



**Разработка постоянно действующей
Концепции обращения с отходами
для г.Ханты-Мансийска, Россия**

Приложение II

**- Описание технологий обращения с
отходами -**

Декабрь 2010

Выходные данные:

Авторы:

Д.т.н. Бертрам Цвизеле (ARGUS e.V.)

Д.т.н. Юлия Каацке (Берлинский технический университет)

Проф., доктор наук, Берндт-Михаэль Вильке (Берлинский технический университет)

Поддержка проекта:



80% проекта было профинансировано Федеральным Министерством Германии по вопросам охраны окружающей среды, сохранения природы и ядерной безопасности с использованием методов Программы Консультационной Поддержки по защите окружающей среды в странах Центральной и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Техническую поддержку оказало Федеральное агентство по вопросам охраны окружающей среды Федеративной республики Германия (УБА). За содержание данной публикации несут ответственность авторы.

20% проекта было профинансировано Берлинским техническим университетом, фирмой ARGUS e.V., Югорским государственным университетом и Дорожно-эксплуатационным предприятием Ханты-Мансийска (ДЭП).

Содержание

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ:	2
СПИСОК РИСУНКОВ	IV
1 ВВЕДЕНИЕ	1
2 СБОР И ТРАНСПОРТИРОВКА ОТХОДОВ	2
2.1 Pick-up система / механизм	2
2.2 Drop-off система / механизм	2
2.3 Мусороперегрузочные станции	3
2.4 Контейнеры для сбора и Транспортные средства	4
2.4.1 Транспорт со сменным кузовом	4
2.4.2 Фиксированная транспортировка	5
2.4.3 Существующие производители:	7
2.4.4 Расчет затрат	9
3 МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ/ЗАХОРОНЕНИЯ	17
3.1 Размещение на полигоне	17
3.1.1 Инертный полигон	17
3.1.2 Санитарный полигон	18
3.1.3 Полигон для опасных отходов	19
3.1.4 Расходы и информация о рынке	20
3.2 Термические процессы обезвреживания	25
3.2.1 Сжигание и со-сжигание	26
3.2.2 Пиролиз	27
3.2.3 Термическая стабилизация	29
3.2.4 Расходы и маркетинговая информация	30
3.3 Процессы биологического обезвреживания	33
3.3.1 Компостирование	33
3.3.2 Ферментация	37
3.3.3 Биологическая стабилизация	41

3.3.4	Затраты	42
3.4	Процессы механической обработки _____	47
3.4.1	Измельчение.....	47
3.4.2	Сортировка и экранирование.....	48
3.4.3	Затраты и маркетинговая ситуация.....	52
3.4.4	Физико-химические процессы обработки	54
3.4.5	Нейтрализация.....	54
3.4.6	Кристаллизация.....	54
3.5	Комбинированные методы для обработки ТБО _____	54
3.5.1	МБО	54
3.5.2	Затраты и маркетинговая информация по МБУ.....	57
3.5.3	МФО – механо-физическая обработка.....	58

СПИСОК ТАБЛИЦ

Табл. 1: контейнер для сбора отходов фирмы Бауэр, расходы и размеры	11
Табл. 2: контейнер для сбора отходов от IVB Умвельттехник, стоимость и размеры.....	12
Табл. 3: Контейнер для сбора отходов Шэфера, стоимость и размеры.....	14
Табл. 4: Общие расходы на санитарный полигон	22
Табл. 5: Общие расходы на полигон для опасных отходов	24
Табл. 6: Потребность в пространстве (м ² /т вход)(Интекус 2004)	40
Табл. 7: Инвестирование (евро/т на входе).....	45
Табл. 8: Текущие расходы (евро/т).....	45
Табл 9: Общие расходы включая выручку за продажу электроэнергии (евро/т)	45
Табл. 10: текущие расходы и расходы на эксплуатацию	58

Список рисунков

Рис. 1: Pick-up система / механизм (Билитевски, 2000)	2
Рис. 2: Drop-off система / механизм (Билитевски 2000)	3
Рис. 3: Различные методы раздельного сбора отходов (ТУ Берлин 2009)	4
Рис. 4: Роллерный контейнер, прикрепленный к стационарной компрессорной станции	5
Рис. 5: Базовая версия роллерного контейнера с грузовиком	5
Рис. 6: Базовая версия скип-контейнера в момент опрокидывания	5
Рис. 7: Скип-контейнер с крышкой	5
Рис. 8: мобильные урны для мусора	6
Рис. 9: грузовик с задней загрузкой	6
Рис. 10: грузовик с боковой загрузкой	6
Рис. 11: грузовик с передней загрузкой	6
Рис. 12: типичный санитарный полигон (http://www.eko-urba.com)	19
Рис. 13: Схематичное изображение мусоросжигательного завода (Иллюстрация: Лондон Уэйст: WtERT 2010)	27
Рис. 14: установка для пиролиза с обработкой дымового газа (ДГЕ 2009)	28
Рис. 15: сушильный барабан Ванденброка (Крагтинг & Хоффман 2002)	29
Рис. 16: сушильный барабан для ТБО, Берлин	29
Рис. 17: зеленые отходы (UBA 2009)	34
Рис. 18: органические отходы от раздельного сбора	34
Рис. 19: воздухообмен при вращательном компостировании (Интекус 2004)	35
Рис. 20: Схема технического процесса для компостирования в турбинном боксе (Интекус 2004)	36
Рис. 21: Категоризация систем компостирования (http://www.epem.gr)	36
Рис. 22: вид турбины изнутри	37
Рис. 23: зал для компостирования	37

Рис. 24: вращение открытой турбины _____	37
Рис. 25: процесс ферментации биогаза (http://willyyanto.wordpress.com) _____	38
Рис. 26: методы ферментации _____	39
Рис. 27: схема ферментации (WtERT 2009) _____	40
Рис. 28: влажный автоклав _____	41
Рис. 29: процесс сухой ферментации (germanbiogas.com) _____	41
Рис. 30: молоток (http://www.skf.com) _____	47
Рис. 31: внутренний измельчитель (www.hensen-lataster.nl) _____	47
Рис. 32: острый вал (www.herbold.de) _____	47
Рис. 33: сортировочная установка (http://visual.merriam-webster.com) _____	48
Рис. 34: сеятельный барабан (compost.css.edu) _____	49
Рис. 35: воздушная классификация (compost.css.edu) _____	49
Рис. 36: сепаратор на вихревом токе (compost.css.edu) _____	49
Рис. 37: электрический магнитный ремень (www.hensen-lataster.nl) _____	49
Рис. 38: базовая конфигурация про процесса обработки макулатуры (Интекус 2004) ____	50
Рис. 39: базовая конфигурация процесса обработки стекла (Интекус 2004) _____	51
Рис. 40: базовая конфигурация установки для обработки стекла (Интекус 2004) ____	51
Рис. 41: МБО – схема _____	55
Рис. 42: МБО – установка _____	56
Рис. 43: альтернативное топливо _____	56
Рис. 44: Черные металлы _____	56
Рис. 45: цветные металлы _____	57
Рис. 46: Негорючие _____	57
Рис. 47: процесс МБО (Альба 2004) _____	59
Рис. 48: альтернативное топливо после МФО (http://www.alba.info) _____	59

1 Введение

В целом в системе обращения с отходами можно выделить 3 фазы

- (1) Сбор и транспортировка отходов,
- (2) Обработка отходов
- (3) восстановление и захоронение.

(1) Сбор отходов может производиться по системе pick-up, что означает сбор отходов у каждого жилого дома, или по системе drop-off, что означает, жители должны приносить отходы в определенное место (напр., контейнеры или центры по переработке).

(2) Обработка отходов означает, что отходы обрабатываются механически, биологически либо термически перед тем, как остаточные отходы привозятся в центры по переработке либо на полигон. Обработка отходов преследует несколько целей: сокращение площади полигона, сокращение выбросов углерода, сокращение количества возбудителей заболеваний и производство энергии.

(3) На третьем этапе отходы восстанавливаются (перерабатываются либо превращаются в энергию) либо размещаются на полигоне. Для переработки таких материалов, как металл, стекло, бумага, пластик и т.д. должна быть создана функционирующая индустрия переработки.

2 Сбор и транспортировка отходов

Существуют различные способы для сбора отходов. В основном, используются 2 из них:

- Система сбора pick-up
- Система сбора drop-off

2.1 Pick-up система / механизм

При использовании pick-up-системы/механизма остаточные отходы домашних хозяйств и коммерческих структур (напр., крупногабаритные отходы, строительный мусор) собираются по pick-up системе. По этой системе хранилища или контейнеры, используемые для сбора, транспортируются с места их расположения к краю проезжей части производителем отходов или рабочими. Поэтому система также может быть отнесена к «тротуарной». Мусоровоз, таким образом, подъезжает к каждому контейнеру, поднимает его и опустошает. Использование специальных контейнеров упрощает работу. Однако, на каждом пункте сбора отходов должно быть достаточно места. Это создает проблему в густо застроенных частях города, тогда как pick-up механизм сбора в удаленных местах может стоить дороже вследствие длинных дистанций между отдельными пунктами сбора отходов.

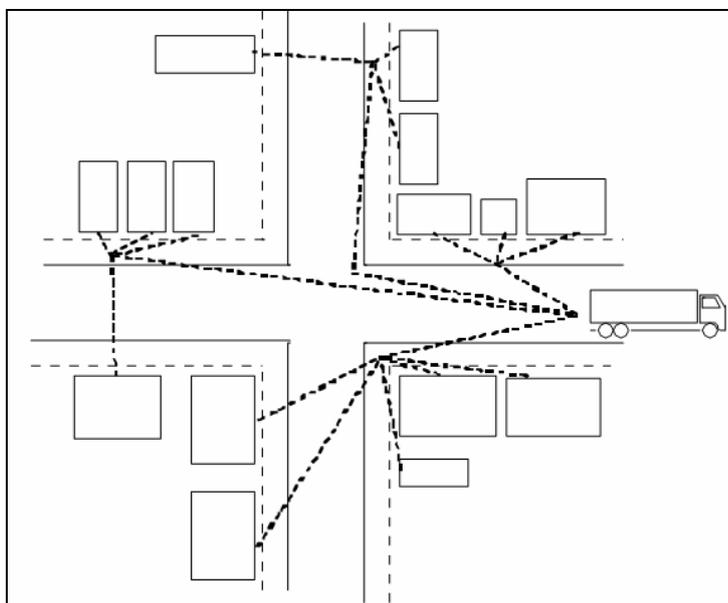


Рис. 1: Pick-up система / механизм (Билитевски, 2000)

2.2 Drop-off система / механизм

В системе drop-off, собранные мусоровозом отходы вывозятся на специализированные площадки и выбрасываются в специальные контейнеры. Для большей части используются drop-off станции или мобильные контейнеры. Мусоровозам необходимо

подъезжать к этим централизованным площадкам только для того, чтобы забрать отходы. Контейнеры должны опустошаться регулярно либо по мере необходимости. Собранные таким образом отходы наиболее экономичны в густонаселенной местности и частично подходят под переработку. С целью максимизации поддержки и участия населения, drop-off контейнеры и расписание сбора отходов должны соответствовать определенным организационным требованиям, например, предусматривать позднее время, быть адаптированными к местной окружающей среде и покрывать как можно большую площадь. Подходящими местами являются площадки с высокой степенью обзорности и высокой плотностью транспортного потока, такие как площадки вблизи торговых центров или парковок. Особое внимание следует уделить регулярной очистке таких площадок.

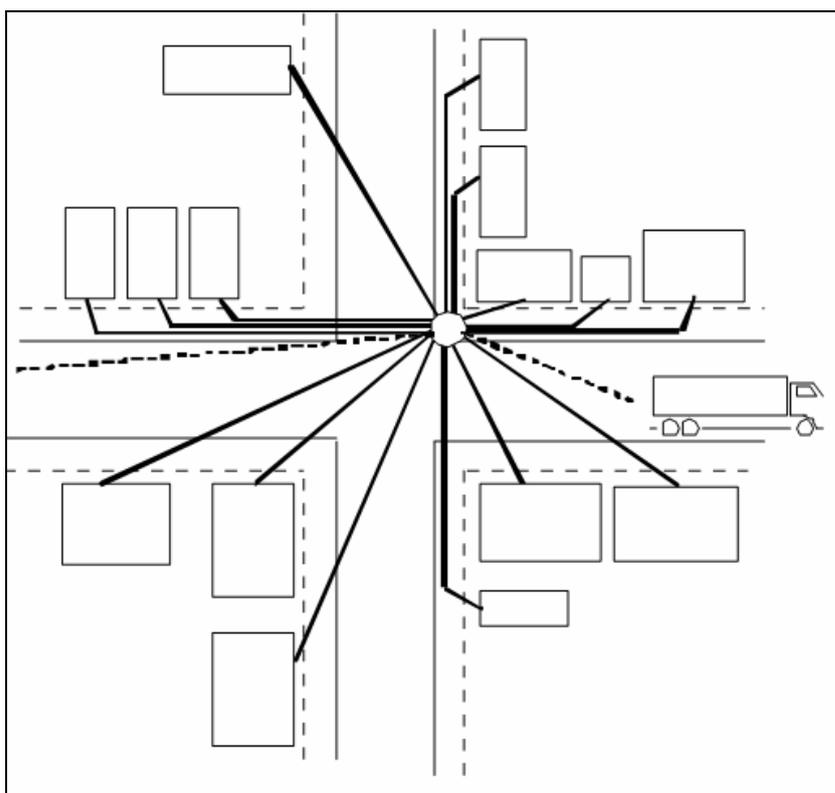


Рис. 2: Drop-off система / механизм (Билитевски 2000)

2.3 Мусороперегрузочные станции

Мусороперегрузочные станции – это технические установки, используемые для сбора и перегрузки отходов из мусоровозов в контейнеры большего объема или фуры для перевозки на судах (по трассе, железной дороге или по воде) на полигоны или другие установки для обезвреживания. При дополнительной погрузке отдельных частных мусоровозов на одно судно муниципалитет может сэкономить деньги на расходы на транспортировку отходов на удаленные полигоны. Перегрузка отходов особенно выгодна, если центры для обезвреживания, полигоны или установки для переработки отходов находятся на таком расстоянии от места сбора, что расходы за транспортировку мусоровозов превышают расходы за перегрузку и транспортировку отходов на фурах (Интекус 2004)

2.4 Контейнеры для сбора и Транспортные средства

Для эффективного функционирования системы менеджмента в сфере сбора и транспортировки отходов должны быть приняты во внимание следующие характеристики:

- Размер площадки для сбора,
- Экономическая структура
- Образ жизни,
- Городские условия,
- Требования пользователей/граждан,
- Выбор подходящего механизма для сбора отходов

(Билитевски 2000).

Существуют 2 основных типа контейнерной системы без учета размера контейнеров. Размер контейнера и материал зависит от количества отходов, состава отходов и частоты сбора. Кроме того, тип контейнера зависит от транспорта для сбора отходов и метода сбора.



Рис. 3: Различные методы раздельного сбора отходов (ТУ Берлин 2009)

2.4.1 Транспорт со сменным кузовом

Во-первых, существуют средства транспорта, в которых заполненный кузов заменяется пустым. Смена кузова подходит для отходов с высокой плотностью, напр., строительный мусор или жидкая глина. Для отходов с низкой плотностью, таких как ТБО или коммерческие твердые отходы сменная система подходит только для

использования на местах с высокой аккумуляцией, напр., промышленные установки, крупные отели, учреждения и т.д. Преимуществом такой системы является предупреждение выбросов на перегрузочных станциях или при транспортировке. Другим плюсом является экономичность, так как на сегодняшний день не существует необходимости в большем оборудовании для перегрузки. Транспортные средства со сменным кузовом представляют собой достаточно простую конструкцию. Вследствие экономических причин обычно используются контейнеры объемом 4 м³ (Билитевски 2000).

Для сменной системы транспортировки обычно используются 2 вида контейнеров:

- Роллерный контейнер (также с компрессорной установкой) и
- Скип-контейнер



Рис. 4: Роллерный контейнер, прикрепленный к стационарной компрессорной станции



Рис. 5: Базовая версия роллерного контейнера с грузовиком



Рис. 6: Базовая версия скип-контейнера в момент опрокидывания



Рис. 7: Скип-контейнер с крышкой

2.4.2 Фиксированная транспортировка

Вторая система – это фиксированная транспортировка, при которой заполненные контейнеры опустошаются в мусоровозы. Этот метод подходит как для сбора ТБО, так

и для отдельного сбора отходов для переработки, таких как бумага, стекло, легкая упаковка и органические отходы. В зависимости от количества и характеристик места расположения, должны использоваться различные виды контейнеров различных размеров. Для этого вида транспорта есть 3 основных типа транспорта с фиксированным кузовом: кузов сзади (наиболее часто используемый), сбоку и впереди. Во многих грузовиках встроен компрессор для отходов. Фиксированная транспортировка часто используется в pick-up системах (Интекус 2004).



Рис. 8: мобильные урны для мусора



Рис. 9: грузовик с задней загрузкой



Рис. 10: грузовик с боковой загрузкой



Рис. 11: грузовик с передней загрузкой

2.4.3 Существующие производители:

➤ Мусороперегрузочные станции

Мусороперегрузочные станции различной технической конструкции построены по всему миру. Они могут быть построены обычными фирмами и специализированными производителями – специалистами в сфере перегрузочных технологий.

Германия:

Мусороперегрузочные станции построены в Германии практически в каждом крупном городе или региональной сети поселений, напр., Билефельд, Берлин и т.д.

Австрия: Зальцбург

Великобритания: Эдинбург, Бирмингем (ок. 120,000 т/г)

➤ Роллерные контейнеры:

Производство грузовиков с надстройкой:

Германия:

- Фирма по производству транспортных средств и машин Ф.К. Майлер ГмбХ & Со KG, ул. Унтерменцигер, 1 D-80997 Мюнхен
- Транспортные средства Хюфферман ГмбХ, ул. Альхорнер, 89, D-27793 Вильдесхаузен
- Пальфингер ГмбХ, ул. Фельдкирхенер 1, D-83404 Айнринг

Производство контейнеров:

- Аверман Машиненфабрик ГмбХ, ул. Ленгерихер, 35, D-49078 Оснабрюк
- Ф. Маншотт ГмбХ, ул. Нойе Индустриштрассе, 8, D-74934 Райхартсхаузен
- Хусманн Умвельттехник ГмбХ, ам Банхоф, D-26892 Дёрпен
- Австрия:
- Пёттингер Энтзоргунгстехник ГмбХ & Ко, ул. Индустригештр., 30, A-4710 Грискирхен
- Вернер & Вебер Варенхандельсгезельшафт мбХ., A-1050 Вена, ул. Маргаретенгюртель 18/2

➤ Производство скип-контейнеров:

Для грузовиков с надстройкой:

Германия:

- Майлер Машиненфабрик ГмбХ & Ко, ул. Унтерменцигер, 1 D-80997 Мюнхен
- PALFINGER GmbH, Feldkirchener Feld 1, D-83404 Ainring

Производство контейнеров:

Германия:

- Вернер & Вебер Дойчланд ГмбХ, ул. Лангемаркштрассе 20, D-46045 Оберхаузен
- Хусманн Умвельттехник ГмбХ, ам Банхоф, D-26892 Дёрпен

➤ Для транспорта со сменным кузовом:

Германия

- Макс Айхер ГмбХ & Ко., Тайзенбергштрассе 7, D-83395 Фрайлассинг
- АВИЛОГ-Транспорт ГмбХ, Айхендорфштрассе 1, 71739 Оберриксинген
- Пальфингер Бермюллер ГмбХ, ул. Георг-Виммер-Ринг, 25, D-85604 Цорнединг - Пёринг
- Клинеуэй Дельменхорст ГмбХ & Ко, ул. Штеллер, D-36, 27755 Дельменхорст
- Нидерландс Транслифт Недерланд Б.В. Стальвик 7 – 11, 8251 Дронтен Швейцария
- Тухшмид АГ, Кельхофштрассе, 54, СН-8501 Фрауенфельд

Производители грузовиков и контейнеров для сбора отходов часто также предлагают системы сменного кузова и соответствующий транспорт.

➤ Системы фиксированной транспортировки:

Ходовая часть:

- ДаймлерКрайслер АГ, ул. Еппельштрассе, 225, D-70567 Штуттгарт
- МАН Нутцфарцойге АГ, ул. Дахауэрштрассе, 667, D-80995 Мюнхен

Кузов и подъемное устройство:

- Халлер Умвельтсистеме ГмбХ и Ко, ул. Ригиштрассе 1-3, D-12277 Берлин

- Шмидт Коммунальфарцойге ГмбХ, ул. Ортсштрассе 49, D-07554 Браменау
- РИЗ Энтзоргунгсанлаген ГмбХ, ул. Индуштриштрассе 1, D-76297 Штутензее - Шпёк
- ОТТО Лифтсистеме ГмбХ, ул. Алтер Поствег, 94, D-86159 Аугсбург
- Дюншеде Фарцойгбау ГмбХ & Ко. Гевербегебит Энсте Им Шлахбрух 4, D-59872 Мешеде

(Интекус 2004)

2.4.4 Расчет затрат

➤ Мусороперегрузочные станции

Инвестиции и эксплуатационные расходы:

Примеры цен даны на основе нормы амортизации для инвестиций и текущих расходов (амортизационный период 20-25 лет):

- 1) до 10,000 евро/г
- 2) 250,000 – 350,000 евро/г плюс расходы на персонал (2 человека)
- 3) 300,000 – 450,000 евро/г плюс расходы на персонал (4 человека)

Общие расходы:

При стандартном механизме до 15 евро за тонну (включая возможность 0,5 евро за тонну)

(Интекус 2004)

➤ Роллерные системы контейнеров

Инвестиционные затраты:

- ◆ 1 грузовик (3 оси, 20 Мг загрузочная способность): 65,000- 80,000 €
- ◆ Надстройка: базовая версия ок. 25,000 €
- ◆ Базовая версия с краном (напр., опустошение роллерного контейнера): 45,000-48,000 €
- ◆ Контейнер – базовая версия, ок. 1,600- 3,500 €
- ◆ Роллерный контейнер для мусоровозов: 3,200- 5,300 €
- ◆ Цена за дополнительные товары: покрытие (брезент): 1,000 €
- ◆ Роллерный контейнер с отверстиями и покрытием: 3,500- 4,800 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: в год 11% первоначальных вложений
- ◆ Персонал: 1 человек на мусоровоз (2 максимально, зависит от графика работы, напр., скользящий график)

➤ Система скип-контейнеров

Инвестиционные вложения:

- ◆ 1 грузовик (3 оси, 13 Мг загрузочной способности): 45,000-55,000 €
- ◆ Надстройка: базовая версия ок. 27.000 €
- ◆ Контейнер: базовая версия ок. 1,500-3,000 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: в год 11 % первоначальных вложений
- ◆ Персонал: 1 человек (2 максимум, зависит от графика эксплуатации)

➤ Технология сменного кузова:

Инвестиции:

- ◆ Контейнер для сменного кузова: ~ 10,000 Euro
- ◆ Комбинированный мусоровоз, способный передвигаться на длинные дистанции, с 2-3 сменными кузовами: ~140,000 €

Общие расходы:

- ◆ Зависит от используемой системы транспортировки (грузовик, ж/д, судно)

(Интекус 2004)

➤ Контейнерная система

Табл. 1: контейнер для сбора отходов фирмы Бауэр, расходы и размеры

Бауэр ГмбХ Айхендорфштрассе 62 46354 Зюдлон Германия (+49 (0) 2862 709 - 07 +49 (0) 2862 709 - 156 info@bauer-suedlohn.de (зпрос по E-Mail 31.01.2012; ответ 31.01.2012)		Прим.: У фирмы Бауэр есть бизнес-партнер в Санкт-Петербурге. Стоимость одного контейнера выше, но транспортировка дешевле. Строительство может осуществляться на месте, а не в Германии, таможенные сборы за «отдельные части» Отакже ниже, чем за «контейнер».		
Иллюстрация	Письменное описание	размер м ³	Потребность в площади	Цена контейнера [€]
	С 301 Контейнер для сбора стекла (одна камера)	2.5	1.7м ² 1400 x 1180 мм	730
	С 304 Контейнер для сбора макулатуры	3.0	2м ² 1700 x 1180 мм	730

Табл. 2: контейнер для сбора отходов от IVB Умвельттехник, стоимость и размеры

IVB Умвельттехник ГмбХ (Г-жа Вагнер, Тел. и E-Mail: +49 (0) 3733 5599 – 138, pw@IVB-Umwelttechnik.eu; 31.01.2012) Ул. Бляйхе 4; D-09456 Аннаберг-Буххольц Тел.: +49 (0) 3733 5599 -0 • Факс: -111; E-Mail: info@IVB-Umwelttechnik.com; Интернет: www.IVB-Umwelttechnik.com				
Иллюстрация	Письменное описание	размер м ³	Потребность в площади	Цена контейнера [€]
	Контейнер для сбора макулатуры из цинка, покрытый стальным листом с отверстием	2.0	2м² 1255 x 1215 мм	480.00
		2.7	2.1м² 1690 x 1215 мм	580.00
		3.0	2.3м² 1870 x 1215 мм	690.00
	Контейнер для стекла из цинка, покрытый стальным листом с системой шумоизоляции – классификация 1 (Голубой Ангел) Окрашенные отверстия для идентификации по цветам стекла --двухкамерная-система-	2.0	2м² 1255 x 1215 мм	630.00
		2.7	2.1м² 1690 x 1215 мм	780
		3.0	2.3м² 1870 x 1215 мм	820/ 920 (2 камеры)

	<p>Контейнер для остаточных отходов</p> <p>МГБ 1100 I</p> <p>Изготовлены из стали со скользящей крышкой и шасси (согласно EN 840-3 и EN 840-6)</p>	<p>1.1</p>	<p>1.5м²</p> <p>1360 x 1055мм</p>	<p>273</p>
---	--	------------	---	------------

Табл. 3: Контейнер для сбора отходов Шэфера, стоимость и размеры

<p>Фритц Шэфер ГмбХ</p> <p>SSI SCHÄFER</p> <p>ул. Фритц-Шэфер-Штрассе 20</p> <p>D-57290 Нойнкирхен / Зигерланд</p> <p>Тел.:02735/70-1</p> <p>Факс:02735/70-396</p> <p>eMail:info@ssi-schaefer.de</p>				
Иллюстрация	Письменное описание	Размер м ³	Потребность в площади	Стоимость контейнера [€]
	Контейнер для стекла	3.2	1.8м ² 1500 x 1200 мм	1.180
	Контейнер для стекла	3.2	1.8м ² 1500 x 1200 мм	1.460
	Контейнер для остаточных отходов MGB 1100 I	1.1	1.1м ² 1370 x 820 мм	485

➤ Системы с фиксированным кузовом:

Мусоровоз с задней загрузкой:

Инвестиционные вложения:

- ◆ 1 грузовик (3 оси, 20 Мг загрузочная способность): 60,000-80,000 €
- ◆ Кузов: 30,000-40,000 €
- ◆ Подъемное устройство: 10,000-20,000 €
- ◆ Цена за дополнительные товары: кабина с заниженным входом: 10,000 €
- ◆ Надстройка для транспорта для сменного кузова: 20,000 €
- ◆ Сменный кузов: 3,000-5,000 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: ~11 % в год от первоначальных вложений
- ◆ Персонал: 2-6 человека (в большинстве случаев - персонал из 2-3 человек в зависимости от графика эксплуатации)

Передняя загрузка:

Инвестиции:

- ◆ 1 грузовик (3 оси, 20 Мг загрузочная способность): 60,000-80,000 €
- ◆ Фиксированный кузов, ковш и подъемное устройство: 60,000-80,000 €
- ◆ Сменный кузов, ковш и подъемное устройство: 70.000-90.000 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: ~11 % в год от первоначальных вложений
- ◆ Персонал: 1-(2) человека (в большинстве случаев 1 человек в зависимости от графика эксплуатации)

Боковая загрузка:

Инвестиции:

- ◆ 1 грузовик (3 оси, 20 Мг загрузочная способность): 60,000-80,000 €
- ◆ Кузов, ковш и подъемное устройство; ручное управление: 30,000-60,000 €

- ◆ Сменный кузов, ковш и автоматизированный подъемник: 50.000-100.000 €
- ◆ Стоимость дополнительных товаров:
- ◆ Кабина с заниженным входом: 10,000 €
- ◆ Надстройка грузовика для сменного кузова: 20,000 €
- ◆ Сменный кузов: 3,000-5,000 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: ~11 % в год от первоначальных вложений
- ◆ Персонал: 1-2 человека (в большинстве случаев 1 человек, в зависимости от графика эксплуатации)

(Интекс 2004)

3 Методы обезвреживания/захоронения

3.1 Размещение на полигоне

Захоронение является превалирующим методом обращения с отходами. Однако, этот метод давно был заменен на более эффективные.

Требования к размещению полигона зависят от типа отходов, размещаемых на нем. Должно быть выбрано подходящее место с определенными геологическими и гидрологическими условиями:

- Почва должна иметь проницаемость 10^{-6} см/с в нетронутом состоянии (защита почвы),
- Соответствующее расстояние до сети подземных вод
- Основу с дренажным слоем соответствующим для типа захороняемых отходов.

Меры по уходу должны предприниматься в течение всего периода. Пока может возникнуть угроза. Это включает, прежде всего, защиту местности, регулярные проверки (ежегодные, раз в полгода) и мониторинг скважин и прочие контролирующие системы. Эмиссии с полигона - это в большинстве свалочный газ и фильтрат.

Для размещения ТБО необходим санитарный полигон и должна быть произведена предварительная обработка, в порядке минимизации эмиссии. (Интекус 2004).

3.1.1 Инертный полигон

Инертный полигон может использоваться для гомогенных материалов, которые не представляют опасности для окружающей среды, такие как минеральные материалы или инертные. Инертные отходы, напр., строительный мусор за исключением опасных отходов, пластик, стекло. Требования к размещению, рекультивации и стоимости инертных полигонов меньше. Для такого типа полигонов достаточно плотной минеральной почвы и дренажного слоя (Интекус 2004).

Требования к мерам по уходу за полигоном:

- Площадь полигона должна быть ограждена,
- Необходимы регулярные проверки и мониторинг.

Требования к размеру площади зависят от планируемого количества отходов и профиля местности. В целом, можно предположить большее потребление площади при размещении одинакового количества отходов на равнинной местности, чем при использовании гористой местности, долины или карьера. В зависимости от размера и дневной загружаемости площадь эксплуатируемой местности не должна превышать 2,000 м² для маленького и среднего полигона, и 8,000 м² для большого полигона. В качестве примера приведены данные: площадь для размещения 42,000 м² и общая эксплуатируемая площадь 55,000 м² для полигона с мощностью 340,000 м³ и около

30,000 тонн ежегодно размещаемых отходов, 15 м в высоту. Для общей емкости полигона 2 миллиона м³, требуемая площадь составляет 240,000 м². Чтобы эксплуатировать полигон, необходимо также предусмотреть место для расположения сопутствующих коммуникаций (свежая вода, электричество), транспортные пути, ж/д или водный путь, а также системы сбора фильтрата, контроля подземных вод и «зеленым поясом». Неактивно используемые части полигона должны быть накрыты.

3.1.2 Санитарный полигон

Санитарный полигон – это специальная площадка для окончательного, безвредного для окружающей среды захоронения неопасных твердых отходов. Оптимальный размер площадки и установок зависит от количества отходов, размещаемых на полигоне, и местных условий.

Во избежание причинения вреда человеческому здоровью и окружающей среде (контаминация поверхности, контроль над эмиссией газов), полигон должен быть оборудован системами сбора фильтрата, сбора свалочного газа и утилизации, а также изоляции. Кроме того, отходы должны укладываться слоями и покрываться инертным материалом в конце каждого операционного дня.

Эксплуатация санитарного полигона имеет экономические преимущества в сравнении с более дорогими методами обезвреживания. Для амортизации инвестиций в строительство и закрытие полигона предполагается период 15-20 лет.

Непредсказуемое поведение размещаемых отходов требует длительного постоянного контроля в течение мин. 20-30 лет после закрытия полигона и мер по уходу в течение 80-100 лет после закрытия.

Потребность в площади зависит от планируемой емкости. При площади под размещение 110,000 м³ ежегодно, при 20-летнем периоде эксплуатации, необходима площадь 200,000 м². Дальнейшая потребность в площади:

- Инсталляции для свежей воды и электричества
- Транспортные сети, желательны также доступ к ж/д или навигационным водным путям.

- Обеспечение электричеством
- Транспортные сети, по возможности также ж/д или водные пути

(Интекус 2004)

3.1.4 Расходы и информация о рынке

➤ Инертный полигон

Инвестиции:

- ◆ Приобретение и подготовка местности,
- ◆ строительство: затраты на строительство должны быть ниже, чем на санитарный полигон для смешанных отходов
- ◆ оборудование: обычно грузовик(и) на колесах и весы на входе

Расходы на эксплуатируемое оборудование:

- ◆ Расходы на эксплуатацию, обслуживание и персонал предполагаются ниже, чем на санитарный полигон для смешанных отходов, особенно вследствие очень ограниченных требований к рекультивационным мерам.

Возможно также:

- ◆ Сборы за опустошение и возможные сборы за размещение на полигоне

Информация по рынку

Установки:

Важное примечание: список фирм не включает полное собрание предприятий, занятых в специфических отраслях. Большинство европейских стран используют установки для хранения и размещения инертных материалов. В Германии также есть несколько подобных установок, примерами служат:

- Северо-немецкое общество по захоронению минеральных веществ www.norgam.de

- Полигон для размещения шлаков Оффенбах полигона Рейн-Майн ГмбХ

www.rhein-main-deponie.de/offenbach.html

- Полигон Хорм Дюренского ГмбХ www.ddg-mbh.de

Установленные производители и провайдерские фирмы:

Некоторое количество фирм в Германии производят и/или предлагают специализированные технические составляющие, строительство и прочие услуги по возведению хранилищ для инертных отходов. Примеры приведены ниже:

Установка минерального уплотнителя:

- ТД Умвельттехник ГмбХ и Ко www.trisoplast.de
- Бикхардт Бау АО www.bickhardt-bau.de
- Кюглер & Белоушек www.kuegler-textoris.de
- Список источников, занимающихся строительством полигонов и хранилищ, а также дополнительная информация по теме может быть получена от:
 - АК GWS Арбайтскрайс Грундвассершутц (Общество по защите подземных вод) e.V. www.akgws.de
 - Общество по контролю за строительством по защите окружающей среды www.ueberwachungsgemeinschaft-bu.de

(Интекус 2004)

➤ Санитарный полигон

Инвестиционные вложения:

(нижеприведенные данные соответствуют полигону с расчетом ежегодного количества размещаемых отходов 110,000 м³ и периодом эксплуатации 20 лет. Конечная стоимость – уровень Германии в 90-х годах). 110,000 м³ ежегодного количества отходов рассчитаны:

- ◆ Расходы на строительство и оборудование, включая финансирование: ок. 12 млн. €
- ◆ Дополнительные расходы на строительство различных систем уплотнения, которые могут стоить 40-60 евро/м².

Эксплуатационные расходы

- ◆ (рассчитаны итоговые ежегодные эксплуатационные расходы):
- ◆ Текущие расходы: ок. 360,000 €
- ◆ Ремонт и обслуживание: ок. 1.1 млн. €
- ◆ Персонал + администрация: ок. 215,000 €

Возможно также:

- ◆ От сборов за размещение отходов и возможных налогов

Общие расходы:

Нижеприведенные расчеты могут быть использованы как показатели общих затрат

Табл. 4: **Общие расходы на санитарный полигон**

Годовое количество размещаемых отходов [м³/г]	50,000	250,000
Приблизительный расчет инвестиций [млн.евро] для:		
Опрос размещения полигона, экспертиза, разрешение	2.6	8.0
Строительство, планирование, надзор и контроль качества	77.0	133.0
Эксплуатируемое оборудование, закрытие и рекультивация	61.0	110.0
Мониторинг оборудования, сбор фильтрата/газа и обработка	74.0	123.0

Информация по рынку:

Ссылки на фирмы:

Важное примечание: список фирм не включает полный перечень компаний, занятых в этой сфере. В течение последних лет большое количество полигонов в Германии были закрыты по причине легального прекращения размещения на полигоне необработанных отходов. В списке ниже приведены примеры полигонов, которые все еще функционируют и на которых размещаются отходы, прошедшие предварительную обработку:

- RAVON (РАВОН): www.ravon.de
- Общество по обращению с отходами региона Варендорф (центральный полигон Эннигерло) www.awg-kreis-waf.de
- Полигон Польше Хайде: www.pohlsche-heide.de
- Центральный полигон Крёберн (Западная Саксония) www.zaw-wachau.de

Установленные производители и провайдерские фирмы:

Некоторое количество предприятий Германии производят и/или предлагают специальные технические составляющие, строительство и другие услуги по возведению и эксплуатации санитарных полигонов. Некоторые из них:

Производители пластиковых изоляционных систем:

- GSE Лайнинг Текнолоджи GmbH www.gseworld.com
- Науэ Фазертехник ГмбХ & Ко www.naue.com

Установка пластиковых изоляционных систем:

- G² G-квадрат Геокунстгезельшафт ГмбХ www.gquadrat.de

- НАУЭ Силинг ГмбХ & Ко www.nauesealing.com
- Фон витцке ГмбХ & Ко www.vonwitzke.de
- Зиберт+ КНИПШИЛЬД ГмбХ www.ibsiebert.de
- Хафемайстер Геополиумере ГмбХ www.hafemeister.de

Установка минеральных изоляционных систем:

- TD Умвельттехник ГмбХ & Ко www.trisoplast.de
- Бикхардт бау АГ www.bickhardt-bau.de
- Кюглер & Белоушек www.kuegler-textoris.de

Сбор и утилизация свалочного газа:

- Хаасе Энергитехник АГ www.haase-energietechnik.de
- ЛАМБДА Гезельшафт Газтехник www.lambda.de
- Грин Газ Джомани ГмбХ www.g-a-s-energy.de

(Интекус 2004)

➤ Полигон для опасных отходов

Инвестиционные вложения:

(Приведенные данные соответствуют годовому количеству размещаемых отходов 110,000 м³ и эксплуатационному периоду в 20 лет. Итоговая стоимость – уровень Германии в 90-х).

- ◆ Расходы на строительство и оборудование, включая финансирование: ок. 12млн. € (дополнительные расходы на создание изоляционных систем, которые могут стоить 40-60 €/м².)

Эксплуатационные расходы

(Итоговые ежегодные эксплуатационные расходы):

- ◆ Текущие расходы: ок. 360,000 €
- ◆ Ремонт и обслуживание: ок. 1.1 млн. €
- ◆ Персонал + администрация: ок. 215,000 €
- ◆ Возможные меры по улучшению путем организации системы сборов за размещение отходов

Общие расходы (приведенные ниже итоговые расчеты могут быть использованы как показатели итоговых расходов):

Табл. 5: **Общие расходы на полигон для опасных отходов**

Годовое количество размещаемых отходов [м ³ /г]	50,000	250,000
Приблизительный расчет инвестиций [млн.евро] для:		
Опрос размещения полигона, экспертиза, разрешение	2.6	8.0
Строительство, планирование, надзор и контроль качества	77.0	133.0
Эксплуатируемое оборудование, закрытие и рекультивация	61.0	110.0
Мониторинг оборудования, сбор фильтрата/газа и обработка	74.0	123.0

*Информация по рынку*Ссылки на предприятия:

Важное примечание: список предприятий не включает полный перечень предприятий, занятых в этой сфере. Большинство стран Европы строят хранилища для опасных отходов. В Германии также есть ряд таких установок:

Наземные хранилища:

- ХИМ ГмбХ (HIM GmbH) www.him.de
- ГСБ - Зондерабфаль-Энтзоргунг Байерн ГмбХ www.gsb-mbh.de
- ГБС Гезельшафт цур Безейтигунг дер Зондерабфэлле mbH www.sad-rondeshagen.de

Подземные хранилища:

- К+S Энтзоргунг ГмбХ www.ks-entsorgung.com
- ХАБЕС ГмбХ www.gses.de/ra_habes.htm
- Грубе Тойченталь Зихерунгс ГмбХ & Ко www.grube-teutschenthal.de

Установленные производители и провайдерские фирмы:

Ряд предприятий Германии производит и/или предлагает специальные технические составляющие, услуги по возведению и прочие услуги по строительству хранилищ для опасных отходов. Примеры:

Производители пластиковых изоляционных систем:

- GSE Лайнинг Текнолоджи ГмбХ www.gseworld.com
- Науэ Фазертехник ГмбХ и Ко www.naue.com

Установка пластиковых изоляционных систем:

- G² G-квадрат Геокунстштофгезельшафт ГмбХ www.gquadrat.de
- НАУЭ Силинг ГмбХ & Ко www.nauesealing.com
- Фон Витцке ГмбХ & Ко www.vonwitzke.de
- ЗИБЕРТ + КНИПШИЛЬД ГмбХ www.ibsiebert.de
- Хафемайстер ГеоПолюмере ГмбХ www.hafemeister.de

Установка минеральных изоляционных систем:

- TD Умвельттехник ГмбХ & Ко www.trisoplast.de
- Бикхардт бау АГ www.bickhardt-bau.de
- Кюглер & Белоушек www.kuegler-textoris.de

Сбор и утилизация свалочного газа:

- Хаазе Энергитехник АГ www.haase-energietechnik.de
- ЛАМБДА Гезельшафт фюр Газтехник мбХ www.lambda.de
- Грин Газ Джомани ГмбХ www.g-a-s-energy.de

(Интекус 2004)

3.2 Термические процессы обезвреживания

Термические процессы обезвреживания ТБО:

- Сжигание/ совместное сжигание,
- Пиролиз
- Стабилизация в процессе сушки.

Обычно ТБО обезвреживается на термических установках. Инертные, негорючие материалы (напр., стекло, камни, металлы и т.д.) не подходят для методов термической обработки.

Существуют недостатки сжигания для окружающей среды:

- Эмиссии токсических загрязнителей в воздух,
- Токсические остаточные отходы для размещения на полигоне
- Остатки сырых материалов и помеха при восстановлении и переработке материалов (Корд-Ландвер 2002)

3.2.1 Сжигание и со-сжигание

Сжигание является наиболее важным термическим методом для обращения с отходами. Основными причинами использования сжигания для твердых отходов являются инертизация и распад органических загрязнителей. Неорганические загрязнители, которые выделяются в ТБО, концентрируются. Следовательно, сжигание отходов представляет собой «слив вредных веществ» (Корд-Ландвер 2002). Более того, сокращается количество отходов и их вес, и остаточные материалы могут быть утилизированы как вторичные продукты, напр., гипс, соляная кислота или строительные отходы после строительства дорог. Наконец, современные мусоросжигательные заводы используют тепловую энергию отходов, которая может быть использована для производства электричества и отопления районов (Билитевски 2000).

Типичными компонентами МСЗ являются:

- Бункер для отходов: хранилище для отходов, где работники могут забрать, сортировать отходы и загрузить печь.
- Сырье: предварительная сушка отходов и загрузка в печь.
- Печь с решеткой: сжигание отходов и разрушение органических веществ при температуре более 800°C; зола и металл восстанавливаются.
- Бойлер: утилизация тепла сжигаемых отходов для нагрева водных труб.
- Производство энергии: нагретый пар направляется в турбину генератора для производства электричества.
- Система очистки газа: удаление твердых и газообразных загрязнителей из газа перед прохождением через стек

(WtERT 2010)

Потребность в площади для МСЗ (включая систему очистки газа): ок. 10,000 м² для количества сжигаемых отходов 50,000 т/г и ок. 30,000 м² для 200,000 т/г.

Уровень подземных вод не должен быть слишком высоким из-за глубины бункера (Интекус 2004).

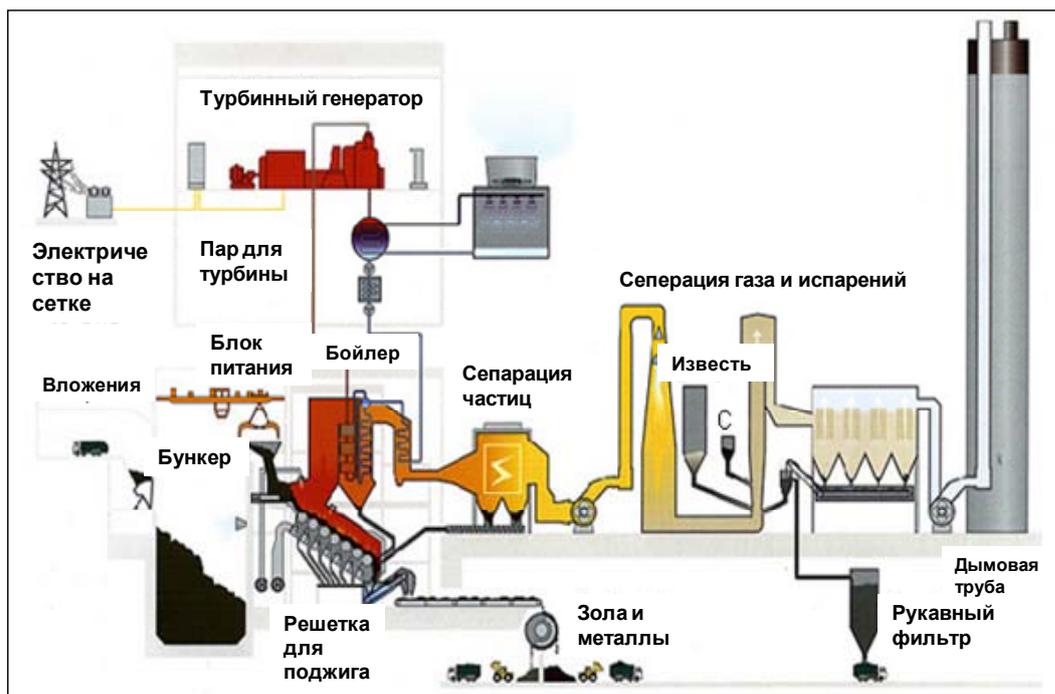


Рис. 13: Схематичное изображение мусоросжигательного завода (Иллюстрация: Лондон Уэйст: WtERT 2010)

В Германии существует около 70 МСЗ для ТБО мощностью 18.829.000 Мг/г (UBA 2011). В Европе насчитывается ок. 440 таких установок (CEWER 2007).

В отличие от представленных МСЗ, где отходы только сжигаются, энергетическое содержимое ТБО может быть восстановлено на промышленных установках, где отходы выступают в качестве топлива, или в некоторых случаях в качестве сырья и не только сырьем в печи. Основным ограничительным фактором является то, что «не все типы отходов подходят для сжигания» (IFEU 2009) и «возможная контоминация с элементами, которая может повлиять на качество промышленных продуктов» (Бонту, 1999).

Примеры практического использования МСЗ включают электростанцию и парогенераторную установку, цементную и известковую печь, а также сталелитейный завод. Чтобы сжигать отходы в таких промышленных установках, необходимо определить, какие типы отходов могут быть адаптированы для существующего процесса. Потенциал отходов при сжигании на электростанциях составляет 5% на каменном угле и 10% на буром угле, тогда как в цементной печи потенциал возрастает до 50%. Часто производители цемента не только утилизируют отходы как альтернативное топливо, но используют и как сырье минеральную фракцию для клинкера. (WtERT 2010).

3.2.2 Пиролиз

Пиролиз известен в области инжиниринга. Это термальный распад органических материалов без отдельного источника фумигационного газа, напр., кислород, воздух, углекислый газ и т.д. При температуре от 150 до 900 °С, летучие вещества вытесняются, и углеводородные соединения разлагаются. Продукты, получившиеся в

результате пиролиза, которые можно использовать в дальнейшем для получения энергии: кокс, синтетический газ и гудрон. Разработка процессов пиролиза с целью применения для утилизации отходов была проведена, чтобы уменьшить недостатки сжигания отходов. Основные цели пиролиза эквивалентны целям сжигания. Отходы должны существенно уменьшаться в объеме и весе, они должны распадаться на материалы, не наносящие ущерба окружающей среде.

Дополнительные преимущества пиролиза:

- Производство электроэнергии и сырья
- Стабильность при хранении продуктов
- Универсальность для различного состава отходов

По причине возникновения различных проблем и низкой доступности в сравнении со сжиганием, пиролиз является процессом утилизации отходов, который не нашел признания (Билитевски 2000).

Если процент повторного использования и процент переработки бумаги, пластика и биоотходов возрос, установки для пиролиза не могут функционировать прибыльно (ФОЕ, 2009), так как сырье для них должно быть насыщено данными видами отходов (ДГЕ, 2009).

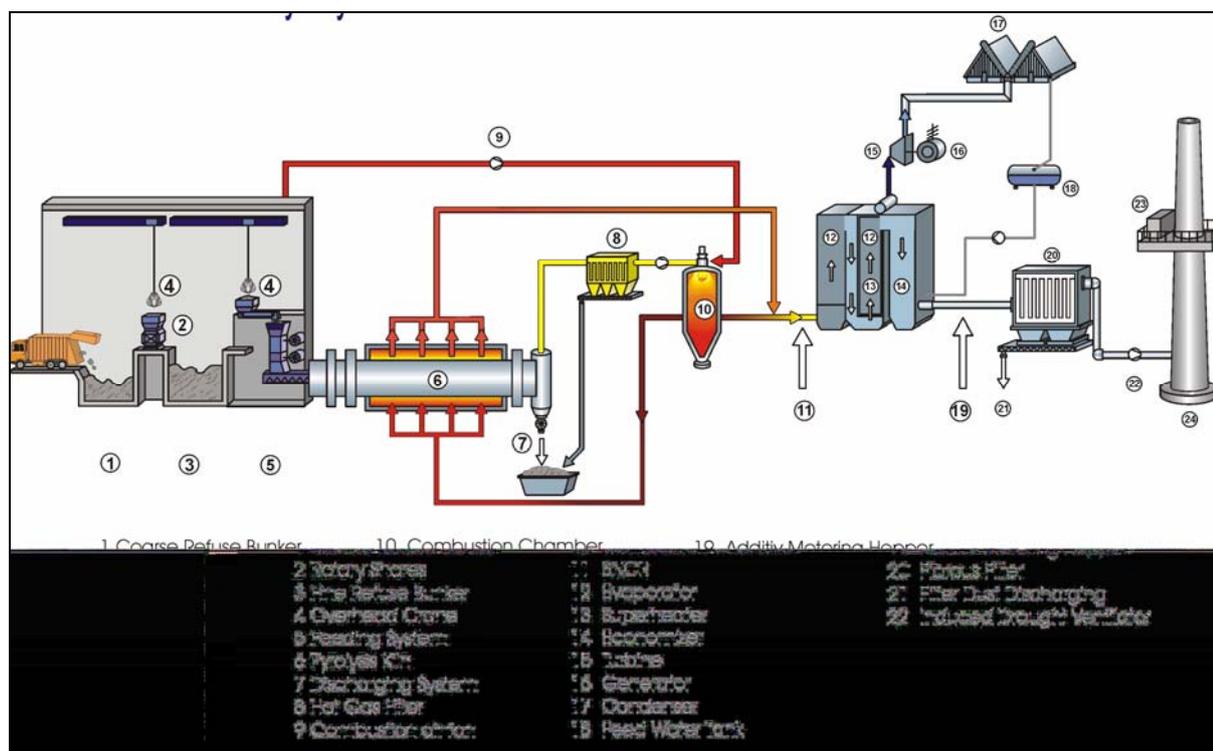


Рис. 14: установка для пиролиза с обработкой дымового газа (ДГЕ 2009)

Эмиссии в результате сжигания и пиролиза насыщены неорганическими веществами, такими как тяжелые металлы. По этой причине необходимо производить очистку дымового газа. Остаточными веществами станет пыль, которая должна оседать в соляных ямах.

3.2.3 Термическая стабилизация

Термическая стабилизация обычно используется для сушки шлама для последующего сжигания. В порядке производства альтернативного топлива для сжигания ТБО могут сушиться в сушильном барабане. Газ для сушки – это выброс при сжигании природного газа. Трудность представляет избежание потенциального выхода огня из-под контроля. Этот метод не является универсальным, вследствие того факта, что это довольно сложный и дорогой процесс. В Германии лишь 2 установки для обезвреживания отходов используют этот метод.

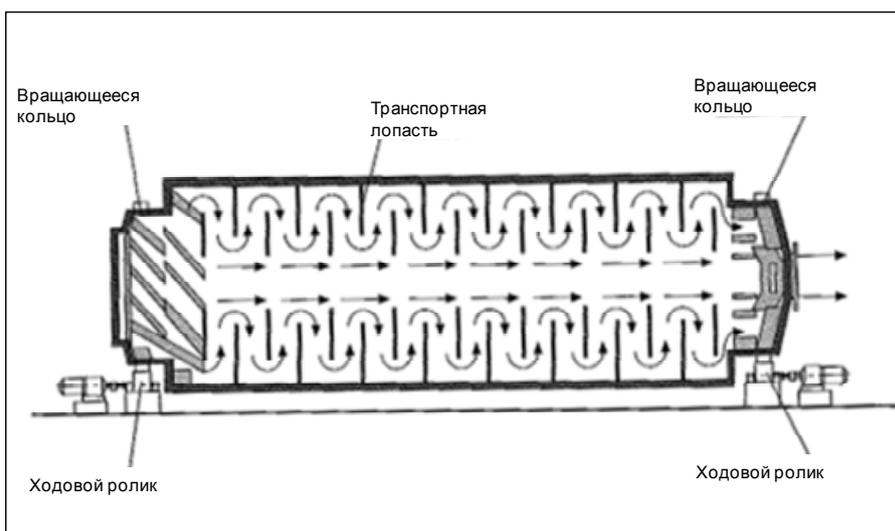


Рис. 15: сушильный барабан Ванденброка (Крагтинг & Хоффман 2002)

Газ для сушки интенсивно смешивается с влажными отходами. При высокой турбулентности влажные летучие вещества испаряются с поверхности (Крагтинг & Хоффман 2002).



Рис. 16: сушильный барабан для ТБО, Берлин

3.2.4 Расходы и маркетинговая информация

➤ Сжигание на решетке без очистки дымового газа

Инвестиции

Основные инвестиции (при средней цене): Предположительно: объем 200,000 тонн/год; без очистки дымового газа

- ◆ Разработка полигона >1,000,000 €
- ◆ Глубокий бункер: 4,000,000 €
- ◆ Прочие структурные элементы: 6,500,000 €
- ◆ Котел и паровой генератор: 32,000,000 €
- ◆ Генератор электроэнергии: 4,000,000 €
- ◆ Прочие конструкционные расходы: 7,000,000 €

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Текущие расходы: в зависимости от рыночной цены на используемые материалы (топливное масло)
- ◆ Ремонт и обслуживание:
 - Для каждого элемента структуры ок. 1% первоначальных вложений
 - Машины и электроника: 3 - 4% первоначальных вложений
- ◆ Персонал, в зависимости от зарплат на местном рынке труда

Общие расходы:

- 80 до 250 €/т (включая очистку дымового газа)

Однако, строительство большей по размеру установки, простая система очистки газа и организация продажи электрической энергии могут улучшить ситуацию в плане стоимости.

Маркетинговая информация:

Установки:

Важное примечание: список предприятий не содержит полного перечня фирм, занятых в определенной области. Сжигание ТБО на решетке распространено по всему миру. Только в Германии располагается более 50 установок такого рода.

Примеры:

- Магдебург Ротензее (630,000 т/г, 4 линии) <http://www.mhkw-rothensee.de>
- Гамбург Борсигштрассе (320,000 т/г; 2 линии) www.mvr-hh.de
- Брайсгау (150,000 т/г, 1 линия) www.sotec.de

Другие страны, где МСЗ такого типа широко используются: Франция, Швейцария, Голландия, Австрия, США, Япония и т.д.

Установленные производители и провайдерские фирмы:

Важное примечание: в списке перечислены не все фирмы, занятые в указанной сфере. Установленные производители/провайдеры, работающие по технологии сжигания:

- МАРТИН ГмбХ по производству техники для охраны окружающей среды, Мюнхен <http://www.martingmbh.de>
- Физиа Бабкок Инвайронмент ГмбХ, Гуммерсбах www.fisia-babcock.com
- Ошатц ГмбХ www.oschatz.com

Примечания и литературные источники:

Дальнейшую информацию и ссылки на информацию об установках Вы можете получить:

- ИТАД (ITAD) - Сообщество по производству установок по обезвреживанию отходов в Германии www.itad.de
- Член CEWEP – Конфедерация Европейских установок по получению энергии из отходов <http://www.cewep.com>

(Интекус 2004)

- Обработка дымового газа

Инвестирование:

Сухие процессы очистки дымового газа требуют меньших вложений в сравнении с другими методами. Процессы влажной адсорбции показывают широкий спектр необходимых вложений. Однако, требуемые инвестиционные вливания в простую систему влажной адсорбции могут лишь возрасти. Общая сумма инвестиций на единицу (средняя стоимость):

Пример: сжигание 200,000 т/год; простая очистка дымового газа (сухая)

- Стоимость возведения: 4,500,000 €
- Оборудование: 13,000,000 €

- Дополнительные расходы, финансирование: 5,500,000 €

Пример: сжигание 200,000 т/год; комплексная система очистки дымового газа (влажная)

- Стоимость возведения 7,500,000 €
- Оборудование 20,000,000 €
- Дополнительные расходы, финансирование: 5,500,000 €

Эксплуатационные расходы

- ◆ Текущие расходы: зависит от рыночной цены на эксплуатационные материалы.
- ◆ Ремонт и обслуживание:
- Для каждого структурного элемента ок. 1% первоначальных инвестиций
- Машины и электроника: ок. 3 – 4% первоначальных инвестиций

Возможные доходы:

- ◆ От продажи гипсового дымового газа (PEA - гипс)
- Пиролиз

Инвестиционные вложения:

- ◆ Инвестиционные вложения (€/т): В пределах 100 - 200 €/т, в зависимости от местных условий.

Эксплуатационные расходы:

- ◆ В рамках 50 - 80 €/т, в зависимости от местных условий и особенно стоимости за размещение произведенного кокса.

Возможные доходы:

- ◆ Доходы от произведенного синтетического газа (в зависимости от топлива)

Общие расходы:

При рассмотрении доходов, полученных от произведенного сингаза в пределах 25 - 50 €/т, в зависимости от местных условий и расходов на размещение произведенного кокса.

Установленные производители

В мире существует более 150 компаний, маркетинговые системы которых базируются на концепциях пиролиза и газификации для обработки отходов (Источник: Юпитер Инк., Великобритания). Многие из них оптимизированы под специальные отходы или

определенные шкалы эксплуатации и отличаются существенно по степени эксплуатации (Интекус, 2004).

3.3 Процессы биологического обезвреживания

Биологические методы базируются на разложении органических материалов на микроорганизмы. Компостирование имеет место быть с аэрацией, пока процессы ферментации выполняются при анаэробных условиях.

Целью биологического разложения отходов является либо утилизация материалов, либо утилизация отходов. Процесс должен быть отрегулирован в зависимости от того, на какой цели фокусируется. Например, если мелиорант известен, компостирование или ферментация должны производиться с отдельно собранными органическими отходами. В случае захоронения биологические методы могут также быть использованы в комбинации с механическими процессами (Сравни 3.5) (Билитевски, 2000).

3.3.1 Компостирование

Отходы, которые должны компостироваться, должны в большинстве состоять из органических материалов. Более того, компостированные материалы не должны быть лишь слегка загрязнены. Наиболее важные типы отходов, используемые для компостирования:

- Органические отходы от отдельного сбора,
- Зеленые отходы из парков и садов,
- ТБО – коммерческие отходы, пищевые отходы,
- Органические остаточные отходы пищевой индустрии
- Сточные воды.



Рис. 17: зеленые отходы (УВА 2009)



Рис. 18: органические отходы от раздельного сбора

Так как разложение органических отходов осуществляется микроорганизмами, должна быть доступна сбалансированная пропорция питательных веществ (особенно соотношение С/Н). Уровень рН материала должен быть между 7 и 9.

Параметры процесса:

- Содержание воды: 55%
- соотношение С/Н от 25/1 до 30/1 (Интекус, 2004)
- Наполненность воздухом: 25-35%
- Необходимость в кислороде: 2 г O₂/г
- Аэрация:
 - В закрытых ротерных установках и аэробных окнах, аэрация осуществляется при давлении.
 - В неаэрационных системах обеспечение кислородом достигается диффузией при вращении вала
 - Недостаток кислорода может привести к ферментации и анаэробному расщеплению, может появиться запах гнилого.
- Активная поверхность: для успешной ротации необходима как можно большая площадь сырья, это требует измельчения перед компостированием.

(Билитевски 2000)

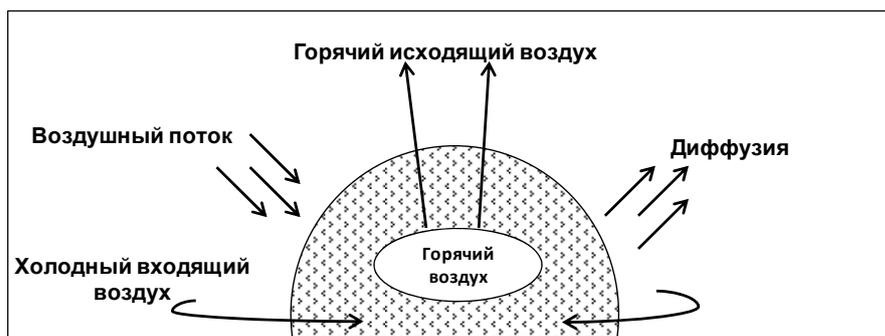


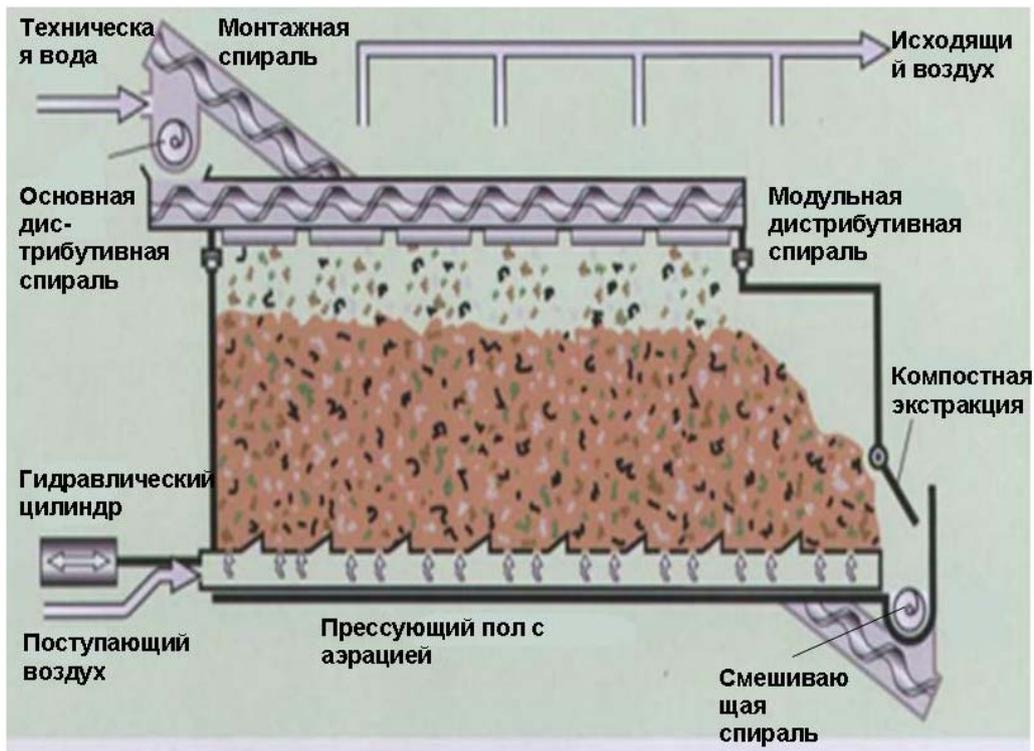
Рис. 19: воздухообмен при вращательном компостировании (Интекус 2004)

Вращательное компостирование требует минимальной площади. Необходимость в пространстве для каждой секции может быть рассчитана следующим образом:

- 5% для приема
- 10 % для хранения компоста
- 10 % для временного хранения
- 75 % для компостирования (40% которой зарезервированы для передвижения оборудования)

Пространство, занятое валом, зависит от типа трубы, конкретного измерения (длины, ширины, высоты) и предполагаемого метода вращения. Вал треугольной формы шириной 3 м требует $1.40 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Вал трапециевидной формы шириной 10 м и высотой 3 м требует $0.45 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Если процесс не требует места для движения мобильного оборудования (вследствие использования самодвижущегося механизма), необходимость в пространстве снижается до $1 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Выбор метода компостирования/типа турбины часто зависит от доступного пространства (Интекус 2004).

Пространство, необходимое для закрытого компостирования, зависит от планируемой мощности, но в целом меньше, чем площадь, необходимая для турбинного компостирования.



Picture source: Linde-KCA

Рис. 20: Схема технического процесса для компостирования в турбинном боксе (Интекс 2004)

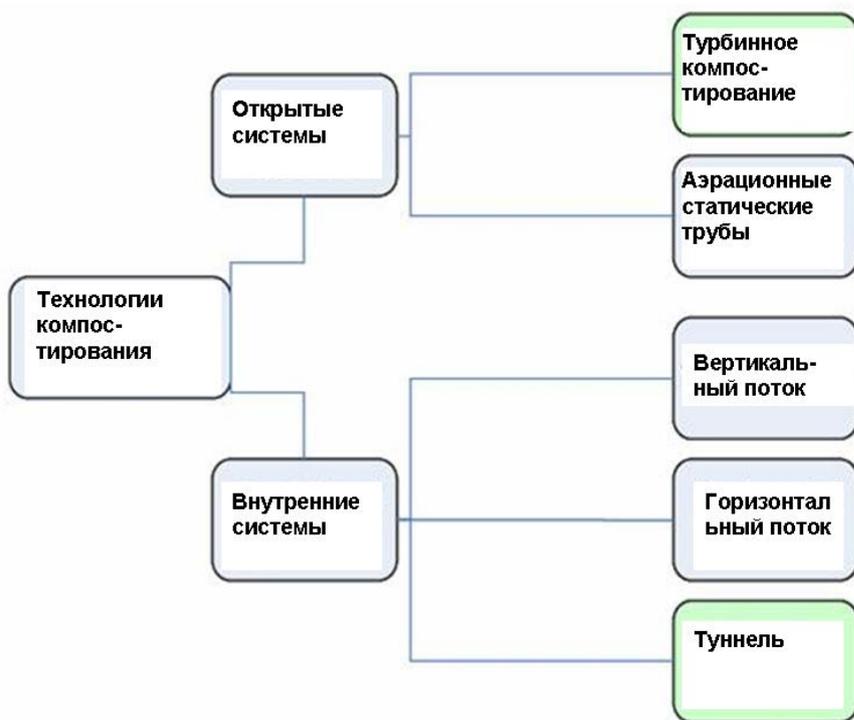


Рис. 21: Категоризация систем компостирования (<http://www.epem.gr>)



Рис. 22: вид турбины изнутри

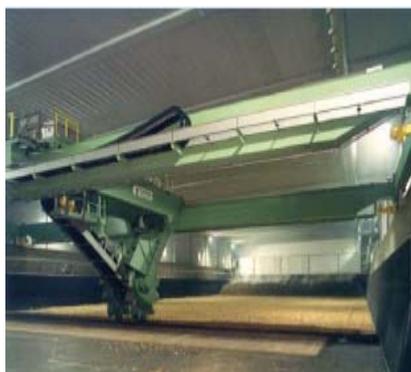


Рис.23:зал для компостирования



Рис. 24: вращение открытой турбины

➤ Эмиссии:

Негативные эффекты на окружающую среду при компостировании ничтожны в сравнении с другими методами обезвреживания отходов. Жидкие остаточные отходы – фильтрат и загрязненная дождевая вода. Однако, объем жидких остаточных отходов меньше, чем количество отходов на полигоне. Прочие загрязнения: пыль и неприятный запах.

3.3.2 Ферментация

Другой метод биологической обработки отходов – ферментация. Это процесс обезвреживания отходов со значительной органической фракцией. Зеленые отходы с высоким содержанием лигнина не подходят. Раздельно собранные органические отходы и пищевые отходы подходят для ферментации. Перед началом ферментации «грязные» материалы (напр., металлы, стекло, камни и т.д.) должны быть отсортированы. После этого отходы обычно перемалываются или назначается временная остановка при влажной ферментации (Корд-Ландвер 2002)

Существует различие между продолжительным и прерывистым процессами ферментации. При непрерывном режиме эксплуатации органические отходы автоматически разбиваются на порции в автоклаве, что поддерживает хорошее качество природного газа. В прерывистом режиме автоклав наполняется грузовиком на колесах, через несколько недель опустошается и затем наполняется снова. Это не позволяет производить газ непрерывно, но это может быть компенсировано параллельным функционированием автоклавов.

Прерывистый метод полезен из-за его упрощенной реакторной системы. С другой стороны, непрерывные процессы нуждаются в меньшем объеме реактора и они по большей части более автоматизированы (UBA 2009).

Ферментация протекает при анаэробных условиях. Биохимический процесс описан на Рис. 25 ниже. Гидролиз и кислотный генезис могут быть отделены от последующего метанового. Это делает возможным двухэтапный процесс.

Преимущества ферментации описаны:

- Обезвреживание отходов без высокого содержания воды,
- Быстрое разложение органических отходов,
- Способность сбора неприятного запаха,
- Энергетическая ценность биогаза,
- Ценные остаточные отходы (компост),
- Энергетический излишек
- Простой способ отделения «осадка».

(Корд-Ландвер 2002)

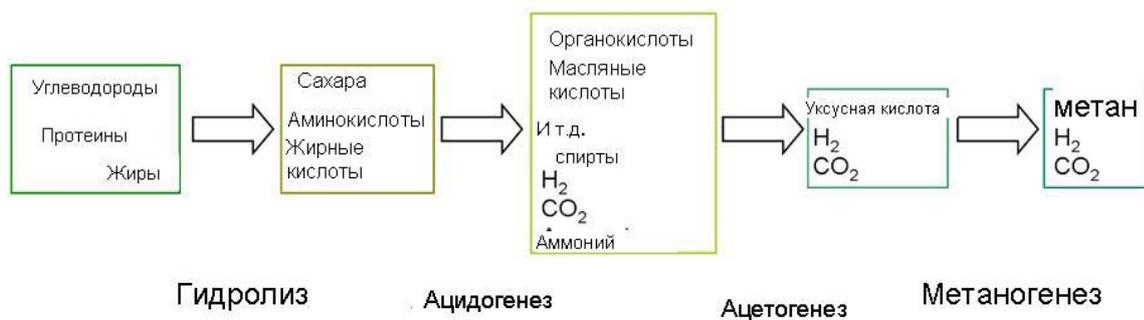


Рис. 25: процесс ферментации биогаза (<http://willyyanto.wordpress.com>)



Рис. 26: методы ферментации

Табл. 6: Потребность в пространстве (м²/т вход)(Интекус 2004)

Размер установки	5,000 т/г	10,000 т/г	>20,000 т/г
Анаэробное компостирование	0,15-0,70	0,10-0,40	0,05-0,35
Анаэробное компостирование с компостированием остаточных отходов	0,30-1,00	0,25-0,70	0,10-0,70

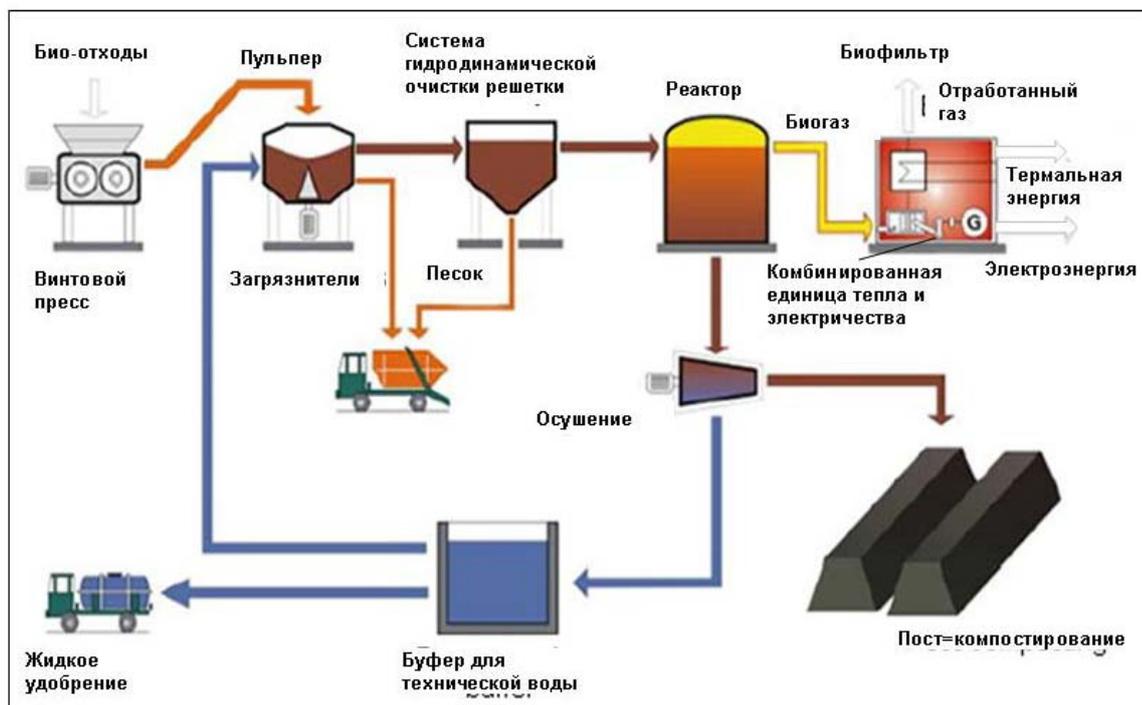


Рис. 27: схема ферментации (WtERT 2009)

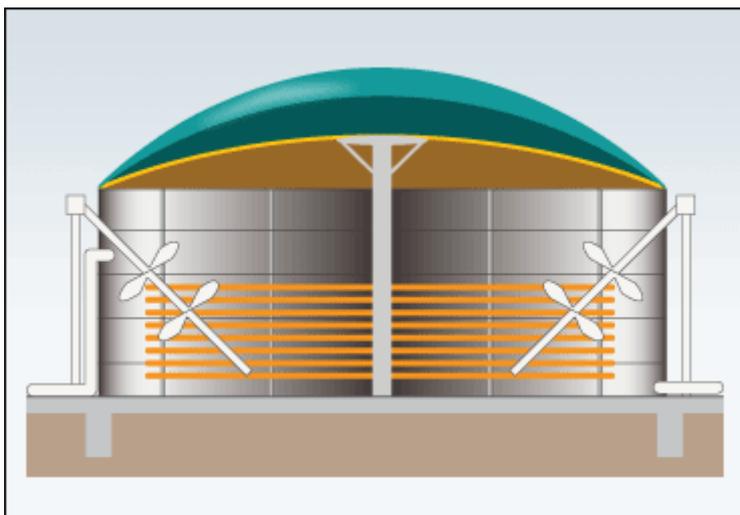


Рис. 28: влажный автоклав

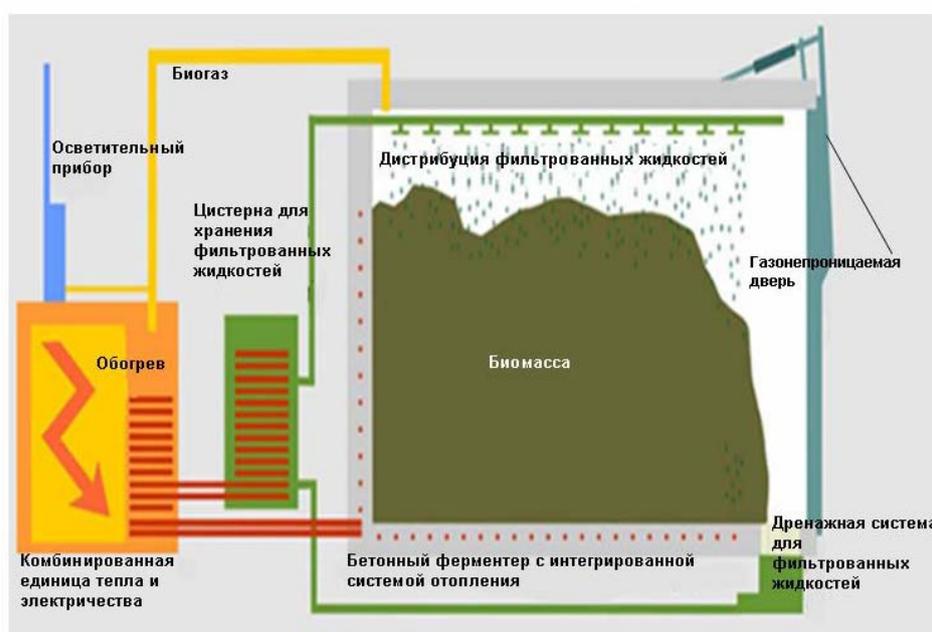


Рис. 29: процесс сухой ферментации (germanbiogas.com)

В Германии есть несколько тысяч установок для ферментации, при этом большинство из них построены как сельскохозяйственные установки для ферментации удобрений и энергии.

3.3.3 Биологическая стабилизация

Преимуществом процесса биологической сушки в сравнении с термальной является то, что нет необходимости в дополнительном обеспечении энергией от материалов. Биологическая стабилизация не отличается принципиально от компостирования, однако, это чаще используется для ТБО. Преимущества биологической стабилизации:

- Сокращение объема и веса,

- Уменьшение содержания воды,
- Распад органических материалов
- Увеличение тепловой ценности отходов при сжигании.

3.3.4 Затраты

- Открытое компостирование

Инвестирование:

Инвестиции согласно следующих пунктов:

- Затраты на разработку местности: в зависимости от местных условий и планируемой мощности, поверх расходов на подготовку территории. Меньшая потребность в пространстве существенно сокращает данный вид расходов.
- Элементы строительства: 70 до 90 €/т*г
 - Затраты на покрытие территории компостирования колеблются 20-45 €/м²;
 - Затраты на строительство элементарной крыши колеблются 70-90 €/м²
- Оборудование машинами: 110 - 140 €/ т*г (с ценой за агрегат от 2,000 € и выше)

Эксплуатационные затраты:

- Ежедневная эксплуатация (потребление топлива/электричества, страхование и т.д.)
 - Минимальные расходы на эксплуатацию составляют 0.25 €/м³ в случае работы трактора, 0.40 €/м³ в случае использования грузовика
- Ремонт и обслуживание
- На каждый структурный элемент около 1% первоначальных вложений
- Машины и электроника: 3 - 4% первоначальных вложений
- Мобильное оборудование (напр., грузовик): 8 – 15% первоначальных вложений
- Персонал (в зависимости от местного рынка труда)

Возможная выручка:

- От продажи продуктов компостирования

Общие расходы:

- В рамках 40-110 €/ т
 - ◆ Компостирование биологических отходов в общем выливается в крупные расходы (50-110 €/т) в сравнении с зелеными отходами (30-50 €/т).

Маркетинговая информация

Установки:

Находятся по всему миру. В Германии более 70% из 600 установок для компостирования мощностью более 1,000 тонн в год используют ротерное компостирование.

Установленные производители:

Подходящее оборудование может быть поставлено несколькими поставщиками. Провайдерские фирмы:

Германия:

- БАКХУС Компости-технология ул. Вишенштрассе, 26 D-26188 Эдевехт
- Везер Инжиниринг ГмбХ, Кёнигштрассе 45, D-32547 Бад Ойнхаузен
- V&L, Кляйнешонбуцаллее 69 , D-63741 Ашаффенбург

Дания:

- Тим Инвайронмент Продактс А/С, Фабриксвей 13, ДК-6980 Тим

Швейцария:

- Бюлер АГ, Индуштриштрассе, СН-9240 Уцвиль

(Интекус 2004)

- Инкапсулированные системы компостирования

Инвестирование:

Затраты на разработку участка: в зависимости от местных условий и планируемой мощности, поверх расходов на подготовку участка. Меньшая потребность в площади значительно сократит расходы.

- Строительные элементы: 80 до 100 €/т*г
- Оборудование: машины: 110 - 140 €/ т*г

Эксплуатационные затраты:

- Ежедневная эксплуатация (потребление топлива/энергии, страхование и т.д.)
 - ◆ Ремонт и обслуживание
- Для каждого строительного элемента ок. 1% первоначальных вложений
- Машины и электроника: 3 - 4% от первоначальных вложений
- Мобильное оборудование: 8 – 15% от первоначальных вложений
 - ◆ Персонал (в зависимости от местного рынка труда)

Возможная выручка:

- ◆ От продажи продуктов компоста

Общие расходы:

- ◆ В диапазоне 40-110 € за тонну

*Маркетинговая информация*Установки:

Есть повсеместно в Европе и во всем мире. Из 600 установок, расположенных на территории Германии, мощностью более 1,000 т/год около 11% используют бокс или контейнер для компостирования, около 5 % используют трубу и 3% компостирование в барабане.

Установленные производители:

Подходящее оборудование поставляют различные фирмы, например:

Германия:

- Херхоф-Умвельттехник ГмбХ, Риманнштрассе 1, D-35606 Сольмс-Нидербиль
- Линде-КСА ГмбХ, Р.О.Вох 21 03 53, D-01265 Дрезден
- БАКХУС Компост-Технологи, Вишенштрассе. 26, D-26188 Эдевехт
- Бернх. Брунс ГмбХ, Индуштрштрассе 26, D-49744 Геесте Далум

Австрия:

- Тёни Индуштрибетрибе ГмбХ, Обермарктштрассе 48, А-6410 Тельфс,

Нидерланды:

- Панбо системз, Шууркенспад 7, NL-5986 PD Беринге

(Интекус 2004)

➤ Ферментация

Инвестирование

Табл. 7: **Инвестирование (евро/т на входе)**

Оценка установки	5,000 т/г	10,000 т/г	20,000 т/г	>50,000 т/г
Анаэробное компостирование осадков сточных вод (без предварительной механической обработки)	450-950	350-650	250-550	180-250

Эксплуатационные расходы:

Табл. 8: **Текущие расходы (евро/т)**

Оценка установки	10,000 т/г	20,000 т/г	30,000 т/г	50,000 т/г
Анаэробное компостирование осадков сточных вод (без предварительной механической обработки)	100-190	80-130	70-110	55-90

Возможная выручка

Эксплуатационные расходы могут окупиться, по меньшей мере, частично, выручкой от продажи произведенной энергии или продуктов компостирования. При хорошем прогнозе можно даже получить доход (Интекус 2004).

Общие расходы:

Табл. 9: **Общие расходы включая выручку за продажу электроэнергии (евро/т)**

Размер установки	5,000 т/г	10,000 т/г	20,000 т/г	>50,000 т/г
Анаэробное компостирование осадков сточных вод с продажей энергии (без предварительной механической обработки)	90-140	75-130	50-100	45-70

Маркетинговая информация

Установки:

Крупнейшие используются в Германии, Испании, Австрии, Бельгии, Италии, Франции, Дании, Нидерландах, а также в Португалии, Швеции и Великобритании.

Установленные производители

Германия:

- Линде-КСА ГмБХ, Дрезден,
- Наасе Энергитехник АГ Ноймюнстер,
- ВАЛОРГА Процесс, Ворблинген,
- Ноелль Абфаль-унд Энергитехник ГмБХ, Гослар
- Швартинг-Уде Фленсбург,
- ДСД Газ-унд Танканлагенбау, Берлин

Нидерланды:

- Гронтми Water & Waste Management Де Билт

Израиль:

- Эрроу Экологджи Лтд., Р.О.Вох 25175, Хайфа 31250

(Интекус 2004)

3.4 Процессы механической обработки

Обычно механическая обработка ТБО используется для процессов переработки, особенно для подготовки материалов к дальнейшей обработке.

3.4.1 Измельчение

Измельчение используется для получения мелких гранул. Тип используемой техники для измельчения зависит от:

- Физических характеристик сырья (напр., твердость, ломкость, способность к расщеплению),
- Преследуемая цель, напр., дальнейшая обработка или химическая реакция
- Требуемое качество конечного материала (напр., размер гранул)

(Билитевски 2000).

Измельчение может быть сделано в медленном или быстром темпе. Быстро: с помощью молотка и ударов измельчителя. Типичным измельчителем «медленного действия» является острый вал, который часто используется для измельчения ТБО или отдельно собранных органических отходов (Корд-Ландвер 2002).

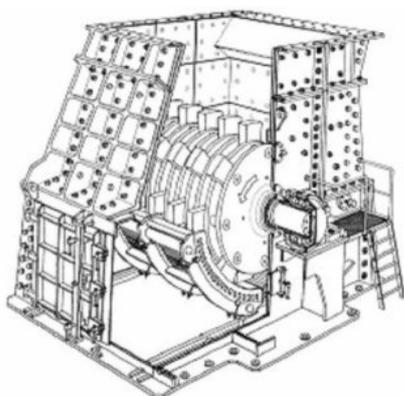


Рис. 30: молоток (<http://www.skf.com>)

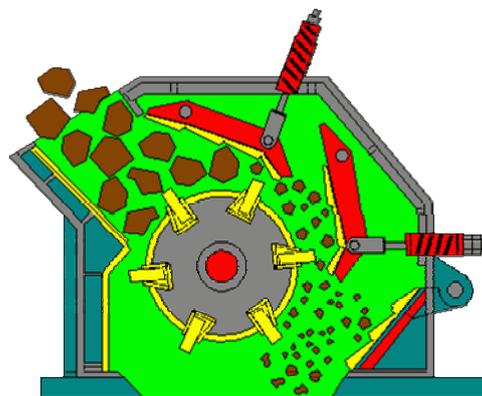


Рис. 31: внутренний измельчитель (www.hensel-lataster.nl)

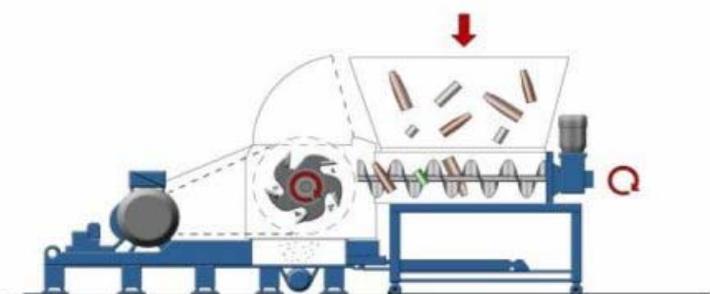


Рис. 32: острый вал (www.herbold.de)

3.4.2 Сортировка и экранирование

Наиболее эффективный метод сортировки для отделения материалов может быть произведен путем отдельного сбора. В этом случае, потребитель производит предварительную сортировку отходов. Следующие категории различают в Германии:

- Бумага,
- Стекло (сортировка по цвету),
- Легкая упаковка (включая металлы и пластик),
- Органические отходы
- Остаточные отходы

ТБО могут сортироваться на сортировочных установках; в настоящее время необходима строгая сортировка для дальнейшей обработки (напр., отделение металлов).

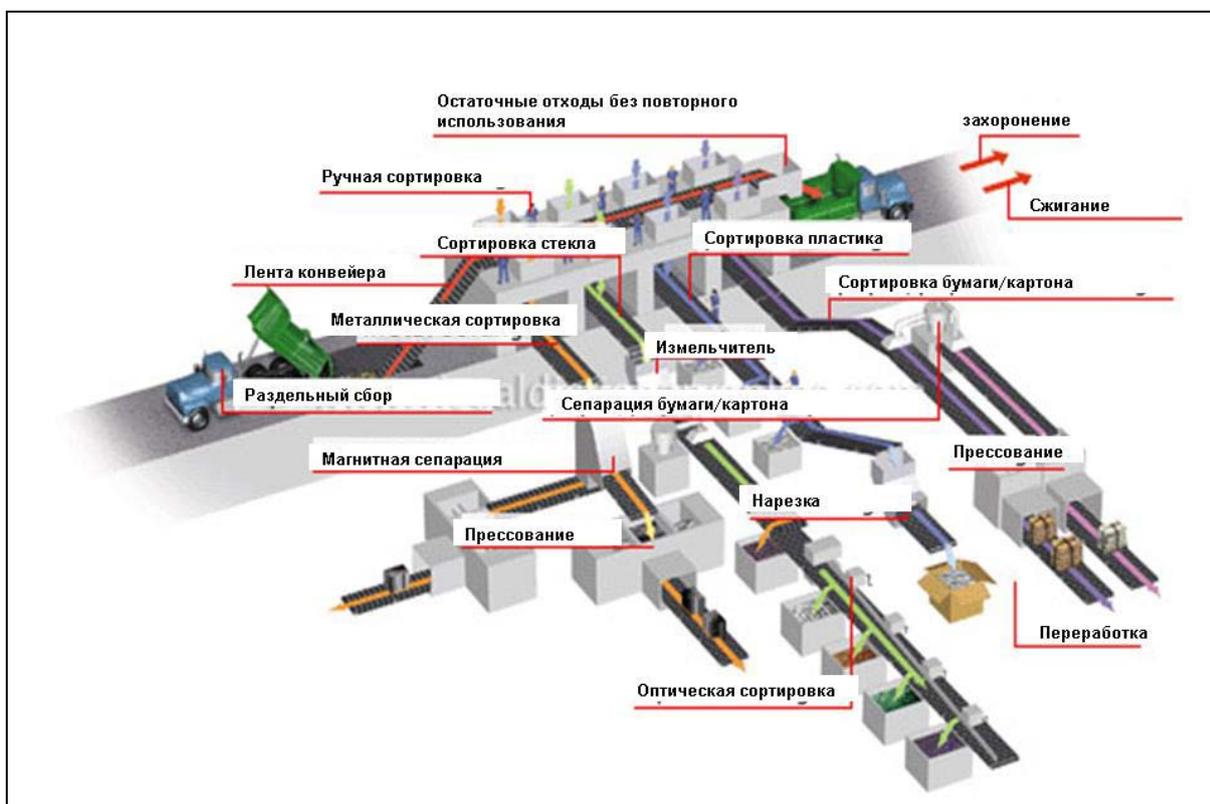


Рис. 33: сортировочная установка (<http://visual.merriam-webster.com>)

По Классификации материалы сортируются по размерам гранул. Классификация может быть сделана по принципам:

- Сеяние (сепарация через решето)
- Воздушная сепарация (отделение легких материалов, напр., пластиковых пластин),

- Флотация (в жидкости по плотности материала)

(Корд-Ландвер 2002)



Рис. 34: сеятельный барабан (compost.css.edu)

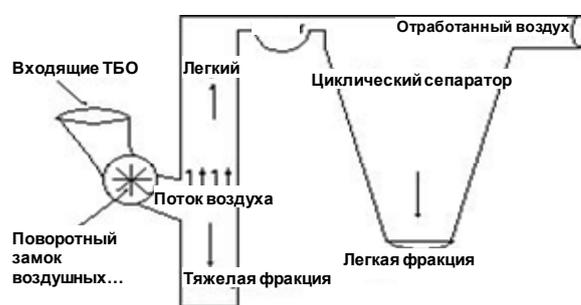


Рис. 35: воздушная классификация (compost.css.edu)

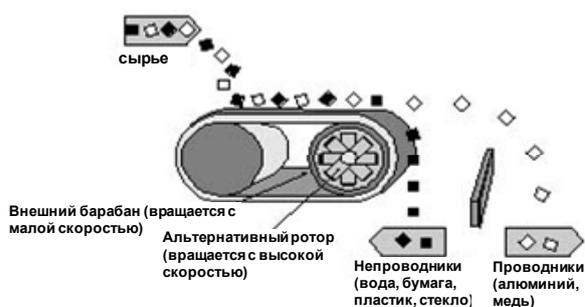


Рис. 36: сепаратор на вихревом токе (compost.css.edu)

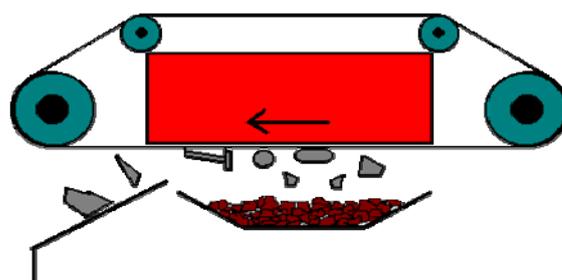


Рис. 37: электрический магнитный ремень (www.hensen-lataster.nl)

Различают 2 типа сортировки: негативная и позитивная. При негативной сортировке нежелательные материалы удаляются. Это имеет место быть, например, при выборе металлов из органических отходов для компостирования. При позитивной селекции «продукт» систематически выбирается. (Корд-Ландвер 2002).

Сортировка может быть проведена:

- вручную,
- с помощью магнитного сепаратора (сепарация черных металлов),
- сепарация на вихревом потоке (сепарация цветных металлов)
- оптическая сортировка (напр., сепарация стекла по цвету или различных типов пластика).
- Условия для переработки определенных материалов

Ниже перечислены методы определения условий для отдельно собранных материалов. Процесс обычно содержит механическую обработку для удаления мелкой

фракции и ненужных материалов (напр., минеральная субстанция, мелкие металлические частички и т.д.) и процессы сортировки. Целью сортировки материалов (напр., бумаги стекла и пластика) является получение пригодных для переработки материалов высокого качества (Интекус 2004).

Сортировка бумаги из отходов

Базовая конфигурация процесса сортировки макулатуры и ее обработка просты, требуют небольших затрат, мобильна, относительно надежна (низкий процент возможности ошибки), и не требует больших энергозатрат. Однако, пропускная способность относительно невелика (ок. 5 Мг/ч). Для установки средней мощности требуется примерно 5,000 м² (Интекус 2004).

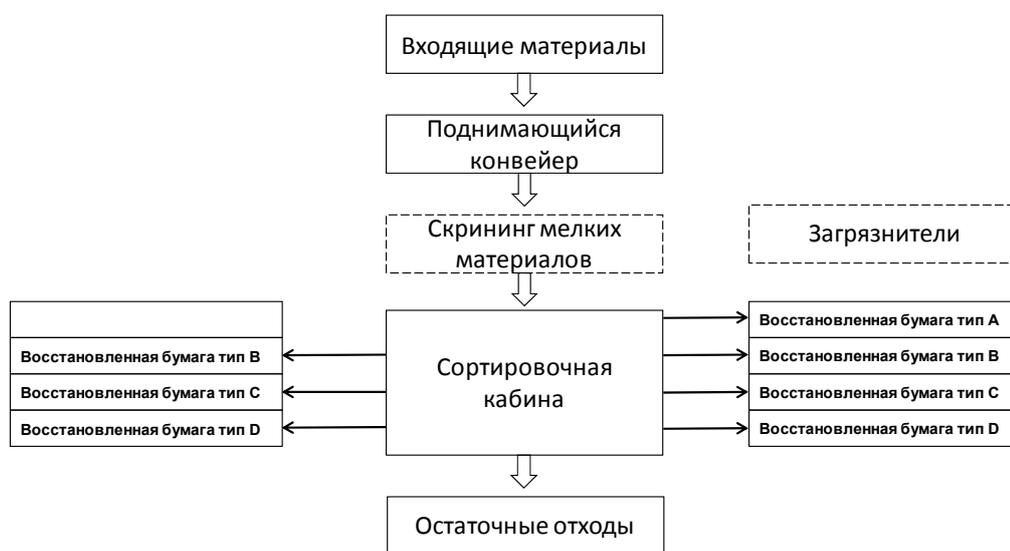


Рис. 38: базовая конфигурация про процесса обработки макулатуры (Интекус 2004)

Сортировка стекла

Сортировка стекла представляет собой автоматизированный процесс с высокой пропускной способностью и материалом на выходе хорошего качества. Базовая комплектация, включая помещения для хранения, требует площади до 8,000 м². Пропускная способность 1 линии обычно составляет 20 Мг/ч (Интекус 2004).

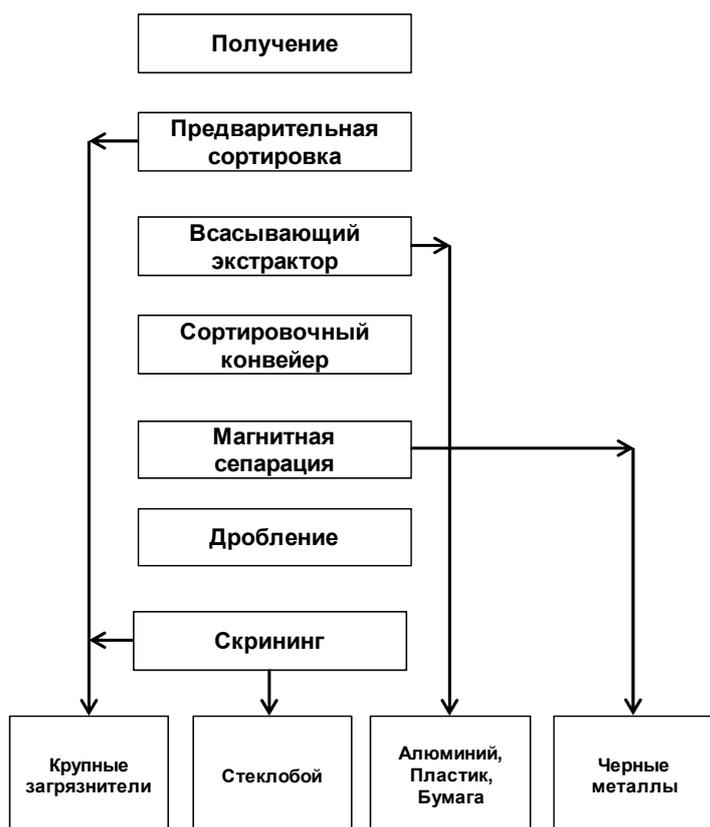


Рис. 39: базовая конфигурация процесса обработки стекла (Интекус 2004)

Сортировка упаковки (пластик и металлы)

Базовая конфигурация пригодного для переработки пластика стоит недорого, она также мобильна и надежна. Однако, в данном случае высока потребность в рабочей силе, а пропускная способность относительно низкая – ок.1Мг/ч. Для установки базовой комплектации необходима площадь ок.5,000 м² (Интекус 2004).

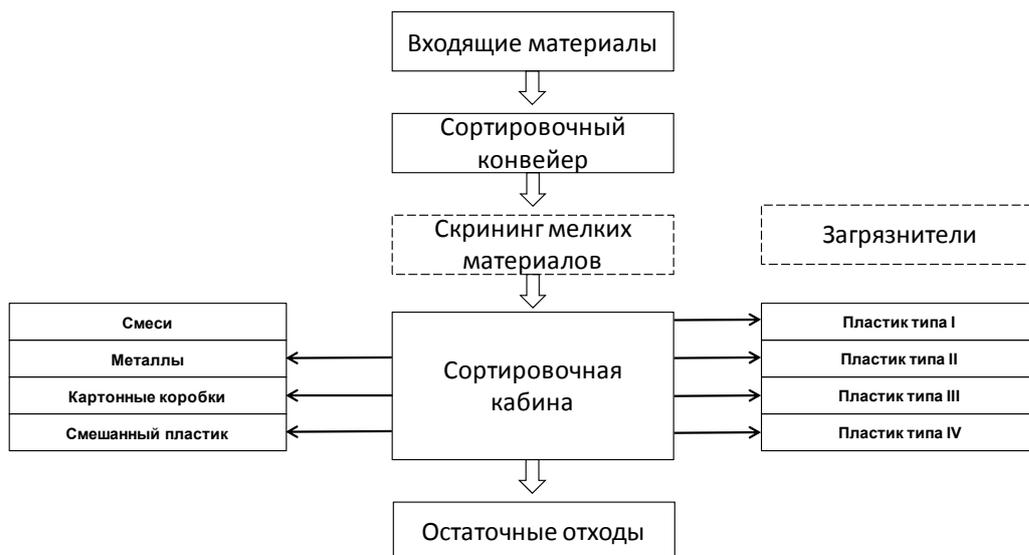


Рис. 40: базовая конфигурация установки для обработки стекла (Интекус 2004)

3.4.3 Затраты и маркетинговая ситуация

➤ Восстановление макулатуры (Базовая комплектация)

Инвестиции:

- ◆ В диапазоне 30,000–80,000 € при функционировании обычной линии обработки

Эксплуатационные затраты

- ◆ Средняя величина текущих расходов 15-20 €/Мг, из которых на ремонт и обслуживание уйдет около 2,000 – 5,000 €/г (6 % первоначальных вложений)

Возможная выручка:

В последнюю декаду рыночные цены на европейском рынке:

- ◆ Смешанная макулатура (1.02): 32.8 €/Мг
- ◆ Макулатура и картон из супермаркетов (1.04): 50.3 €/Мг
- ◆ Интенсивность удаления краски с бумаги (1.11): 71.3 €/Мг
- ◆ Газеты (2.01): 85.5 €/Мг

Общие расходы:

- ◆ Общие расходы - 15-20 €/Мг

Маркетинговая информация

Установленные производители

Практически все крупные провайдеры в сфере обращения с отходами используют установки для обработки макулатуры базовой конфигурации, например:

- RWE,
- Клинэуэй,
- SITA,
- Рэтман,
- Бекер

(Интекус 2004)

➤ Восстановление стекла

Инвестиции:

- ◆ Требуемые вложения: до 12,000,000 евро

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ремонт и обслуживание: ок. 5 % первоначальных вложений в год
- ◆ Персонал

Возможная выручка:

Доступная рыночная цена за сортированное стекло за последние годы:

- ◆ Прозрачное стекло: 20-35 €/Мг
- ◆ Зеленое стекло: 0- 5 €/Мг
- ◆ Коричневое стекло: 20-35 €/Мг

*Маркетинговая информация*Сноски:

Установки находятся по всей Европе и в мире. В Германии такие установки стоят в Вельтене и Грос Зэрхене.

Установленные производители:

Многие из крупных провайдеров производят обработку стекла таким способом. В Германии, например, АЛЬБА и Ренус (Интекус 2004).

➤ Восстановление пластика и металлов

Инвестиции:

- ◆ В ценовом диапазоне 50,000–150,000 € за линию в среднем

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Средняя величина текущих расходов составляет 150 - 300 €/Мг, включая захоронение остаточных отходов (цены в Германии).

Возможная выручка:

Фракции, полученные в результате сортировки и обработки, могут быть востребованы на рынке. Примеры цен приведены ниже:

- ◆ Черные металлы: ок. 145 €/Мг
- ◆ Пустотелая стена HDPE: 20-100 €/Мг

Обработка упаковочных материалов часто компенсируется по специальным финансовым схемам (таким как схема лицензирования Грин-дот) (Интекус 2004).

3.4.4 Физико-химические процессы обработки

Целью физико-химической обработки является в основном предварительная обработка опасных отходов и безвредная утилизация загрязнителей.

3.4.5 Нейтрализация

Нейтрализация чаще всего используется для жидких опасных отходов, таких как кислота. Однако, этот метод также подходит для обезвреживания остаточных отходов после сжигания ТБО.

3.4.6 Кристаллизация

Остатки сжигания, такие как зола, могут обрабатываться способом химической кристаллизации. Эти материалы состоят из таких минеральных соединений как диоксид кремния, карбонат кальция, гидроксид кальция, оксид железа(III), оксид алюминия, оксид кальция, соляная кислота, хлорид натрия, хлорид калия и некоторых видов тяжелых металлов, таких как свинец, кадмий, цинк, медь, хром, никель, ртуть. Химическая стабилизация золы позволяет снизить токсичность материала за счет связывания загрязняющих веществ с твердой структурой (Квина 2010). В процессе стабилизации можно использовать такие вещества как гидроокись, сульфид, силикат, карбонат, фосфат.

3.5 Комбинированные методы для обработки ТБО

3.5.1 МБО

Механо-биологическая обработка включает в себя комбинацию механических и биологических процессов, при которых происходит обработка смешанных остаточных отходов перед захоронением. Целью этих процессов является минимизация негативного влияния на окружающую среду и получение ценных материалов из отходов путем восстановления пригодных для переработки материалов, и, в некоторых случаях, производство энергии. Возможные комбинации процессов многочисленны, хотя всегда состоят из механических процессов (гл. 3.4) и биологических процессов (гл. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). С повышением стандартов защиты окружающей среды и требований к переработке были разработаны интегрированные системы для комбинации двух технологических этапов, включая контроль над неприятным запахом и эмиссиями в закрытом цикле. Они могут предложить мобильный подход к обращению с различными типами отходов, вследствие их высокой толерантности к вариативности состава отходов. Они могут функционировать без какой-либо дополнительной инфраструктуры для сбора отходов, что означает, они также подходят для несепарированных потоков отходов.

Механо-биологическая обработка направлена на:

- Механо-биологическая обработка отходов должна обеспечивать стабилизацию и сокращение потенциального риска при значительном уменьшении объема и веса отходов, а также разделение био-отходов перед размещением на полигоне, чтобы одновременно сокращать риск загрязнения окружающей среды

- Обработку отходов для производства отдельных потоков отходов и увеличение процента получения подходящих для дальнейшей обработки
- Восстановление пригодных для переработки материалов (напр., металлов).

Минимальная потребность в площади зависит от планируемой мощности, но дополнительная потребность в площади может быть очень мала, если обработка является частью обработки на полигоне, где это не превысит лишь потребность в турбине. Практически могут быть использованы данные, приведенные для компостирования и анаэробного гниения (Интекус 2004).

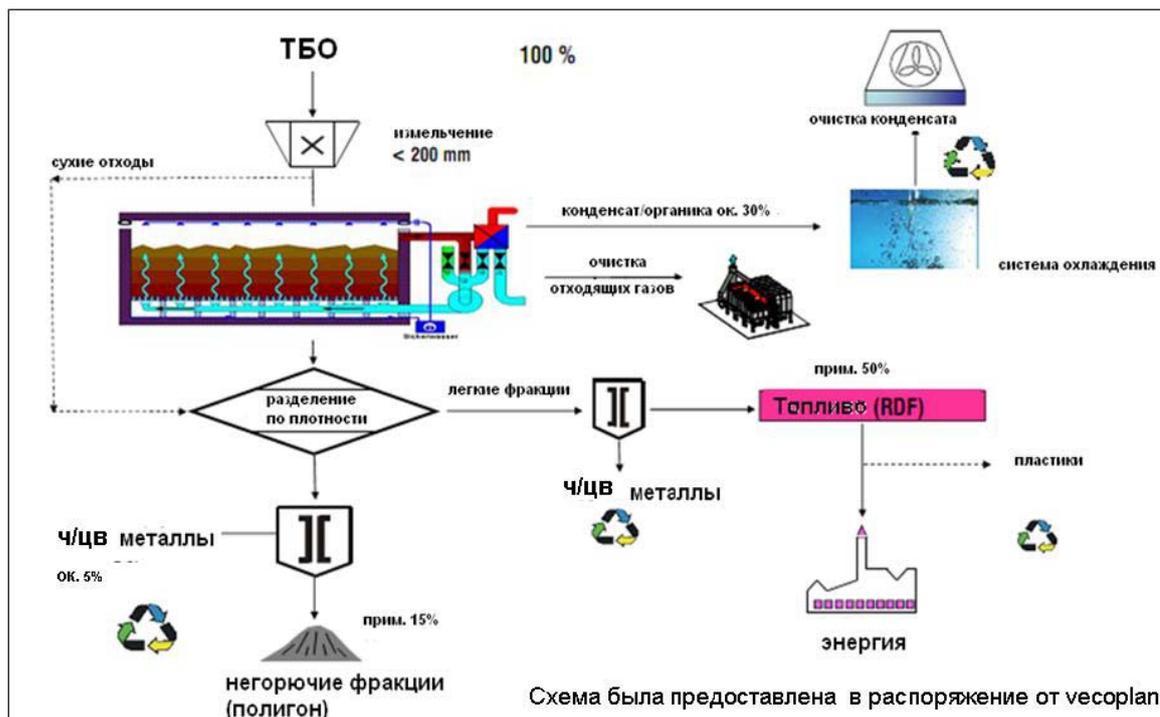


Рис. 41: МБО – схема

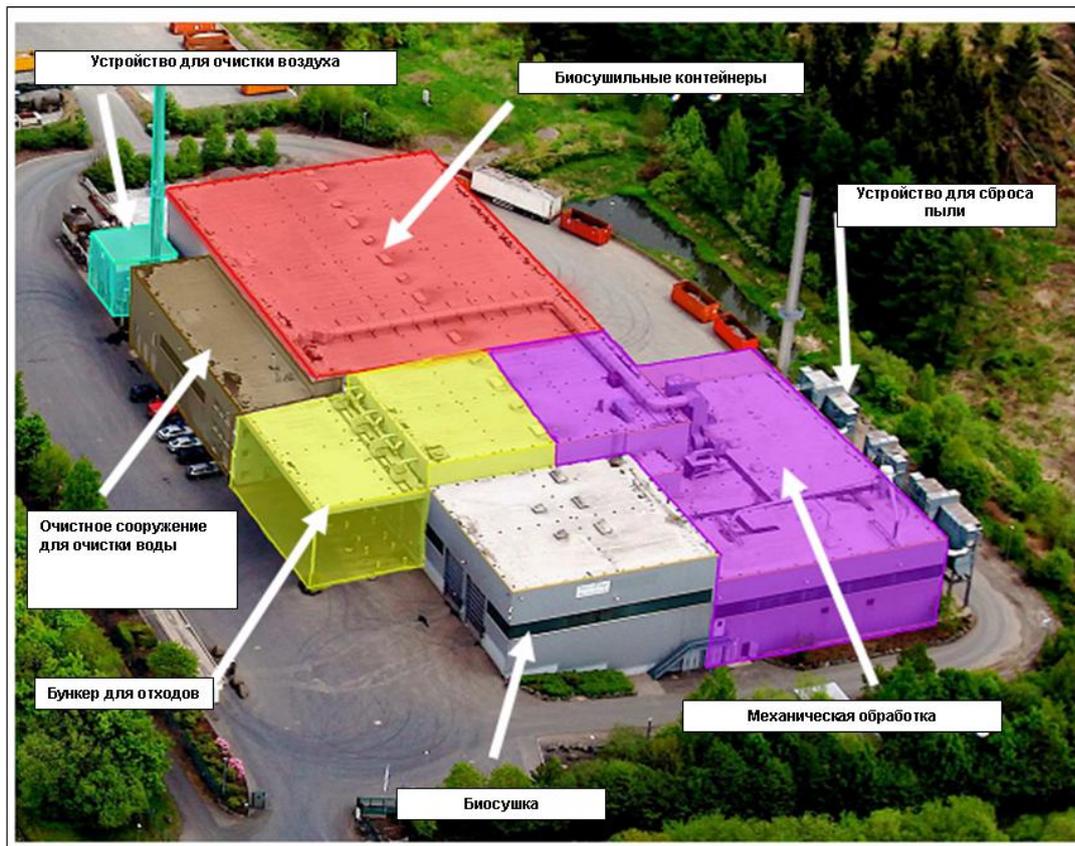


Рис. 42: МБО – установка



Рис. 43: альтернативное топливо



Рис. 44: Черные металлы



Рис. 45: цветные металлы



Рис. 46: Негорючие

3.5.2 Затраты и маркетинговая информация по МБУ

Инвестиции:

Инвестиции по следующим ключевым позициям:

Затраты на разработку участка: зависят от местных условий и планируемой мощности, дополнительные расходы на подготовку территории (затраты могут быть ниже, если обработка является частью операций на полигоне)

Оборудование:

Механический этап:

- ◆ Строительные элементы вкл.бункер для хранения: 40 €/т*г
- ◆ Стационарные машины: 20 - 80 €/ т*г
- ◆ Мобильное оборудование (транспорт): 5 - 10 €/ т*г

Биологический этап:

- ◆ Метод компостирования: строительные элементы: 70 - 90 €/т*г
Стационарные машины: 110 - 140 €/ т*г
- ◆ Анаэробное гниение: строительные элементы: 50 - 60 €/т*г
Стационарные машины: 130 - 180 €/ т*г

Приблизительные расчеты укомплектованной МБУ колеблются от 12 млн. евро за 50,000 тонн в год до 40 млн. € за 220,000 тонн.

Эксплуатационные расходы:

- ◆ Ежедневная эксплуатация (потребление топлива/электроэнергии и т.д.)
- ◆ Ремонт и обслуживание:
 - Для каждого структурного элемента ок. 1% первоначальных вложений
 - Машины и электроника: 3 - 4% первоначальных вложений
 - Мобильное оборудование (напр., грузовик): 8 – 15% первоначальных вложений
- ◆ Персонал (в зависимости от местного рынка труда)

Быстрое «изнашивание» остаточных отходов в процессе компостирования приводит к большим затратам на ремонт и обслуживание МБУ с анаэробным гниением, в сравнении с системами компостирования био-отходов (см. Табл. 10).

Табл. 10: текущие расходы и расходы на эксплуатацию

Затраты на ремонт в течение первых 5 лет (процент от вложений)	Машинное оборудование и электрика	Строительство
Анаэробное компостирование биоотходов	2-3	1

Возможная выручка:

Выручка возможна от продажи восстановленных материалов, в частности, металлов. Продажа альтернативного топлива доход не гарантирует.

Общие расходы:

В диапазоне 40-100 евро/тонна только для операций по обработке (за исключением возможной выручки и/или расходов на захоронение остаточных отходов и получения альтернативного топлива).

3.5.3 МФО – механо-физическая обработка

Механо-физическая обработка сочетает механическую (измельчение, экранирование и сепарацию металлов) и физическую стабилизацию (гл. 3.2.3 и 3.4). Целью данного метода является производство альтернативного топлива (Refuse Derived Fuel) стабильного качества для последующего сжигания.

Эта обработка является относительно новой и не подходит для всех типов отходов. Вопрос о годности топлива все еще остается открытым. Информация о технологии практически недоступна.



Рис. 47: процесс МБО (Альба 2004)



Рис. 48: альтернативное топливо после МФО (<http://www.alba.info>)

Сноски

- (Альба 2004) Современное состояние установок АЛЬБА, Форум Хохкалорик
- (Билитевски 2000) Билитевски, Б., Хэрдтле, Г., Марек, К.: Обращение с отходами- Пособие для практики и теории. Изд: Шпрингер (2000)
- (Бонту 1999) Бонту, Л.; 1999: Сжигание отходов в Европе: Источники и перспективы. Европейская комиссия – Единый исследовательский центр.
- (CEWER 2007) Конфедерация Европейских установок для производства энергии из отходов: технология производства энергии из отходов помогает достичь целей ЕС по возобновляемой энергии. Д. Элла Стенглер, CEWER управляющий директор, Йан Мандерс, CEWER вице-президент, Европейский Парламент Страсбург, 19 января 2010
- (Корд-Ландвер 2002) Ландвер, К.: Введение в обращение с отходами. Изд.: Тойбнер (2002)
- (ДГЕ 2009) Дирк Герлах, брошюра: Практика пиролизного компостирования www.dgengineering.de (Zugriff: 07.03.2012)
- (ФОЕ 2009) Друзья Земли, 2009: Брифинг: Пиролиз, газификация, плазма
- (ИФЕУ 2009) IFEU Хайдельберг, 2009: Обращение с отходами – Сжигание/Дополнительная обработка.
- (Интекус 2004) Интекус – Обращение с отходами и бережное отношение к окружающей среде. Пособие для практического внедрения системы обращения с отходами в Румынии
- (Крагтинг & Хоффманн 2002) Крагтинг, М. & Хоффманн, Е.: Термальная сушка остаточных фракций отходов с высокой тепловой ценностью с помощью барабанного сушильного устройства Ванденбрёка. В: Альтернативное топливо 2- Утилизация, контроль качества, техника, экономичность. Томе-Козьмински (Hrsg.) Изд.: ТК 2002
- Квина, М. Дж., Бордадо, Дж. С.М., Квинта-Феррейра, Р. М. (2010): Химическая стабилизация загрязнителей воздуха после сжигания ТБО. Журнал об опасных материалах 179 (2010) 382–392
- (ТУ Берлин 2009) Роттер, В.С.: Основы циклического использования и менеджмента отходов. Собрание презентаций к лекции.

(УБА 2009) Федеральное Министерство по охране окружающей среды и ядерной безопасности (БМУ): Экологически ценное использование стимулов биологических отходов для органов, ответственных за коммунальные услуги

(УБА 2011) Агентство по защите окружающей среды, собственная подборка доступных данных по состоянию на декабрь 2009 (без изменений по состоянию на 2011г.): список установок для термической обработки отходов с основным сырьем из отходов с решеточной системой

(WtERT 2009)<http://www.wtert.eu/default.asp?Menu=13&ShowDok=17>

(WtERT 2010) Исследовательский и технологический совет по получению энергии из отходов (<http://www.wtert.eu/default.asp?ShowDok=13>; Zugriff 06.03.2012)