

*Усенков М.М., Иконников В.К., Чудаков Л.Н.*

**Оборудование для переработки  
отходов производства и потребления  
методом  
термобарохимической деструкции**

**Человечество не погибнет в  
атомном кошмаре –  
оно задохнётся в  
собственных отходах**

*Нильс Бор*

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ КОНСОРЦИУМ «ЭНЕРГИЯ-ЭКОЛОГИЯ» («ЭнЭк»)

- «Эн-Эк» - группа компаний, в том числе - международных, специализируется на НИОКР и комплексном проектировании по следующим основным направлениям:
- Комплексная переработка и рециклинг отходов производства и потребления (твердых бытовых, промышленных, сельскохозяйственных, органических, медицинских и др.) путем их термохимической переработки (пиролиза, ожижения, газификации), с попутным получением тепловой, механической и электрической энергии.
- Разработка установок, использующих эффект сверхкритического водного окисления для обезвреживания органических загрязнителей и производства водорода гидротермальным окислением алюминия.

- Разработка способов и реализующих их устройств альтернативной энергетики (солнечных, термоградиентных, ветровых, волновых, фото-био-реакторных, биотопливных и др.), а также систем аккумуляции энергии.
- Разработка мобильных блочно-модульных установок обезвреживания и утилизации опасных отходов» как составной части системы «быстрого реагирования при возникновении опасных экологических и техногенных ситуаций и катастроф, включая лесные пожары, эпидемии «свиного» и «птичьего гриппа», «коровьего бешенства» и др.

# **Методы обезвреживания и переработки , применяемые на МБМК в зависимости от стоящей задачи**

**Пиролиз**

**Обработка в сверхкритических флюидах, в том  
числе сверхкритическое водное окисление  
(СКВО)**

**Газификация**

**Термолиз**

**Инсинерация**

**Огневое обезвреживание**

**Кавитационное обезвреживание**

**Термобарохимическая конверсия позволила объединить  
все прогрессивные методы обезвреживания твердых,  
жидких, пастообразных отходов, как отдельно, так и в  
смешанном состоянии, в том числе и в замерзшем виде.**

# Внешний вид установки



# Внешний вид установки

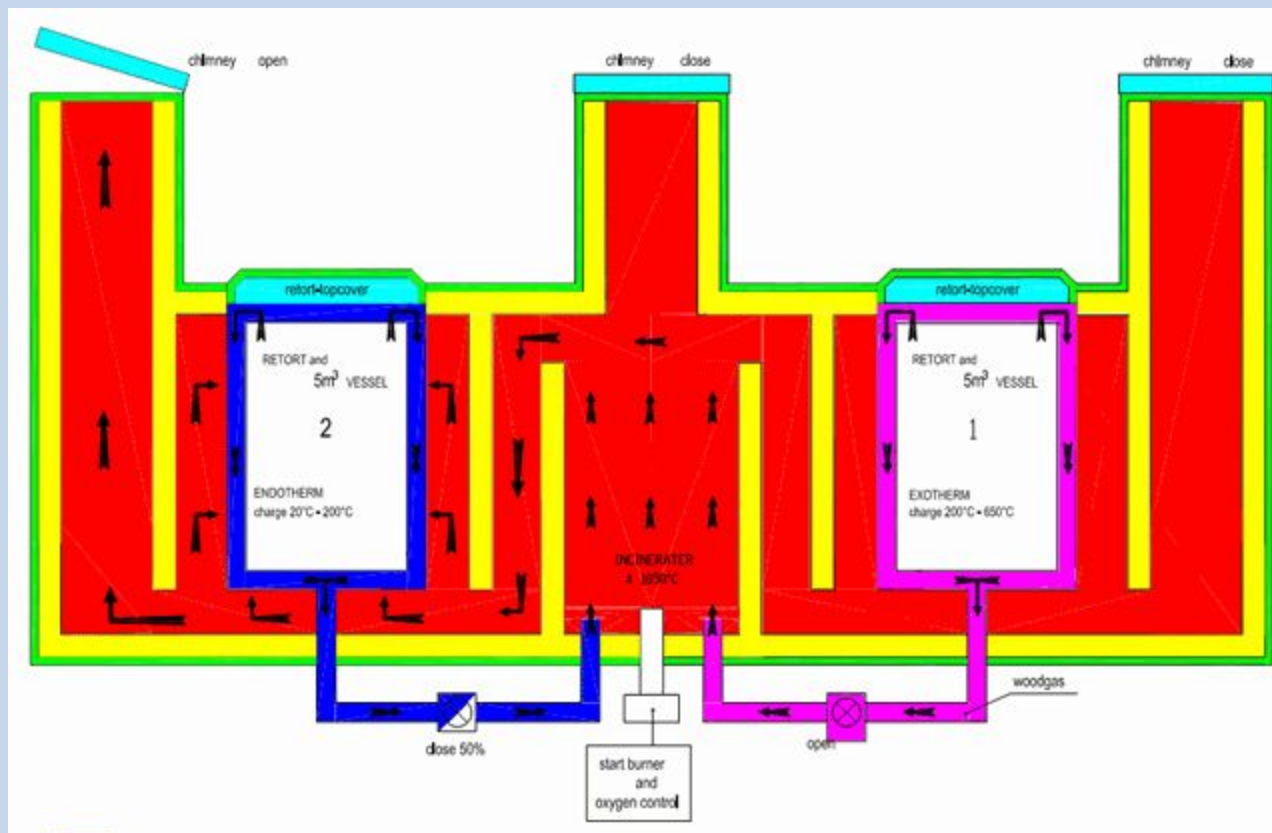


# Вид весселя (реторты)





# Схема работы пиролизной печи



# Внешний вид пиролизной печи



# Момент установки vessels в печь



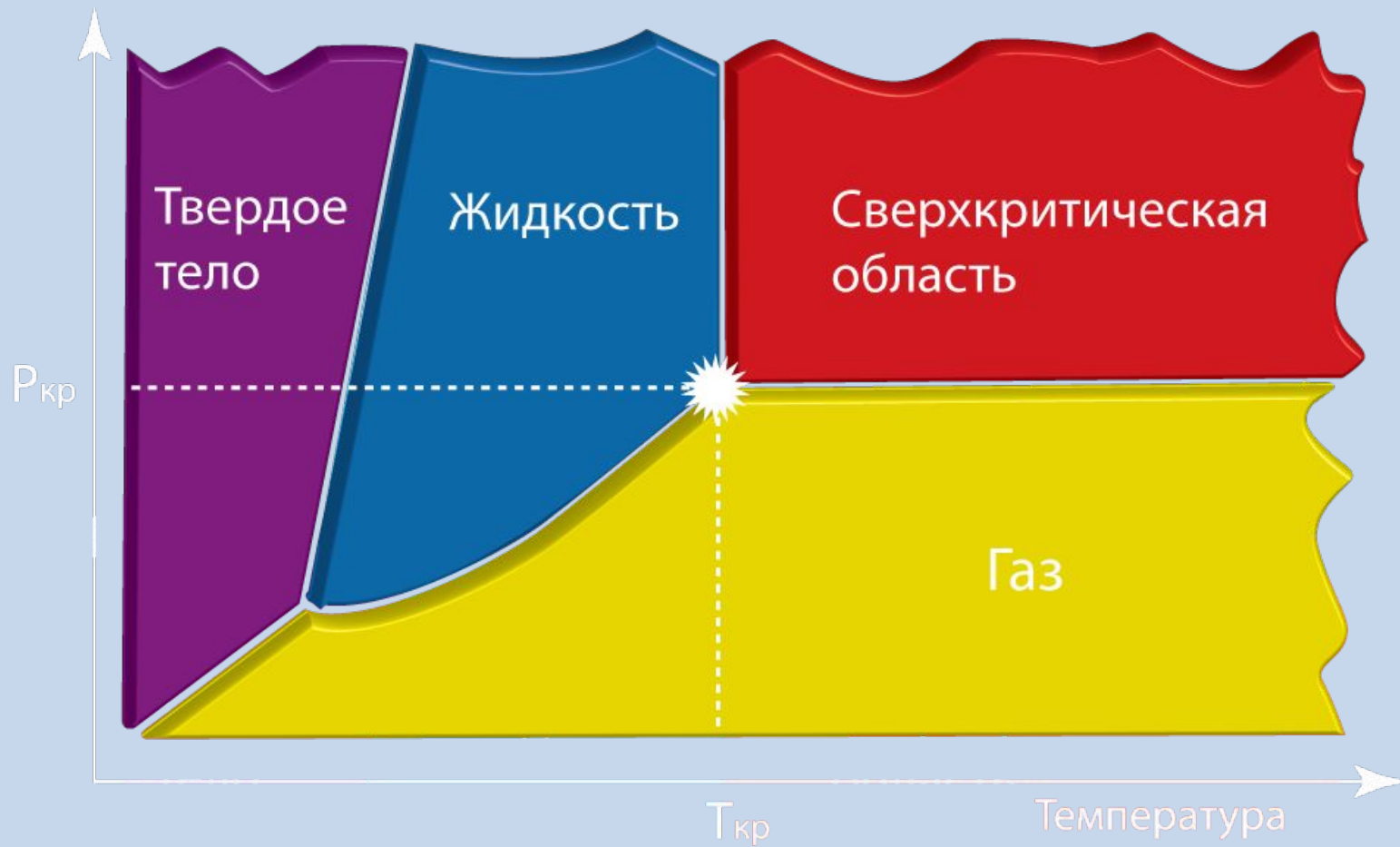
## Примерный перечень углеродосодержащих материалов и отходов, для переработки в пиролизных печах

- углеродсодержащие материалы с содержанием угля от 10 до 40% (зола уноса тепловых электростанций, шлаки котельных, почва, загрязненная углем и т.д.);
- нефтешламы из нефтехранилищ, почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами, отходы нефтеперерабатывающих предприятий;
- отходы деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, лесной промышленности (опилки, щепа, кора, лигнин и т.д.);
- различные виды ила очистных сооружений, полей фильтрации, ила после метантанков при биологической обработке и т.д.;
- твердые бытовые отходы;
- отходы покрасочных производств и лакокрасочной промышленности;
- старые автомобильные покрышки, отходы производств резинотехнических изделий, полимерные отходы;

## Продолжение перечня

- отходы сельскохозяйственного производства;
- почва, загрязненная различного вида органическими веществами;
- отдельные виды отходов химических производств;
- отходы фармацевтической промышленности (активированный уголь после использования и пр.);
- боевые отравляющие вещества;
- отработанные резино-технические изделия (покрышки, конвейерные ленты и др.);
- инфицированные материалы лечебно-профилактических учреждений;
- инфицированные материалы животного происхождения («птичий грипп», «коровье бешенство» и р.).

# Агрегатное состояние вещества





# Параметры критического состояния различных веществ

Растворитель	T, К	P, МПа	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
• C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	282,1	5,041	214
• Xe	289,5	5,840	1110
• CO <sub>2</sub>	303,9	7,375	468
• C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	305,2	4,884	203
• N <sub>2</sub> O	309,4	7,255	452
• NH <sub>3</sub>	405,3	11,35	235
• C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	513,7	6,137	276
• H <sub>2</sub> O	646,9	22,060	322

**Вода, находящаяся в состоянии выше критических параметров, становится универсальным растворителем и очень сильным окислителем**

# Технология СКВО

- Обезвреживание опасных промышленных отходов с применением сверхкритического водного окисления и наноимпульсных экстремальных воздействий. Процесс сверхкритического водного окисления СКВО состоит в обработке (в проточном режиме) водных смесей органических и неорганических соединений, содержащих вредные и токсичные вещества, сверхкритической водой при избытке воздуха (или кислорода), температурах 400-600°С и давлении 200-300 атм. При этом не менее 99,99% органических соединений в исходной смеси превращаются в экологически абсолютно безвредные  $H_2O$  и  $CO_2$ . Азотсодержащие органические соединения и аммонийные вещества разлагаются с выделением газообразного азота. Хлор, фтор, фосфор и сера из органических веществ образуют кислотные остатки, и легко выделяются в виде неорганических кислот или солей при добавлении в раствор соответствующих катионов.



# Особенности технологии СКВО

- Полнота химических превращений и их высокие скорости (менее минуты) в процессе СКВО связаны как с уникальными свойствами сверхкритической воды, так и с тем, что реакции протекают в условиях молекулярной дисперсности реагентов, находящихся в гомогенном высокотемпературном флюиде невысокой плотности.
- Реакции окисления органики экзотермичны, что позволяет эффективно использовать тепло самих реакций как для поддержания температурного режима процесса, так для компенсации энергозатрат на разогрев реагентов и дополнительного производства электроэнергии.

# Преимущества технологии СКВО

- Более низкая температура процесса;
- Более высокая устойчивость процесса;
- Пренебрежимо малый конечный выход окислов азота и серы;
- Все конечные продукты локализованы, нет необходимости их улавливать;
- Окисление достигается в гомогенных однофазных условиях, которые обеспечивают отличные условия для смешения компонентов и высокие скорости тепло- и массопереноса;
- Высокая эффективность разрушения токсичных компонентов достигается сравнительно быстро и в сравнительно малых по объему реакторах;
- Процесс происходит в полностью замкнутой системе, позволяющей изоляцию от окружающей среды токсичных и опасных уничтожаемых материалов до проведения процесса, а также сбор и анализ обезвреженных продуктов окисления до их контролируемого сброса в окружающую среду;

# Характеристика способов

Способы уничтожения	Преимущества	Недостатки
Переработка в водных средах (сверхкритическое водное окисление)	Экологическая безопасность, <u>экономическая эффективность даже на ТБО</u> , простота технологий, минимум персонала, минимальный нетоксичный сухой остаток на выходе 2 – 8%	Высокий уровень давления, невысокая износостойчивость. Необходимость предварительной сортировки.
Плазменная газификация	Универсальность. Оперативность. Высокая степень очистки, безопасный сухой остаток 10-16%	Капиталоемкость, сложные технолог. процессы, высокие требования к персоналу. Экономическая неэффективность на ТБО.
Обычная газификация (пиролиз)	Универсальность Оперативность	Низкая степень очистки, высокий и относительно не безопасный сухой остаток 30-40%. Экономическая неэффективность на ТБО.
Сжигание (термическое уничтожение)	Оперативность	Образование и выброс в атмосферу оксидов азота и других токсичных соединений. Сложность уничтожения высокотоксичных веществ и отходов. Экономическая неэффективность на ТБО.
Захоронение на полигонах	Универсальность, оперативность,	Захоронение в «могильниках» приводит к отчуждению больших территорий и не исключает опасных экологических

# Сравнительная таблица технологий

№	Параметр сравнения	Захоронение на полигоне	Сжигание (650°C)	Низкотемпературный пиролиз (800°C)	Высокотемпературный пиролиз (1800°C)	Плазменная газификация (2500°C)	СКВО (600°C + давл. 300 атм.)
1	Степень разрушения	0%	70%	90%	100%	100%	100%
2	Наличие смол и фуранов	Нет контроля	Много смол и фуранов	Есть смолы и фураны	Нет смол и фуранов	Нет смол и фуранов	Нет смол и фуранов
3	Уровень выбросов дымовых газов	высочайший	высокий	средний	низкий	очень низкий	отсутствует
4	Масса токсичной золы, %	40%	30%	10%	нет	нет	нет
5	Масса шлама, %		нет	30-40%, вкл. токсичную золу	20-30% минеральный остаток	10-16%, остеклованный мин. остаток	2-8% минеральный остаток + соли
6	Номенклатура утилизируемых отходов	Любой за искл. химических, радиоактивных и жидких,	Кроме жидких и отдельных неорг. видов	Кроме жидких и некоторых неорг. видов	Кроме жидких и некоторых неорг. видов	Любой вид отходов, кроме жидких	Любой вид, включая жидкие, кроме камня, стекла и металла
7	Необходимость сортировки	Отсутствует	Есть	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Есть
8	Объем инвестиций на тонну годовой мощности, руб/т.	480,00	2 950,00	3 214,00	2 572,00	21 000,00	1 900,00

# **Мобильный блочно-модульный комплекс по термобарохимической переработке и уничтожению отходов**

## **Функциональное назначение:**

**МБМК предназначен для уменьшения масштабов  
потенциальных очагов биологического заражения  
и суммарных площадей защитных зон полигонов, накопителей,  
свалок, захоронений и т.п.**

# **Конструктивный подход**

**Мобильность и транспортная доступность.**

**Автономность по энергетике и обеспечению.**

**Универсальность и обеспечение режима  
«двойного» назначения.**

**Многофункциональность. Возможность  
функционального наращивания сложности.**

**Комплектность. Возможность адаптации к новым  
видам перерабатываемых материалов.**

**Возможность работы в различных климатических  
условиях.**

**Самостоятельная подготовка опасных материалов  
и их смесей к комплексной термобарохимической  
обработке.**

# **Технологические особенности**

**Обработка в реакторе крупногабаритных отходов, пропуская их через все зоны обработки, а именно: сушки – обезвреживания – обезвоживания, пиролиза, активации, охлаждения и др. вместе с капсулами СКВО.**

**Для работы с мерзлыми загрязненными грунтами и смесями предусмотрен блок предварительного снеготаяния, сепарации, измельчения, дезинтеграции и гомогенизации загрязненных материалов и смесей.**

**Пуск реактора осуществляется от резервного источника топлива (дизтопливо, газ, пылеуглеродное и суспензионное углеродное топливо).**

**После выхода на экзотермический режим термобарохимическая конверсия обеспечивается за счет внутренних резервов тепла процессов переработки отходов.**

**Комплекс МБМК может быть использован в качестве средства быстрого реагирования при возникновении эпидемиологических опасностей и в чрезвычайных ситуациях химического и биологического заражения.**

# Основные технические характеристики комплекса МБМК

Методы обезвреживания и переработки ВТХВ и СОЗ (в зависимости от стоящей задачи)	Пиролиз; Обработка в сверхкритических флюидах, в т.ч. СКВО; Газификация, термолиз, инсинерация; Огневое обезвреживание Кавитационное обезвреживание
Производительность изделия, т/час (при влагосодержании до 50%)	6
Степень переработки отходов	95%
Коэффициент использования изделия	0,9
Срок службы, лет	10
Тип конструкции	Блочно-модульная
Количество модулей в реакторе (в зависимости от комплектации), шт	2...4
Компоновка изделия (в зависимости от номенклатуры перерабатываемых отходов)	Горизонтальное соединение 20-футовых контейнеров на единой раме
Габариты реактора (полная комплектация): длина, м	24



поперечное сечение, м	2 x 2
Емкость модулей при общем сквозном сечении, м <sup>3</sup>	12, 24, 36, 48
Температура в реакторе, <i>max</i> , град С	900
Давление в реакторе, <i>max</i> , атм.	400
Энергопотребление: 1. Пуск изделия	Внешний источник
2. Режим переработки	Автономное энергоснабжение с выделением дополнительной энергии
Режим функционирования	Круглосуточно в течение 11 месяцев
Степень автоматизации	АСУ ТП
Обслуживающий персонал	4 смены по 2 чел.
Требования к площадке размещения установки	Отсутствуют
Средства монтажа установки	Стандартные погрузочно-разгрузочные устройства
Транспортабельность	Любые средства транспортировки 20-футовых контейнеров

# **Потенциальные заказчики**

**Агропромышленный комплекс,  
Лесопромышленный комплекс,**

**МинПрирода,**

**МЧС РФ,**

**Минпромторг РФ,**

**Регионы РФ.**

# **Предложения для инвесторов по освоению разработки**

**Прогнозируемый объем инвестиций на разработку КД и изготовление пилотного образца от 29 млн. руб. до 100 млн. руб. в зависимости от области применения, назначения комплекса и его производительности. Сроки изготовления - 1 год.**

**Доводка образца с выходом на серийное изготовление: 10 ÷ 50 млн. руб. Срок: 6 месяцев.**

**Себестоимость серийного образца – 40,0 ÷ 65,0 млн. руб.  
Примерная цена серийного образца в РФ: 80,0 ÷ 130,0 млн. руб.; - при продаже на экспорт: 1,5 ÷ 2,3 млн. евро.**

**При серийном выпуске МБМК более 10 изделий в год цены могут быть снижены на 12%.**

**Окупаемость инвестиционных затрат при эксплуатации МБМК – от 2-х до 3-х лет.**

**Окупаемость инвестиционных затрат при серийном производстве комплексов МБМК – 1÷2 года.**

**Приглашаем к сотрудничеству**