

На правах рукописи



Гуляев Денис Рафисович

**МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Специальность: 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами -
промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург - 2008

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: член-корреспондент РАН,
доктор технических наук, профессор
Фёдоров Михаил Петрович

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Окороков Василий Романович

кандидат экономических наук
Бахарев Андрей Анатольевич

Ведущая организация: Институт системного анализа Российской академии наук (г. Москва)

Защита состоится « 09 » октября 2008 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д.212.229.23. в ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, 3-й учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан « 05 » сентября 2008 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета, Д 212.229.23

доктор экономических наук, профессор

С.Б. Сулоева

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертационной работы. Развитие технологических процессов, появление новых материалов привело к появлению опасных для окружающей среды отходов. В связи с этим возникла потребность в новых технологиях их переработки и методах оценки последствий утилизации опасных отходов. Возникла необходимость разработки экологически безопасных, организационно и экономически обоснованных систем утилизации специальных отходов (СО). Специфичность и многообразие технологий потребовала разработки методики определения экономической эффективности на основе специфических оценочных показателей. Специальные отходы содержат широкий спектр компонентов - от обычных бытовых отходов до высокотоксичных, радиоактивных, инфицированных, эстетически неблагоприятных, опасных в травматологическом отношении составляющих. Наиболее важным, с научной точки зрения является изучение систем обращения специальных отходов и их воздействия на окружающую природную среду. Большой вклад в изучение проблем обращения особо опасных отходов, разработку новых технологий, оценку их воздействия на окружающую природную среду внесли: ИПЭФ РАН, АКХ им. К.Д. Памфилова, МГУ, институт системного анализа РАН, ИЭЭ РАН, институт биохимии РАН, НИЦЭБ РАН, СПбГПУ, СПбГУ, РГГУ, Комитет по экологии ГД ФС РФ, Комитет по экономической политике ГД ФС РФ, а также многочисленные отечественные и зарубежные специалисты.

Особое опасение вызывает рост медицинских отходов (МО) как один из наиболее распространенных опасных специальных видов. Анализ литературы и практика свидетельствует, что использование в России традиционных технологий обращения с медицинскими отходами не обеспечивает необходимую безопасность. Одной из причин возникновения инфекций являются пожары на свалках с обсеменённым патогенной микрофлорой медицинским мусором. Возбудители опасных инфекций мгновенно распространяются на многие десятки километров вокруг. Не спасает и захоронение в землю. Опасные микроорганизмы вымываются грунтовыми водами, а когда биоорганика неминуемо загнивает, то они попадают на поверхность с выделяемыми при этом газами.

Традиционные системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) не подходят для специальных отходов, а действующие на данное время нормативные документы по утилизации, переработке и уничтожению не соответствуют современным требованиям и требуют пересмотра.

Основной целью исследования данной научной работы является создание методик выработки управленческих решений и оценки организационных и технологических систем утилизации специальных отходов, основанных на современных представлениях об экономическом анализе, оценке экологического риска, воздействия на окружающую среду, использовании

системного анализа для сложного организационно-технологического комплекса, позволяющих эффективно решать проблемы управления движением и утилизацией отходов данной категории.

В результате исследования проблемы определились **основные задачи диссертационного исследования**:

1. Классификация специальных отходов с учетом состава факторов опасности.
2. Анализ методов утилизации специальных отходов, требующих специальных технологий, повышенных мер безопасности.
3. Разработка организации процесса утилизации специальных отходов как комплекса организационно-технологических мероприятий.
4. Определение организационной структуры и задач региональных центров утилизации специальных отходов медицинских учреждений.
5. Получение взаимосвязи затрат на утилизацию и коэффициента уменьшения опасности отходов по технологиям утилизации.
6. Экономическая оценка технологий с позиции экономичности применения и безопасности для окружающей среды.
7. Разработка многокритериальных моделей для выбора оптимальной технологии и элементов системы утилизации.

Объект исследования: комплекс организационных и технических решений системы утилизации специальных отходов.

Предмет исследования: система отношений, возникающая в организационно-технологическом комплексе утилизации специальных отходов (сбор, временное хранение, транспортировка, обезвреживание, ликвидация, захоронение).

Научная новизна диссертационной работы заключается в приложении методов экономического анализа и оптимизации применительно к особенностям нового объекта – сектора промышленности – «высокотемпературная переработка».

Практическая значимость. Проведённое исследование позволяет предприятиям по утилизации отходов, медицинским учреждениям, санэпидемслужбам, коммунальным предприятиям сформулировать методику экономической оценки системы утилизации специальных отходов и определить оптимальные способы их обезвреживания и утилизации.

Достоверность научных результатов и основных выводов подтверждается использованием теоретических положений, изложенных в литературных источниках, анализом фактического материала результатов деятельности региональных систем обращения специальных отходов, представительностью использованного статистического материала медицинских учреждений, а также использованием фактических материалов утилизации опытных партий специальных отходов.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в сборе исходного статистического и фактического материала, сравнительном анализе технологий переработки специальных отходов, самостоятельной разработке методики экономической оценки системы утилизации специальных отходов на основе уточнения характеристик специальных отходов и их классификации, экономико-экологической оценке технологий по переработке специальных отходов, технико-экономическом расчёте параметров установки по переработке специальных отходов на основе плазменных технологий, применении многокритериального анализа для оценки технологий утилизации отходов медицинских учреждений.

Апробация работы. Основные положения, изложенные в диссертационной работе, представлены и обсуждены на 7-й Международной научно-практической конференции "Экономика, экология и общество России в 21-м столетии", IX Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы "Фундаментальные исследования в технических университетах", X Международной научно-практической конференции "Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей", VI Международной научно-практической конференции "Современная техника и технологии в медицине, биологии и экологии", Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов "XXXIV Неделя науки СПбГПУ", Международном молодежном экологическом форуме стран балтийского региона "Экобалтика 2006". Основные результаты диссертации опубликованы в 8-ми работах.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 112 с., включает 13 табл. и 18 рис. Список использованной литературы содержит 118 наименований.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существуют различные методы утилизации СО (рис.1). Они отличаются характером технологии, степенью утилизации исходного продукта, риском последующего ущерба, масштабом изъятия ресурсов при хранении остатка.

В диссертации показано преимущество термических методов обезвреживания отходов перед прочими. При использовании термических установок оптимально сочетаются экологические и экономические параметры - стоимость обезвреживания, простота установки, обслуживание специально обученными работниками, надёжность дезинфекции отходов, невозможность дальнейшего применения использованного инструментария, минимальное количество отходящих газов, шлаков, сточных вод, отходов, отправляемых на захоронение.



Рис. 1. Методы утилизации специальных отходов

Рассмотрены организационно-технологические особенности систем утилизации специальных отходов, ввиду специфики технологических процессов, этапов предварительного сбора и повышенной опасности для окружающей среды. Системы утилизации отходов включают набор организационных и технологических мероприятий: сбор, первичная сортировка и транспортирование отходов к местам их переработки, обезвреживания и уничтожения; подбор методов и устройств для утилизации, обезвреживания и уничтожения отходов; выбор способов и устройств для транспортирования и размещения (захоронения) конечных продуктов обезвреживания и уничтожения отходов (рис.2.).



Рис. 2. Системы утилизации СО

Выявлена необходимость введения новых понятий – **специальные отходы** и новая **промышленность – высокотемпературной переработки** с максимальным уничтожением исходного продукта. Такая специфика требует выделения в отдельную категорию части потоков отходов, ранее относившихся к бытовым, промышленным или сельскохозяйственным отходам (рис.3).

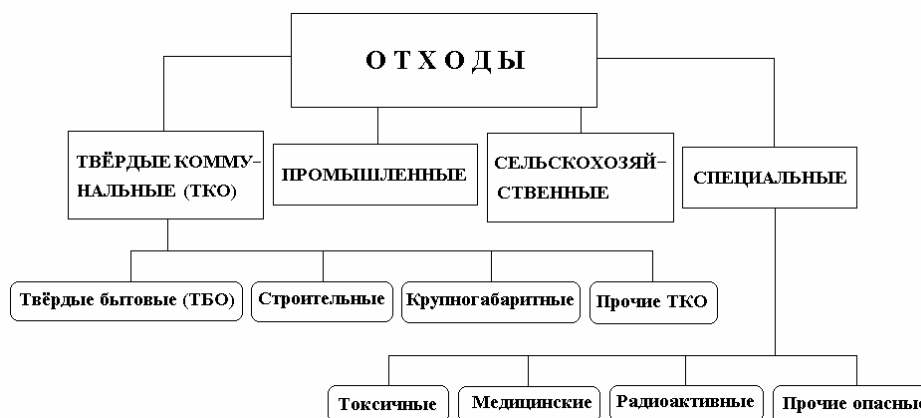


Рис. 3. Основные виды отходов

Определяющие решения при становлении высокотемпературной промышленности утилизации специальных отходов:

- прогнозирование потребности в переработке специальных отходов;
- определение областей эффективного применения каждого из видов технологий;
- регламентация организации по этапам сбора, транспортировки, переработки и захоронения отходов;
- расчет структуры мощностей;
- размещение мощностей переработки.

Новыми методическими элементами оказываются:

- классификация специальных отходов;
- оценка степени воздействия на окружающую среду опасных факторов отходов;
- расчет элементов эксплуатационных затрат по организационно-технологическому комплексу;
- выбор предпочтительной технологии утилизации в системе факторов «затраты – степень утилизации опасных факторов».

Из анализа литературы и практики следует, что в учреждениях здравоохранения потенциально инфицированные отходы (выделения больных, шприцы, бинты, хирургический инструментарий и т.п.), в основном, обезвреживаются по месту их образования, после чего жидкая часть сбрасывается в канализационные системы, а твердая масса вывозится на полигоны. Но, как часто бывает, из-за отсутствия в медицинских учреждениях финансовых средств или других причин все эти вопросы решаются со значительным запаздыванием, что требует **дополнительной правовой конкретизации**, создания в **регионах единых центров** обращения с медицинскими

отходами (рис.4.), разработки **новых методических подходов и технологий**, основанных на использовании системного анализа, последних достижений гигиены окружающей среды, санитарной микробиологии, экотоксикологии, кибернетики, социологии, экономики, позволяющих эффективно решать проблемы управления движением МО крупных лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ).

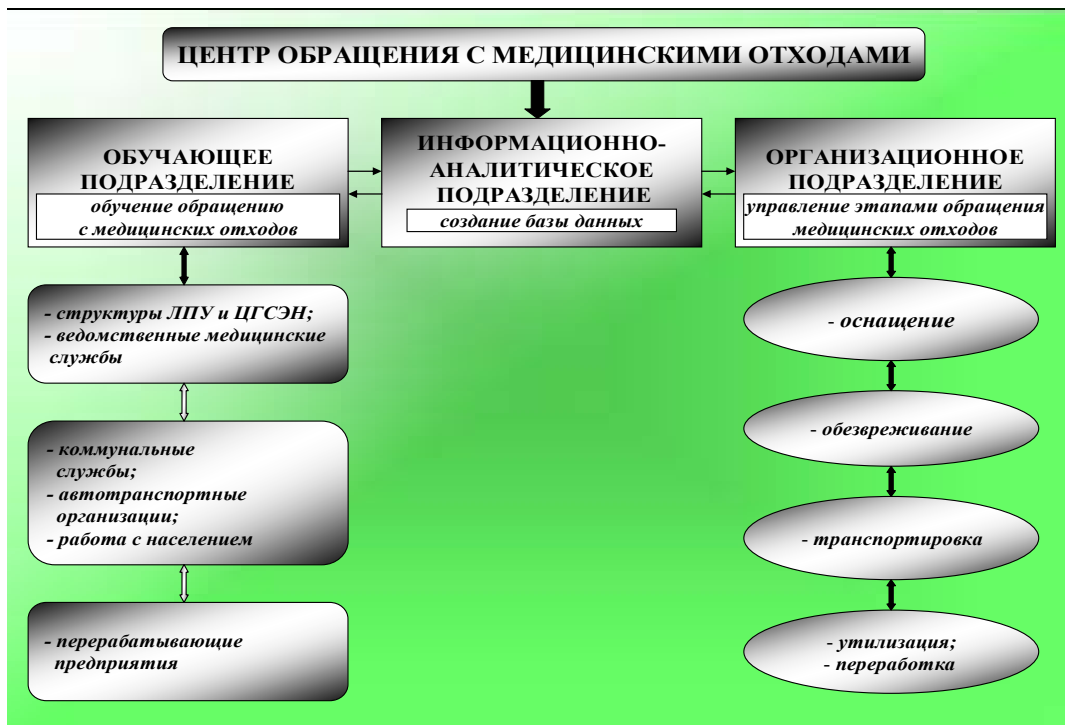


Рис. 4. Организационная структура центра обращения с МО

Произведен анализ характеристик медицинских отходов: **сложный морфологический состав**, включающий полимерные материалы (до 60% массы), остатки дезинфицирующих агентов, радиоактивные и патологоанатомические составляющие, остатки широкого спектра медикаментов и лекарственных препаратов. **Физико-химический состав, фракции, плотность, влажность, элементный состав, горючесть** имеют широкий диапазон. **Эпидемиологическая опасность** отходов обусловлена тем, что, разлагаясь, они выделяют гнилостные продукты, неполного разложения, опасные также с точки зрения выживаемости в них патогенной микрофлоры. **Токсическая опасность** обусловлена наличием радиоактивных веществ (отходы радиоактивной диагностики, лечения онкологических заболеваний), тяжелых металлов, различных опасных веществ (лекарства, медикаменты), хлора (остается в отходах после дезинфекции), ртутьсодержащих приборов. **Система сбора** отходов должна обеспечивать санитарно-эпидемиологическую и токсикологическую безопасность обслуживающего персонала и пациентов медицинского учреждения, снижать экологическую нагрузку на объекты окружающей среды. Эта система основывается на раздельном сборе специальных отходов в зависимости от класса опасности, несмешиваемости потоков каждого класса, обеспечении надежной защиты отходов от несанкционированного доступа к ним. **Система временного хранения** специальных отходов

предполагает наличие специальных крытых контейнерных площадок для внекорпусного хранения отходов. Они должны быть оборудованы стеновыми ограждениями из кирпича или железобетона для исключения доступа насекомых, птиц, животных, лиц групп риска; крышей для защиты контейнеров от осадков; воротами; системой наблюдения и защиты. **Транспортировка отходов** производится специализированными машинами. Важным элементом транспортировки является контроль, не допускающий несанкционированный выброс отходов.

Одним из специфических этапов утилизации специальных отходов является прогнозирование количества образующихся отходов – **нормы накопления**.

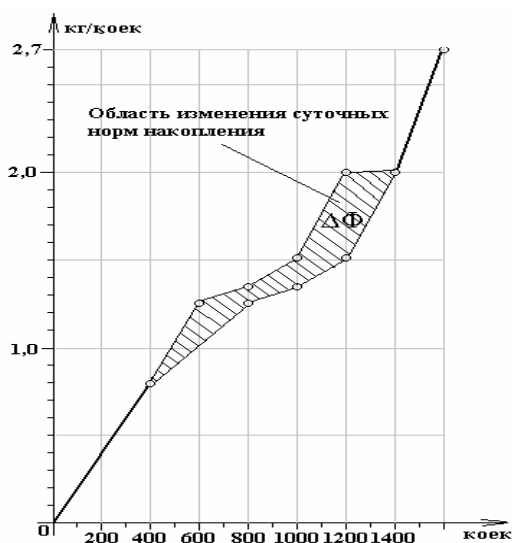


Рис. 5. График суточных норм накопления МО в ЛПУ г. Москвы различной коечной мощности

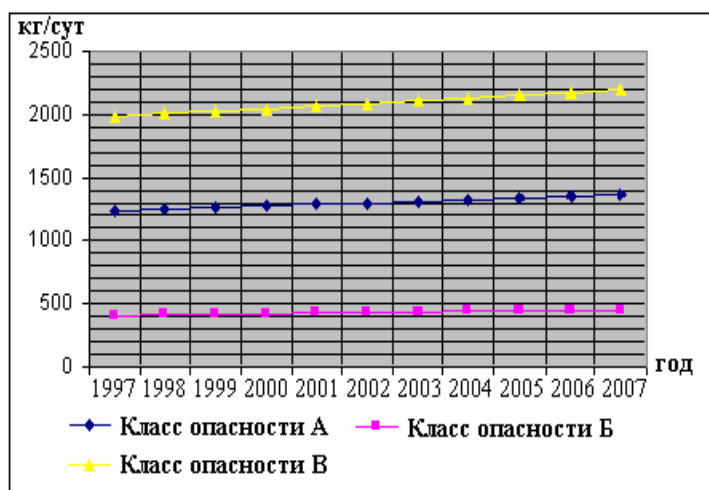


Рис.6. Нормы накопления отходов многопрофильной больницы

Эмпирические данные по нормам накопления отходов в различных ЛПУ позволили разработать ряд математических уравнений для расчетов. На рис. 6 представлены нормы накопления отходов многопрофильной больницы.

При прогнозировании состава отходов ЛПУ в диссертационной работе были использованы следующие основные показатели: тенденции изменения содержания основных компонентов отходов с течением времени; уровень производства предметов, используемых в медицинской практике; доли предметов медицинского потребления, поступающих в отходы; изменение влажности материалов при поступлении в отходы; специфика форм собственности ЛПУ и их финансового положения.

Все отходы ЛПУ могут быть разделены на классы с учетом их опасности, мест образования, морфологии и последующей обработки, дезинфекции, обезвреживания и утилизации (табл.1).

Классификация СО отходов ЛПУ

Таблица 1

Категория опасности	КЛАСС А – малоопасные отходы	КЛАСС Б – опасные (рискованные) отходы	КЛАСС В – чрезвычайно опасные отходы	КЛАСС Г – отходы близкие по составу к промышленным	КЛАСС Д – радиоактивные отходы
Характеристика морфологического состава	Отходы, не имевшие контакта с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными, нетоксичные отходы. Пищевые отходы подразделений ЛПУ, кроме инфекционных (в т.ч. кожно-венерологических), фтизиатрических, мебель, инвентарь, неисправное диагностическое оборудование, не содержащие токсических элементов, неинфицированная бумага, смет, строительный мусор и т.д.	Потенциально инфицированные отходы. Материалы и инструменты, загрязненные выделениями пациентов. Патологоанатомические отходы (органы, ткани и т.п.). Отходы из инфекционных отделений (в т.ч. пищевые). Отходы из микробиологических лабораторий, работающих с микроорганизмами 3-4 групп патогенности. Биологические отходы вивариев.	Материалы контактирующие с больными особо опасными инфекциями. Отходы из лабораторий, работающих с микроорганизмами 1-4 групп патогенности; фтизиатрических, микробиологических больниц; от пациентов с анаэробной инфекцией.	Просроченные лекарственные средства, отходы от лекарственных и диагностических препаратов, дезсредства не подлежащие использованию, с истекшим сроком годности, цитостатики и другие химпрепараты, ртутьсодержащие предметы.	Отходы, содержащие радиоактивные компоненты

Использование этой классификации позволяет учитывать места образования отходов в ЛПУ и разделять отходы на группы с точки зрения обезвреживания:

- отходы, складываемые на городском полигоне без дезинфекции (отходы класса А);
- отходы, складываемые на городском полигоне с предварительной дезинфекцией (химико-физическое воздействие, термическая обработка) – рискованные, потенциально опасные (отходы класса Б);
- отходы, подлежащие обязательной дезинфекции и обезвреживанию с изменением внешнего вида с помощью термической обработки при высоких температурах (отходы класса В);
- утилизируемые отходы (отходы класса Г и часть - класса А); отходы, требующие особой осторожности при переработке и уничтожении - класс В, часть Б, Г и класса Д.

Анализ мировой практики свидетельствует о том, что термические методы (газификация, огневой, пиролиз, СВЧ – обработка, обработка инфракрасным излучением, лазерная обработка, автоклавирование, электротермическая обработка, плазменные методы) обезвреживания отходов преимущественно возобладают над прочими, так как при использовании термических установок оптимально сочетаются экологические и экономические параметры (стоимость обезвреживания, простота установки, обслуживание специально обученными работниками без привлечения дорогостоящих специалистов с одной стороны и надежность дезинфекции отходов с другой).

Применяемые технологии характеризуются следующими основными показателями: стоимость, качество переработки, потребление ресурсов, вторичное загрязнение, безопасность, социальные факторы.

Используя полученные результаты расчетов и данные литературы, на основании сопоставления реальных процессов построена упорядоченная последовательность

высокотемпературных технологий (связь качества переработки специальных отходов и удельных затрат).

Выбор оптимальной технологии (рис. 7) лежит в зоне обусловленной соотношением параметров «цена – качество».

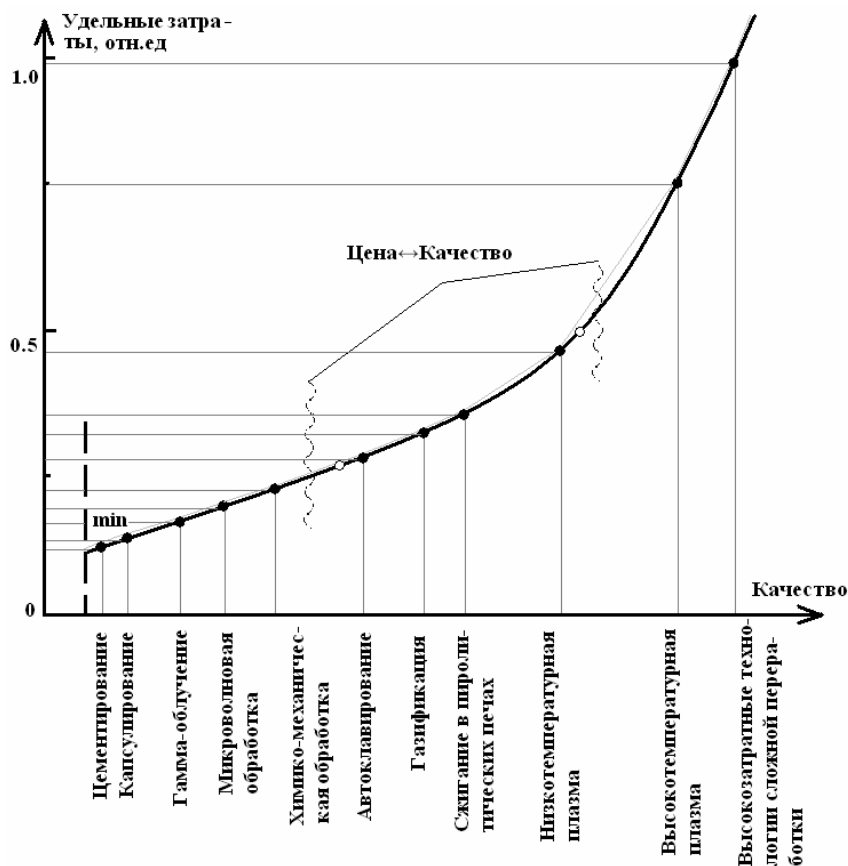


Рис. 7. Выбор оптимальной технологии утилизации МО

Из расчетов можно сделать вывод, что применение плазменных установок при переработке особо опасных медицинских отходов лечебно-профилактических учреждений приводит к решению с оптимальным соотношением результатов и последствий, при небольших сроках окупаемости проекта.

Технология плазмохимической переработки медицинских отходов методом высокотемпературной минерализации является одним из наиболее эффективных способов их обеззараживания и обезвреживания. Метод позволяет не только обезвредить медицинские отходы, но и сократить объем подлежащих захоронению отходов в 50 - 400 раз. При использовании плазменного метода потребляется один вид энергии (электрическая), которая является относительно чистой и сравнительно просто транспортируется. В данной технологии образуется меньшее количество дымовых газов, так как нет необходимости в большом потреблении воздуха в случае сгорания газа и нефтепродуктов.

Высокая степень обезвреживания и универсальность плазменных методов позволяет применять их для переработки инфицированных, токсичных, фармацевтических отходов и

цитостатиков. При использовании плазменных методов нет ограничений максимальных температур. Эффективность ввода тепловой энергии для одновременного стимулирования химических и физических изменений в веществе представлена на рис. 8.

На примере промышленной установки для плазменного сжигания опасных медицинских отходов, разработанной в Институте проблем электрофизики и электроэнергетики РАН (Россия) (табл.2), рассматриваются технико-экономические показатели технологических процессов высокотемпературной минерализации отходов.

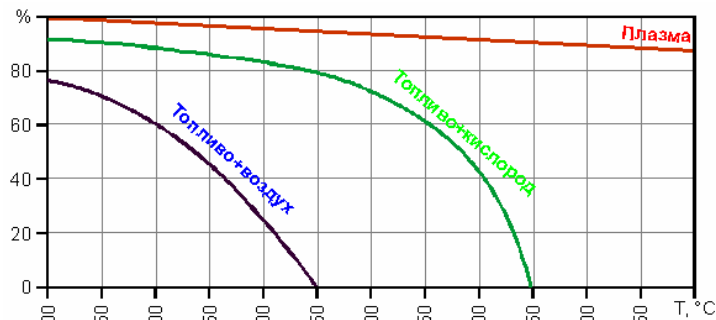


Рис. 8. Эффективность ввода тепловой энергии в плазменной установке

Технико-экономические характеристики плазменной установки ИЭЭ РАН Таблица 2

Наименование показателей	Единицы измерения	Количество
Производительность	кг/ч	150-300
Суммарные энергозатраты	кВт	300
Расход материально-энергетических ресурсов:		
<i>Постоянно потребляемые:</i>		
- месячное потребление электроэнергии	кВт·ч	210000
- воздух для плазмотронов	кг/ч	1080
- воздух для распыливания жидкостей	кг/ч	205
- воздух технологический (из атмосферы)	м ³ /ч	3000
- вода для приготовления растворов	м ³ /ч	1,5
- вода для приготовления в аппаратах	м ³ /ч	0,832
- вода для охлаждения технологического оборудования	м ³ /ч	40
- карбамид CO(NH ₂) ₂	кг/ч	0,75
- сода кальцинированная Na ₂ CO ₃	кг/ч	18,6
<i>Периодически потребляемые:</i>		
- активированный уголь	кг/820ч	520
- вода для промывки комбинированного аппарата	м ³ на операцию	2
Отходы, образующиеся в результате работы установки:		
- очищенные дымовые газы, направляемые на рассеивание в атмосферу	кг/ч	9570
- шлак, направляемый на захоронение	кг/ч	33
- отработанный скрубберный раствор (рН 8-9,5) направляется в канализацию	кг/ч	642
Амортизация	руб./мес.	116000
Ремонтный фонд	руб./мес.	116000
Число рабочих часов	ч/мес.	700
Объем переработки	т/мес.	210
Обслуживающий персонал	чел.	4
Стоимость за переработку 1 кг опасных медицинских отходов	руб./кг	7
Стоимость установки	руб.	43.500.000

В работе произведена оценка воздействий технологических установок на окружающую среду. Сделан технико-экономический расчёт установки для плазменного сжигания опасных отходов с выделением составляющих, определяемых спецификой процесса.

Проведено разделение затрат на переменные и постоянные по вариантам утилизации:

Постоянные затраты:

- проектирование и сооружение полигона захоронения;
- стоимость предприятия по переработке;
- стоимость оборудования предприятий по сбору, подготовке и доставке отходов.

Переменные затраты:

- текущие эксплуатационные расходы;
- расходы по накоплению и доставке отходов от источника до пункта переработки;
- экологические платежи;
- расходы по компенсации социальных и экологических воздействий;
- прочие переменные и постоянные затраты, связанные со складированием остатка переработки.

Рассчитаны суммарные месячные затраты на переработку отходов

$\Sigma_{общ.} = \Sigma_{рес.} + \Sigma_{экс.} + \Sigma_{зн.} + \Sigma_{ш.} + \Sigma_{атм.} + \Sigma_{вод.} + \Sigma_{н.}$, где, $\Sigma_{рес.}$ - расходы на материально-энергетические ресурсы, руб./мес.; $\Sigma_{экс.}$ - амортизация и ремонтный фонд, руб./мес.; $\Sigma_{зн.}$ - расходы на заработную плату, руб./мес.; $\Sigma_{ш.}$ - расходы на захоронение шлака, руб./мес.; $\Sigma_{атм.}$ - плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, руб./мес.; $\Sigma_{вод.}$ - плата за сброс загрязняющих веществ в подземные и поверхностные объекты, руб./мес.; $\Sigma_{н.}$ - прочие расходы, руб./мес.

Плата за размещение, выбросы и сбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в почву, атмосферу и поверхностные и подземные воды определялись как:

$P_{ij} = M_{ji} * C_{ij} * a_{1j} * a_{2i} * a_3 * a_4$, где, P_{ij} - плата за выбросы i - го ЗВ в j - ю среду, руб./мес.; M_{ji} - фактический выброс i - го ЗВ, т; C_{ij} - норматив платы за выбросы в j - ю среду i - го ЗВ стационарными источниками, руб./т мес.; a_{1j} - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние j - й среды), по территориям экономических районов РФ; a_{2i} - дополнительный коэффициент при загрязнении i - го ЗВ в окружающую среду городов; a_3 - коэффициент индексации платы за загрязнение ОПС; a_4 - коэффициент для ООПТ.

Оптимизация технологий утилизации связана с разными эксплуатационными расходами и затратами на хранение и предотвращение экологического ущерба. Для каждого вида специальных отходов выделяется экономически предпочтительная технология утилизации на основе сопоставления двух критериев оценки. С точки зрения воздействий особо опасных отходов на окружающую среду использование плазменных технологий существенно снижает вероятность загрязнения окружающей среды потенциально опасными (рискованными) элементами.

Экономический анализ различных вариантов системы обращения со специальными отходами только в первом приближении характеризует их эффективность, так как ряд показателей состояния окружающей среды не имеют достаточно адекватных экономических оценок. В тоже время современные комплексы по переработки медицинских отходов характеризуются множеством свойств, которые могут быть систематизированы в виде развитой иерархической структуры. Эта структура образует «дерево», на котором свойства нижележащего уровня раскрывают содержание обобщенных свойств на верхних уровнях. Детализация обобщенных свойств верхних уровней зависит от последовательности их доведения до физически измеримых величин на нижнем уровне иерархии (рис.9).



Рис. 9. Структура критериальных свойств объектов по утилизации отходов ЛПУ

Все критериальные свойства можно разделить на прямые и инверсные. Улучшение прямого свойства связано с увеличением его характеристики, а для инверсных наоборот.

В ряде случаев могут быть получены решения задач с использованием многокритериальной функции. В диссертации рассматривается решение когда состояние объекта оценивается двумя критериальными свойствами. Допустим, что имеются критериальные свойства, которые имеют конфликтный характер по отношению друг к другу. Например, качество окружающей среды x и затраты на ее поддержание y . Отношение между ними задается зависимостью общего вида (рис.10). Свойство x является «прямым», то есть чем больше величина x , тем лучше состояние окружающей среды. Свойство y является «инверсным» - чем меньше величина y , тем более

экономичная технология. Можно применить нормативы на качество окружающей среды (почва, воздух, вода) и решение будет $x = x_0$.

Если имеется ограничение на инвестиции в природоохранное мероприятие y_0 , то решение $y = y_0$. В общем случае таких конкретных лимитирующих условий пока нет. Показатель качества ОС изменяется в пределах $x_{min} \leq x \leq x_{max}$, причем $x \rightarrow x_{max}$, а затраты y имеют предел изменения $y_{min} \leq y \leq y_{max}$ при условии $y \rightarrow y_{min}$. Функцию $y=f(x)$ можно разделить на три зоны.

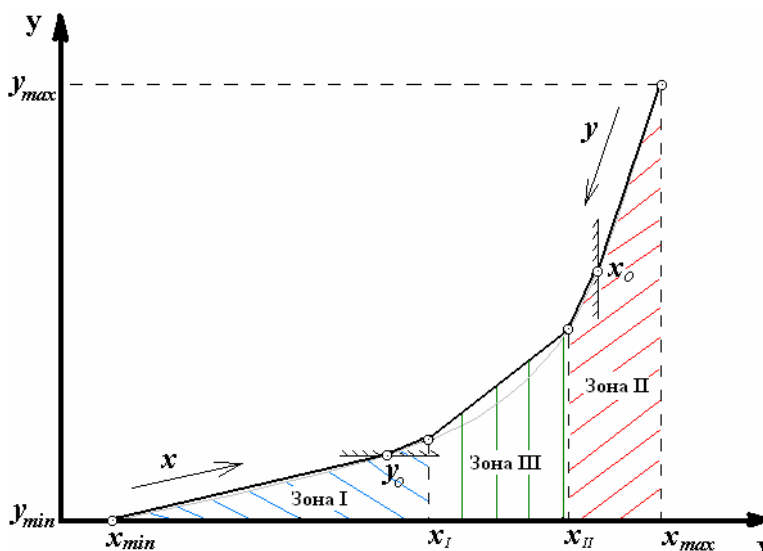


Рис. 10. Выбор решений при неполноте исходной

информации для случая с двумя критериальными свойствами

Зона I. Текущее состояние окружающей среды «терпимое». Незначительные изменения, требующие административного регулирования вопросов обращения с отходами, например с возможным самовывозом без применения новых специальных технологий по переработке. В зоне I решение $x = x_I$, так как достигается наилучший результат при сравнительно небольших последствиях y_I . Для этого решения необходим жесткий контроль при раздельном сборе, временном хранении и перевозке отходов. В зависимости от профиля лечебно профилактического учреждения возможно применение простых, локальных мини-печей, для термической обработки инфицированных отходов и отходов имеющих биологический характер происхождения.

Зона II. Опасная экологическая ситуация требующая срочного вмешательства с привлечением достаточно больших затрат. В зоне II также имеется решение $x = x_{II}$, при отступлении от которого в сторону $x > x_{II}$ экономические последствия будут настолько велики, что небольшого улучшения результата можно добиться с большими затратами.

Зона III. Значительное ухудшение качества окружающей среды, требующее принятия комплекса мер, описанных в зоне I с обязательным внедрением различных технологий по переработке МО ЛПУ. Для улучшения и поддержания стабильного состояния окружающей среды необходимо разрабатывать новые, наукоемкие технологии по переработки отходов, с помощью которых достигается условия максимального улучшения качества ОС при допустимых сравнительно затратах. В зоне III можно найти оптимальное решение.

Относительное изменение критериальных свойств x и y можно осуществить по зависимостям:

$$e_x = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}; \quad e_y = \frac{y_{max} - y}{y_{max} - y_{min}}$$

Многокритериальная функция будет иметь вид:

$$E = v_x e_x + v_y e_y,$$

где v_x и v_y – коэффициенты важности критериальных свойств x и y , характеризующие вклад каждого свойства в достижении «наилучшего результата» при обосновании параметра объекта. Под «наилучшим результатом» понимается теоретически оптимальный вариант, для которого его критериальные свойства имеют наилучшие значения.

Допустим, в простейшем случае, что важности этих свойств неразличимы $v_x \approx v_y$. Если производная dy/dx монотонно возрастает, то функция E будет иметь экстремальную точку при условии:

$$\frac{de_x}{dx} + \frac{de_y}{dx} = 0$$

При $x_{min}, x_{max}; y_{min}, y_{max}$ постоянных величинах $dy/dx = 1$. Следовательно, условию $E = max$, будет соответствовать $dy/dx = 1$. Это определит оптимальное решение в зоне III. На рис. 11 показана экстремальная точка для многокритериальной функции. Аналогично условия оптимальности можно найти и при заданных коэффициентах важности v_x и v_y . Если в результате экспертных исследований установлено, что $v_x > v_y$, то наиболее приемлемое решение будет при $dy/dx > 1$, а при $v_x < v_y$ $dy/dx < 1$.

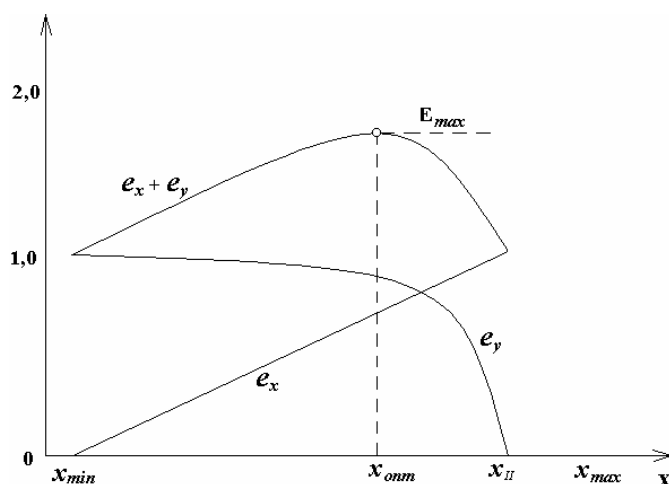


Рис. 11. Экстремальная точка при неполноте исходной информации для случая с двумя критериальными свойствами

Используя один из методов экспертной оценки, можно установить численные значения v_x и v_y , приняв за исходное их соотношения. Таким образом, области функционального соотношения $y = f(x)$ можно охарактеризовать следующими условиями:

решение принимается, исходя из наилучшего результата состояния окружающей среды;

$$x \rightarrow x_I, \quad v_y > v_x;$$

решение определяется минимальными экономическими затратами в природоохранные технологии

$$x \rightarrow x_{II}, \quad v_y < v_x;$$

решение выбирается по оптимальному соотношению качества среды и затрат на ее поддержание;

$$E = E_x + E_y \rightarrow max, \quad x_I \leq x \leq x_{II}.$$

Рассмотренная методика многокритериальной оптимизации может применяться в условиях недостатка технико-экономической информации на предварительных стадиях планирования природоохранных мер в системах обращения с отходами.

В заключении сформулированы основные выводы, в которых отражены результаты проведённых исследований.

1. Рассмотрена совокупность способов утилизации отходов как нового сектора промышленности. Проведена систематизация методов утилизации специальных отходов на основе определяющих факторов: технологический процесс, эксплуатационные затраты, степень утилизации исходного продукта.

2. Выполнена детализированная характеристика параметров опасных отходов, определяющих выбор технологии утилизации и риска воздействия на окружающую среду.

3. Предложена методика прогнозирования объемов образования опасных отходов (проиллюстрированная на примере медицинских отходов региона), позволяющая оценить требуемые мощности промышленности утилизации (локальных центров, региональных предприятий).

4. Разработана схема организации процесса утилизации специальных отходов с учетом повышенной опасности (сбор, временное хранение, транспортировка, переработка и уничтожение), определены основные характеристики отходов и на их основе уточнена классификация специальных отходов.

5. Произведена оценка высокоэнергетических технологий по переработке специальных отходов. Выделены технологии на основе методов термической обработки как оптимальные (при использовании плазменных методов нет ограничений максимальных температур). Наиболее эффективным способом обезвреживания специальных отходов являются плазменные технологии. Высокая степень обезвреживания и универсальность плазменных методов позволяет применять их для переработки высокоинфицированных, токсичных фармацевтических отходов и цитостатиков.

6. Произведен детализированный поэлементный технико-экономический расчёт эксплуатации плазменной установки. Показано, что недостатком плазменного метода является высокий удельный расход электроэнергии, что определяет область его применения для утилизации особо опасных отходов.

7. Предложена методика многокритериального анализа сложных систем и объектов для оценки систем утилизации специальных отходов. Этот метод может быть использован при обосновании размеров природоохранных мероприятий при создании организационно-технологических систем утилизации специальных отходов на предварительных стадиях их планирования.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. «Система обращения со специальными отходами в научно-исследовательском институте онкологии им. профессора Н.Н.Петрова». Инженерная защита окружающей среды СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. С.16-21.
2. Экологические аспекты обращения медицинских отходов. Экономика, экология и общество в 21-м столетии: Труды 7-й Международной научно-практической конференции. Ч. 2. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. С. 77-80.
3. Проблема обращения с медицинскими отходами лечебно-профилактических учреждений. «Фундаментальные исследования в технических университетах»: М-лы IX Всероссийской конф. по проблемам науки и высшей школы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. С. 345-346.
4. Утилизация опасных отходов, как фактор развития национальной экономики. Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей: Труды X Межднар. науч.-практ. конф. СПб. Изд-во. Политехн. ун-та, 2005. С. 272.
5. Сравнительный анализ технологий переработки отходов медицинских учреждений. Современная техника и технологии в медицине, биологии и экологии: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., / Юж.-Рос. гос. тех. ун-т. (НПИ), 2005. - Новочеркасск ЮРГТУ, 2005. С. 48-52.
6. Классификация специальных отходов в медицине. XXXIV Неделя науки СПбГПУ: Материалы всероссийской межвузовской научно-технической конф. студентов и аспирантов. Ч.1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 68-69 (соавтор Федоров М.П.).
7. Rating efficiency of plasmic technology of dangerous waste utilization in the conditions of north-west region. The VI International Yuth Environmental Forum "ECOBALTICA'2006". P. 99-101.
8. Новые подходы в области обращения с отходами производства и потребления. Научно-технические ведомости СПбГПУ. №1(49), 2007. С.127-133 (соавторы: Журавлев Д.А., Кравченко Д.Б., Чусов А.Н.).