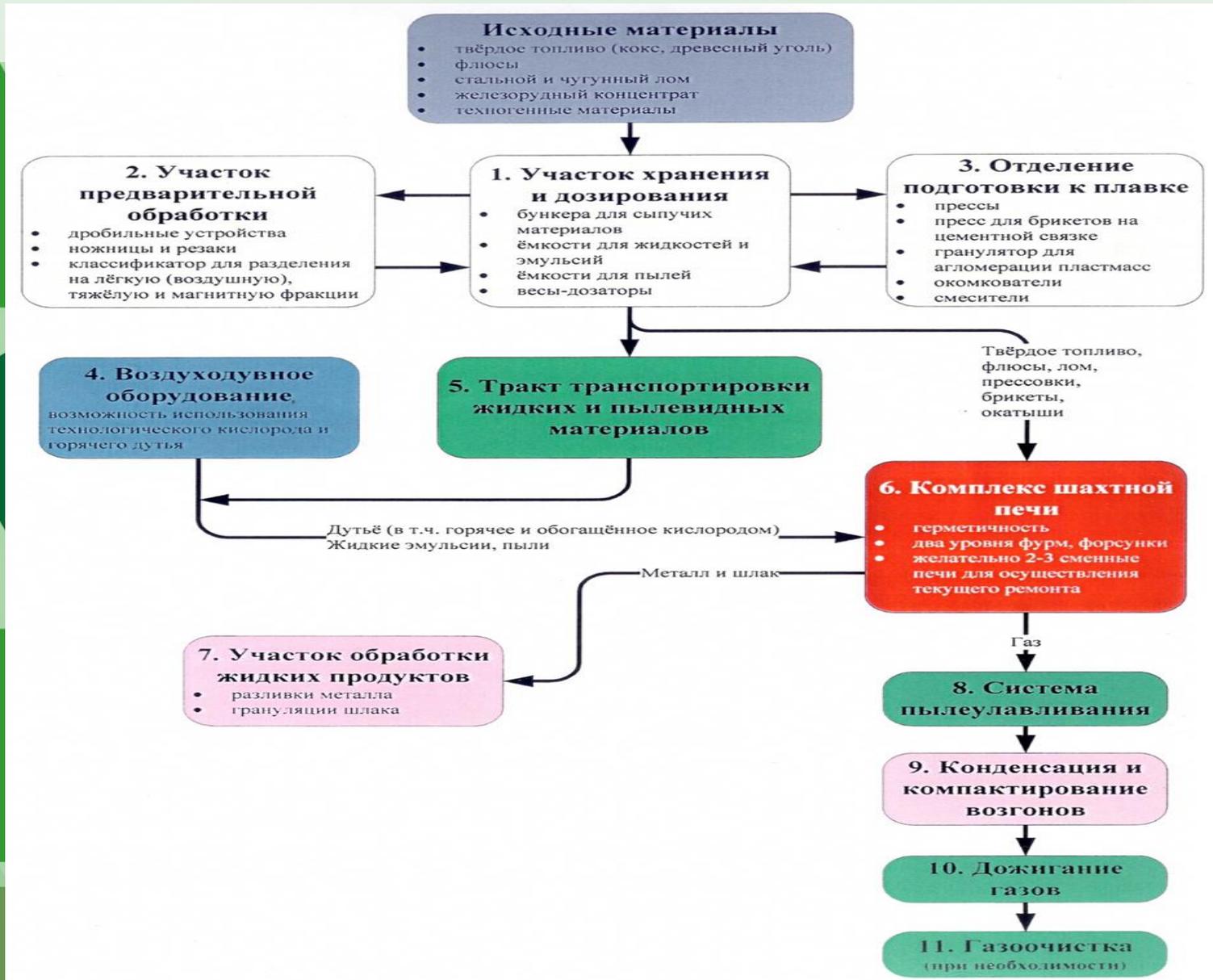
# СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРЕДЛОЖЕННЫЕ РОССИЙСКИМИ УЧЕНЫМИ

1. Универсальная технология переработки техногенных, бытовых медицинских, химических опасных отходов с использованием пирометаллургических процессов (Разработчик – МИСиС, ИМЕТ УрО РАН, рук. Леонтьев Л.И.) **Сущность технологии** – Переработка отходов совместно с рудным сырьем в доменных, шахтных печах или вагранках. Подача отходов в печь через колошник или фурмы (вдувание). Обеспечивает извлечение железа и цветных металлов в востребованные продукты. Исключает образование экотоксикантов при переработке органических материалов.

2. Высокорентабельная, экологически чистая, безотходная технология переработки твердых, бытовых и промышленных отходов (ТБПО) (Разработчик – Объединенный институт высоких температур РАН. Башкирский государственный университет рук. Бакунов В.С.). **Сущность технологии** – Переработка ТБПО производится в специальной высокотемпературной шахтной печи, куда они загружаются из приемной бункерной эстакады, туда же дополнительно подается небольшое количество низкосортного угля и известняка. В нижнюю часть печи вдувается воздух, подогретый в специальных воздухонагревателях до 1200 – 1500<sup>0</sup>С.

3. Энергетически эффективная технология переработки твердых бытовых отходов в шахтном агрегате ваграночного типа (Разработчик – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина рук. Матюхин В.И.) **Сущность технологии** – Технология высокотемпературной утилизации ТБО в шахтном плавильном способна обеспечить полное уничтожение, как текущих сборов бытовых отходов, так и переработку существующих свалок с получением горючего пиролизного газа в количестве до 1200 м<sup>3</sup>/т ТБО и безопасных минеральных отходов.

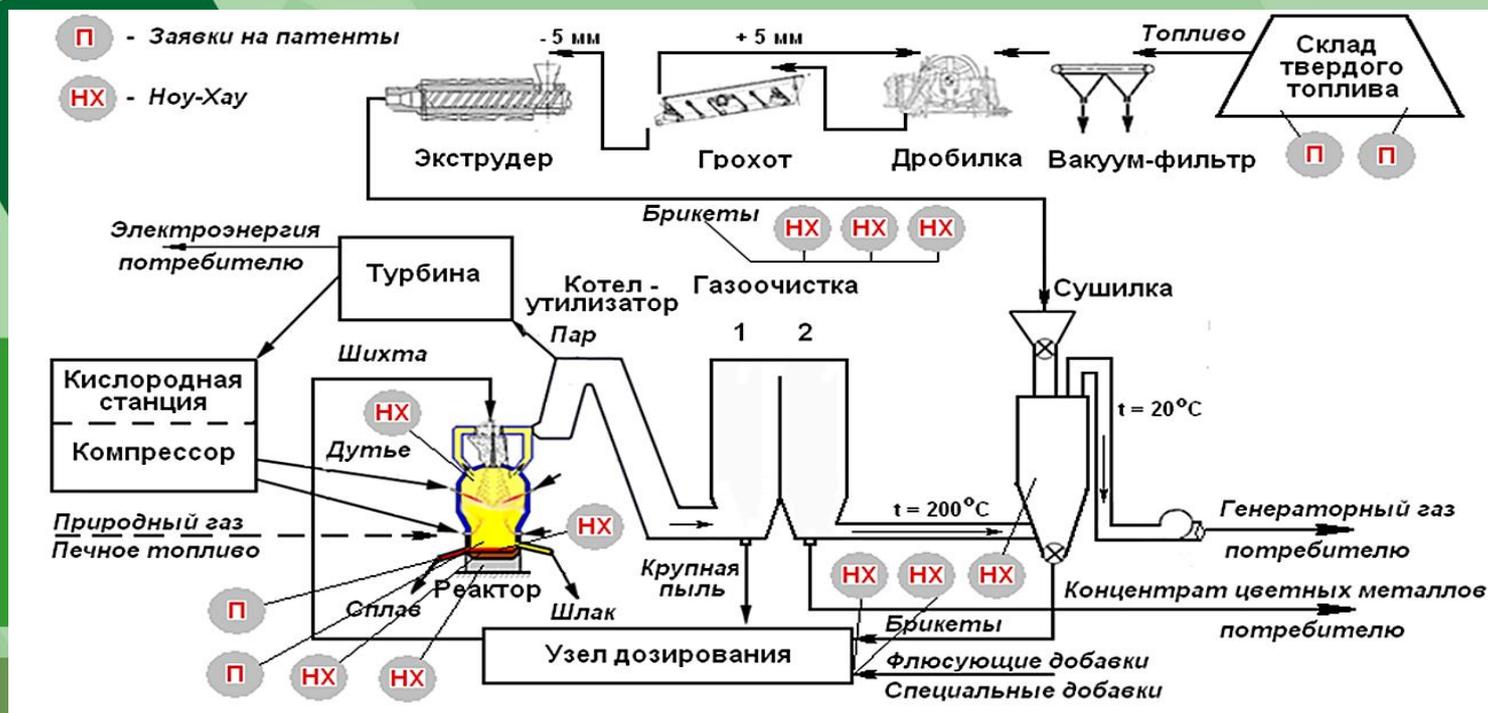
# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МИСИС И ИМЕТ УРО РАН



# УСТАНОВКА НИТУ «МИСИС» ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ОТХОДОВ

В 2019 году в г. Мценск произведен пуск новой разработанной установки созданной НИТУ «МИСиС» (автор С.Г. Подгородецкий), которая способна эффективно перерабатывать различные отходы. Установка находится в стадии наладки, и скорее всего, начнет эксплуатироваться на техногенных отходах, но способна перерабатывать любые коммунальные отходы без вредных выбросов.

В основу технологии положен новый вид реактора, позволяющего использовать различные виды энергоносителей – уголь, торф, природный газ, техногенные отходы, ТКО.



Технологическая схема переработки техногенных отходов

# СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ГАЗИФИКАЦИИ НА 1 Т ТКО

Показатель	Технологии переработки ТКО		
	Сжигание	Плазма	ПМ 5
Температура, °С	1200	1500	1500
Энтальпия системы, МДж	13600	5410	7100
Объём отходящих газов, нм <sup>3</sup>	3833	1421	1375
Тепло отходящих газов			
Физическое, МДж	7590	3295	3662
Химическое, МДж	0	12809	10381
Суммарное тепло газов, МДж	7590	16104	14043
Выработка электроэнергии при к.п.д. паровой турбины = 21%, МДж	1579	3382	2949
Затраты электроэнергии на собственные нужды, МДж	Н.д.	2340	900 - 1080
Отпуск электроэнергии на сторону, МДж	<b>1300 - 1440</b>	<b>815 - 1042</b>	<b>1869 - 2046</b>
Отпуск электроэнергии на сторону, МВт/ч	<b>0,36 - 0,40</b>	<b>0,23 - 0,29</b>	<b>0,52 - 0,57</b>

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОКУПАЕМОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРА ПРИ ВЫПУСКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОДУКТОВ

Продукты переработки	Шлаковый щебень, электроэнергия	Шлаковый утеплитель, электроэнергия	Шлаковый щебень, электроэнергия, метанол
Капиталовложения, млн. руб.	2 068,0	2 068,0	3 029,3
Персонал, человек	109	109	133
Срок ввода в эксплуатацию, мес.	24	24	24
Оплата за утилизацию ТКО, руб./т	0	0	0
Реализация эл. энергии, руб./кВт	3,0	3,0	3,0
Операционные затраты, млн. руб./год	400,1	400,1	413,8
Валовая выручка, млн. руб./год	322,7	1 092,5	2 902,5
Чистая прибыль после налогообложения, млн. руб.	-77,4	405,7	1 541,0
Окупаемость после ввода в эксплуатацию, лет	Не окупается	6	2

# АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НАУЧНЫЕ  
ДОКЛАДЫ

А. К. Зайцев, Л. И. Леонтьев, Ю. С. Юсфин

## АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

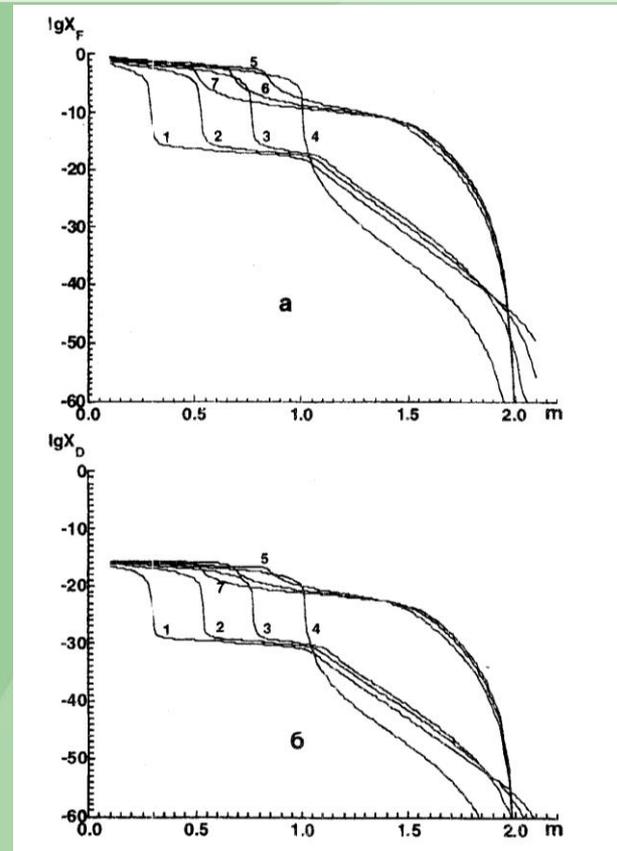
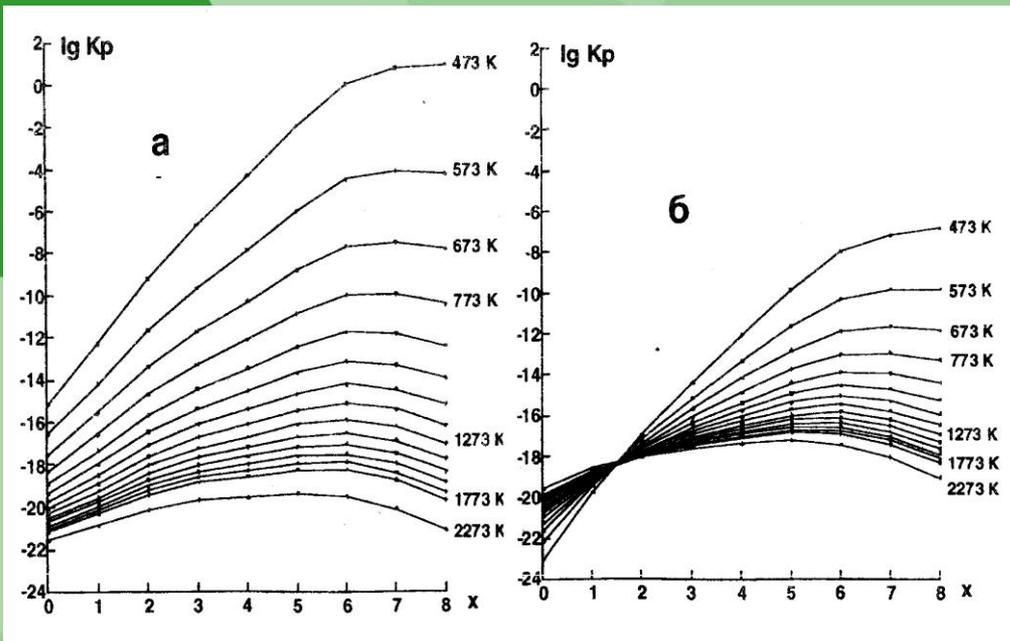
ЕКАТЕРИНБУРГ  
1997

Решение ресурсно-экологических задач начинается со стадии проектирования технологических процессов и элементов конструкций и оборудования. На этом этапе должны быть рассчитаны всевозможные выбросы в окружающую среду.

Авторами А.К. Зайцевым, Л.И. Леонтьевым, Ю.С. Юсфиним предложена методика анализа формирования экотоксикантов в термических процессах. Методика основана на расчете сложных химических равновесий многокомпонентных и многофазных систем в широком интервале изменений окислительно-восстановительных условий.

Предложенный метод позволяет определить параметры любого предложенного решения и провести его оптимизацию с учетом как технологических, так и экологических задач.

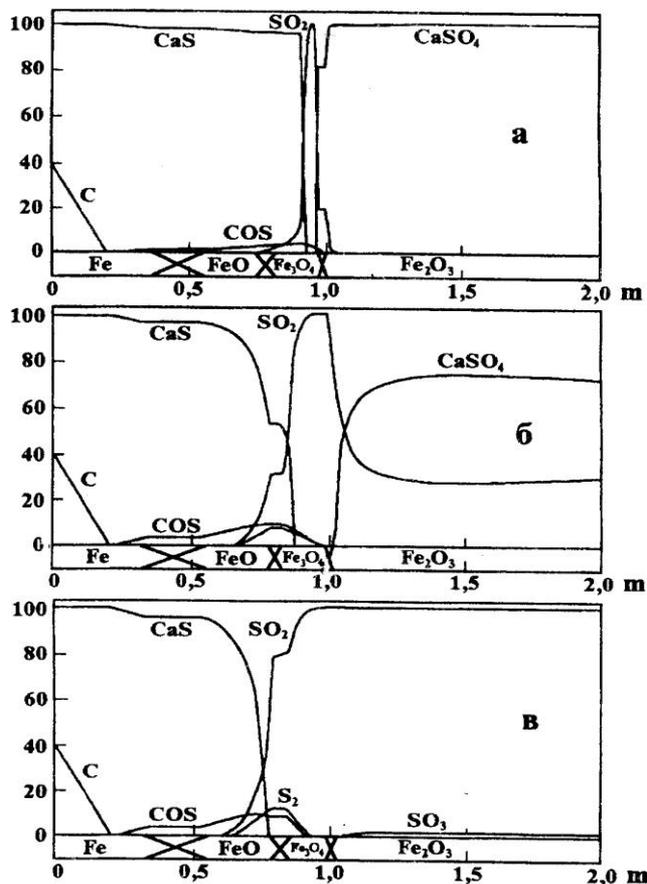
# РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДИОКСИНОВ И РОДСТВЕННЫХ ИМ СОЕДИНЕНИЙ



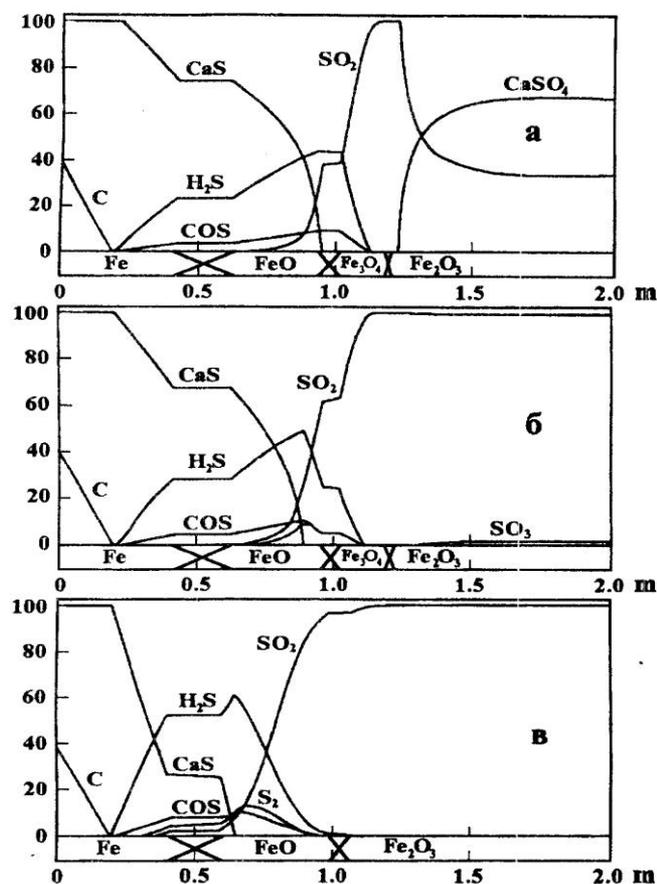
Константы равновесия реакций образования ПХДД  $C_{12}H_{8-x}Cl_xO_2$  (а) и ПХДФ  $C_{12}H_{8-x}Cl_xO$  (б)

Влияние исходного состава на суммарные концентрации ПХДД (а) и ПХДФ (б) при 500°C:  
 1 – C+0,583H + 0,083Cl; 2 - C+0,500H + 0,167Cl;  
 3 - C+0,417H + 0,250Cl; 4 - C+0,333H + 0,333Cl;  
 5 - C+0,250H + 0,417Cl; 6 - C+0,167H + 0,500Cl;  
 7 - C+0,083H + 0,583Cl;

# ОБРАЗОВАНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И ФОРМИРОВАНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ВЫБРОСОВ

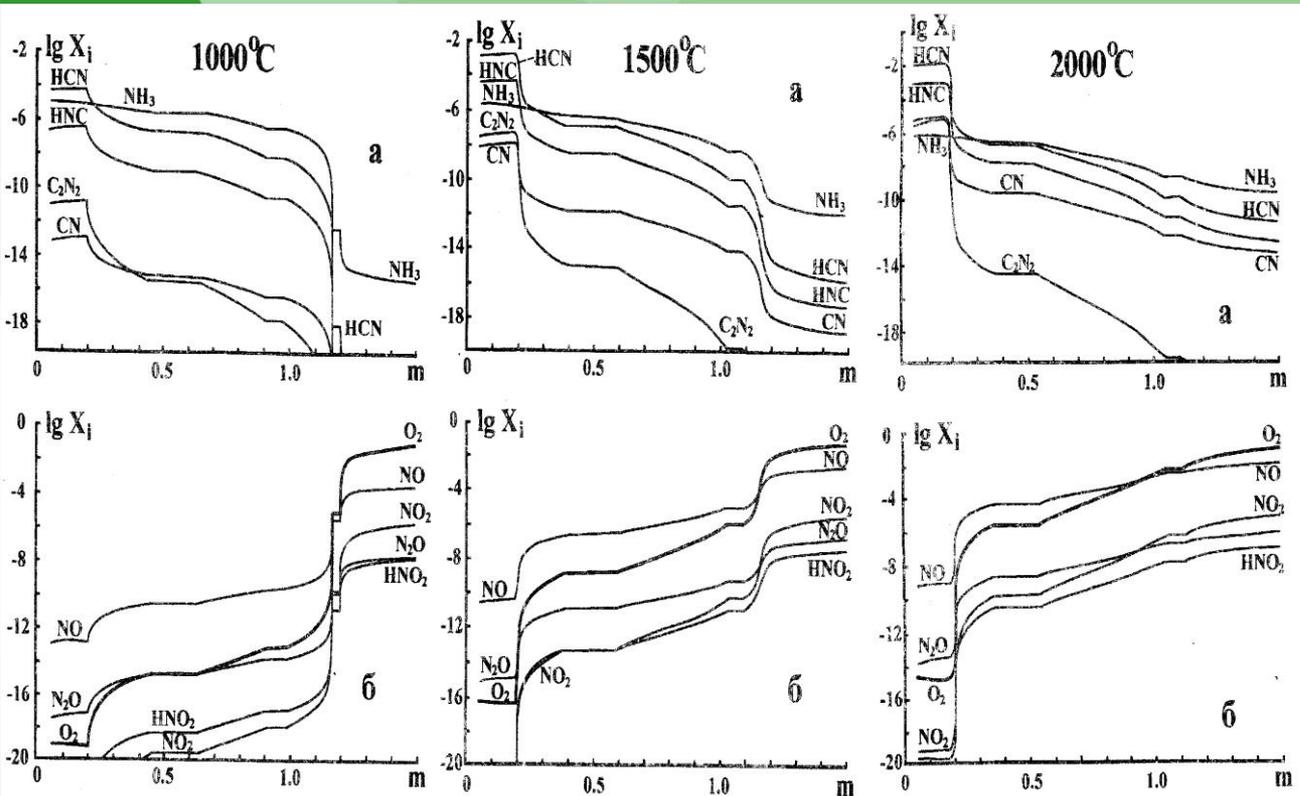


Поведение серосодержащих веществ и соединений железа в зависимости от расхода воздуха для системы  $C + 0,2Fe_2O_3 + 0,0038S + 0,004CaO$ . Доли серосодержащих веществ и соединений железа (%) при 1000°C (а), 1150°C (б) и 1200°C

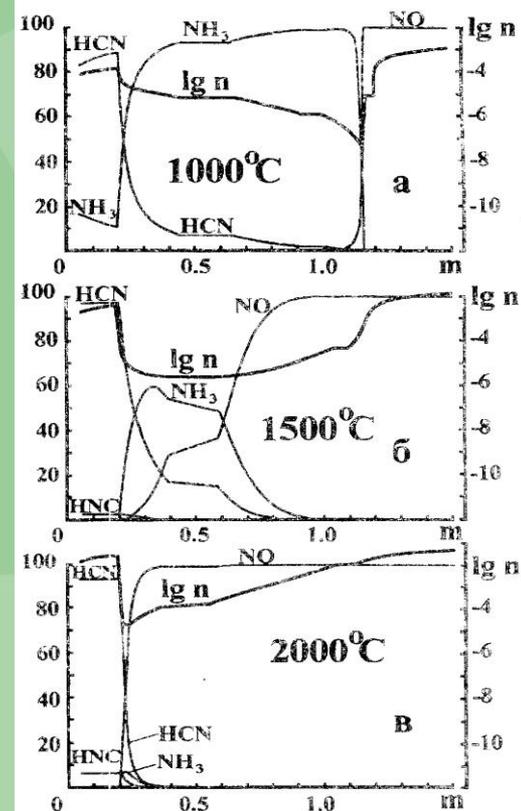


Поведение серосодержащих веществ и соединений железа в зависимости от расхода воздуха для системы  $C + 0,2Fe_2O_3 + 0,0038S + 0,004CaO + 0,4H_2$ . Доли серосодержащих веществ и соединений железа (%) при 1150°C (а), 1200°C (б) и 1400°C

# ОБРАЗОВАНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОРМИРОВАНИЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЫБРОСОВ



Зависимости равновесного содержания компонентов в системе  $C + 0,2Fe_2O_3 + 0,4H_2 + m \cdot (4N_2 + O_2)$  при различных температурах:  
а – логарифмы мольных долей кислорода и соединений азота;  
б – доли свободного углерода и соединений железа (%).



Характеристики выбросов соединений азота (логарифм общего числа молей и доли соединений в общем выбросе в системе  $C + 0,2Fe_2O_3 + 0,4H_2 + m \cdot (4N_2 + O_2)$  при 1000°C (а), 1500°C (б) и 2000°C

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ  
ОРГАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ С ВЫДЕЛЕНИЕМ  
НЕРАЗЛАГАЕМОЙ МАССЫ;  
ПЕРЕРАБОТКА ВО ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ,  
КОМПОСТИРОВАНИЕ**

В этом разделе представлена разработка АО  
«Механобр - техника»

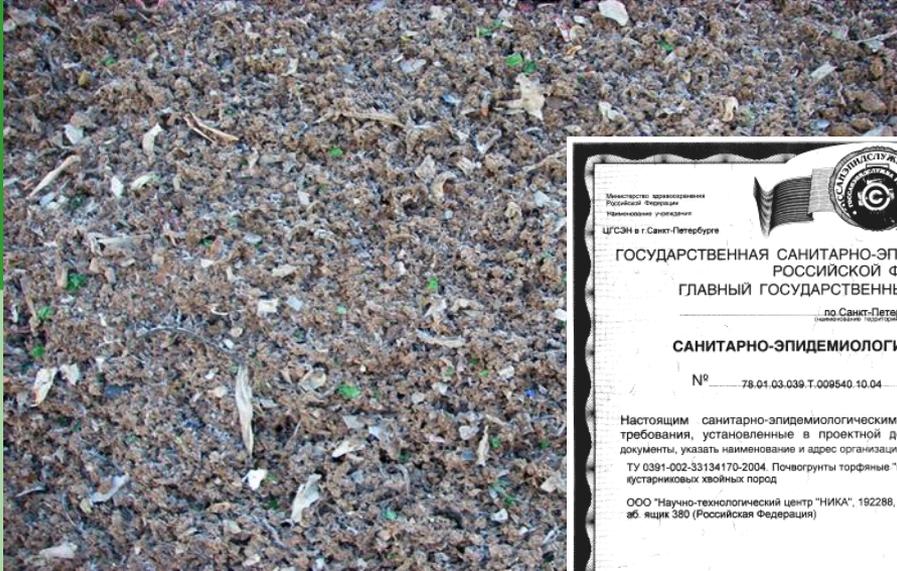
# МЕХАНОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ: АЭРОБНОЕ КОМПСТИРОВАНИЕ



При переработке  
раздельно собранных  
пищевых и растительных отходов может  
быть получен  
товарный компост



# ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОЧВОГРУНТА ИЗ КОМПоста, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СМЕШАННЫХ ТКО. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ТЕХНОЛОГИЯ НПК «МЕХАНОБР-ТЕХНИКА»



Министерство здравоохранения  
Российской Федерации  
Федеральное учреждение

ЦГСЭИ в г. Санкт-Петербурге

Код формы по ОККОД  
Код учреждения по ОКПО  
Министерство здравоохранения  
Российской Федерации  
Управление Федеральной  
Министерства здравоохранения  
Российской Федерации  
от 07.10.2004 г. № 341

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГЛАВНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ ВРАЧ**  
по Санкт-Петербургу  
(заместитель главного государственного санитарного врача)

**САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
№ 78.01.03.039.Т.009540.10.04 ОТ 08.10.2004 г.

Настоящим санитарно-эпидемиологическим заключением удостоверяется, что требования, установленные в проектной документации (перечислить рассмотренные документы, указать наименование и адрес организации-разработчика):  
ТУ 0391-002-33134170-2004. Почвогрунты торфяные "Малахит" для цветов, газонов и древесно-кустарниковых хвойных пород  
ООО "Научно-технологический центр "НИКА", 192288, г. Санкт-Петербург, ул. Гашека, 30/5, офис 557, аб. ящик 380 (Российская Федерация)

**СООТВЕТСТВУЮТ (НЕ СООТВЕТСТВУЮТ)** государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам (ненужное зачеркнуть, указать полное наименование санитарных правил)

СанПиН 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы", СП "Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно допустимых количеств химических веществ в почве" №6229-91; ГН 2.1.7.020-94 "Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах"; МУ 2.1.7.730-99 "Тигиническая оценка качества почвы населенных мест".

Основанием для признания представленных документов соответствующими (не соответствующими) государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам являются (перечислить рассмотренные документы):  
ОАО ВНИИТП Испытательная лаборатория торфа и продуктов его переработки (протокол № 303 от 30.09.2004г.)

Главный государственный санитарный врач  
(заместитель главного государственного санитарного врача)

Курочкин Валерий Михайлович

Формат А4. Бланк. Срок хранения 5 лет. № 531059

# МЕХАНОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ: АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ (С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА)



Сырье – выделенная  
биоразлагаемая часть ТКО  
(пищевые и растительные  
отходы - не менее 90%)

**БИОГАЗ**  
50-75% метана

Осушение, обогащение

**БИОГАЗ**  
95% метана



**Твердый остаток – на  
компостирование**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

# ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРА ПМ НА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДАХ

Площадь реактора, м <sup>2</sup>	2,5	5	10
Расход ТКО, т/час	14,7	29,4	58,8
Расход кислорода, тыс. м <sup>3</sup> /час	1,7	3,5	7,0
Расход природного газа, тыс. м <sup>3</sup> /час	0,5	1,0	2,0
Расход воздуха, тыс. м <sup>3</sup> /час	1,3	2,5	5,0
Выход шлака (сырье для строительного материала), т/час	6,4	12,7	25,4
Объем отходящих газов, м <sup>3</sup> /час	21600	43200	86400
Выработка электроэнергии МВт/ч	9	18	37
Стоимость строительства и ввода в эксплуатацию	15 млн долларов США	24 млн долларов США	31 млн долларов США

# СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Технологии	Топливо	Товарная продукция	Отходы производства	Удельные капиталовложения, US\$/кВт
Lurgi	Только уголь	Генераторный газ	Зола, пыль	1300-1500
Wiinkler	Только уголь	Генераторный газ	Зола, пыль	1200-1400
Коноко	Только уголь	Пар Генераторный газ	Зола, пыль	1400-1600
Koppers-Totzek (Shell)	Только уголь	Пар Генераторный газ	Зола, пыль	1200-1400
Simens	Только уголь	Пар Генераторный газ	Шлак, пыль	1200-1500
Hitachi Zosen	Только ТКО	Пар	Зола, пыль	6400
<b>ПМ</b>	<b>Уголь Торф Техногенные отходы ТКО</b>	<b>Электричество Пар Генераторный газ Шлаковое литье Концентрат цветных металлов</b>	<b>НЕТ</b>	<b>700-1000</b>