

Й. Пеловски, И. Домбалов, Е. Тодорова
В. Кьосева, Е. Соколовски, П. Петров, Г. Казълджиев

методи

за третиране и оползотворяване на твърди битови отпадъци

Предотвратяване и намаляване

Повторна употреба

Рециклиране

Получаване на енергия

Депониране



Методи за третиране и оползотворяване на твърди битови отпадъци

Й. Пеловски, И. Домбалов, Е. Тодорова
В. Кьосева, Е. Соколовски, П. Петров, Г. Казълджиев



Методи

**за третиране и оползотворяване
на твърди битови отпадъци**



Август, 2007, София

Заглавие: **Методи за третиране и оползотворяване
на твърди битови отпадъци**

Автори: проф. д-р инж. Йончо Г. Пеловски
проф. д-р инж. Иван П. Домбалов
доц. д-р инж. Екатерина Ив. Тодорова
бак. ек. Ваня В. Кьосева
ас. инж. Евгени Ив. Соколовски
маг. ек. Петър Г. Петров
маг. ек. Гълъбин Ат. Казълджиев

Под научната редакция на: проф. д-р инж. Йончо Г. Пеловски
проф. д-р инж. Иван П. Домбалов

Рецензенти: проф. д-р инж. Димитър Ст. Шишков
проф. д-р инж. Стоян К. Стоянов

Предпечатна подготовка: „Есенес“ ЕООД

Издател: БНОЦЕООС

Издание: първо, септември, 2007 г.

Тираж: 1000

ISBN: 978-954-92114-1-2

Предговор

Настоящата книга е подготвена по поръчка на ръководството на Столична община (СО) с цел осигуряване на достатъчна информация за широката общественост относно съвременното състояние на методи, технологии, най-добри налични техники и практики за преработване на битовите отпадъци. Описани са различни технически решения, представени са силните и слаби страни и сравнителни данни за отделните направления при третирането на битовите отпадъци. Целта е нашата общественост да може да се запознае с различните техники и тяхното използване в различни страни и преди всичко в страните от Европейския съюз. Това е част от предвидените мерки и цели за изпълнение на Стратегията на Столична община за постигане на едно по-ефективно управление на битовите отпадъци не само в София, но и в страната.

Авторите на книгата се надяват, че предоставената информация ще спомогне за по-доброто разбиране на различните технологии и преодоляване на някои наслоили се вече неаргументирани предубеждения в нашето общество по отношение на част от технологиите. Целта ни е да могат реално да се видят силните и слабите страни на отделните технологии, конкретните ползи и негативни въздействия при тяхното реализиране и по този начин да се подпомогне и работата на експерти и ръководни кадри от различни институции, които ще имат отговорността да оценяват предлаганите технически решения в различните етапи на обсъждане и вземане на решение по време на предвидените от нормативните документи процедури. Надяваме се тя да бъде от полза и за членовете на различни неправителствени организации, учащи се и специалисти от различни нива, които биха искали да бъдат добре запознати в тази област.

Ще се радваме на всички критични бележки и предложения за допълнения, които авторите с удоволствие биха отразили при едно второ издание.

От авторите

Съдържание

I. Въведение	7
II. Количествена и качествена характеристика на генерираните в страната ТБО	14
1. Количествена характеристика на генерираните ТБО	14
2. Качествена характеристика на генерираните ТБО	15
3. Състояние на управлението на ТБО	21
III. Техники и технологии за третиране на ТБО	23
1. Подготовка за третиране	23
2. Енергия от отпадъци	23
3. Изгаряне	31
3.1. Общо изгаряне на сортирани или несортирани отпадъци	31
3.2. Метод на високотемпературно термично третиране	40
3.3. Технология „Масово изгаряне върху подвижна решетка“	45
3.4. Технология „Изгаряне чрез втечнено легло“	46
3.5. Интегрирана система на Kinsei Sangyo	48
3.6. Инсинератор на фирмата „MC2- Plibrico“	50
3.7. Инсинератор на фирмата „Envikraft“	52
4. Пиролиза	58
4.1. Основни процеси на пиролизата	58
4.2. Технология „Noval“	62
5. Газификация	68
5.1. Основни характеристики	68
5.2. Метод „АРЛИС“	69
5.3. Метод за газифициране „Brookes“ на фирмата „RRS Internacional“	71
6. Плазмени технологии	73
6.1. Техничко-технологични характеристики	73

6.2. Технология PACT (Plasma Arc Centrifugal Treatment)	78
6.3. Технология PLASCON (In-Flight Plasma Arc System).....	80
6.4. Технология STARTECH(Plasmaelectric Waste Converter)	82
6.5. Технология на фирмата „PyroGenesis“	83
6.6. Технология „PyroArc“	90
6.7. Плазмена газификация по метода на институт „Курчатов“ (Русия).....	99
7. Автоклавни (хидротермични) съоръжения	103
7.1. Същност и области на приложение.....	103
7.2. Технология на фирмата „Ecodas“	104
8. Микровълнови инсталации	105
8.1. Същност и области на приложение	105
8.2. Технология на фирмата „Meteka“	106
9. Биотехнологични методи.....	106
9.1. Обща характеристика.....	106
9.2. Компостиране.....	111
9.3. Преработване на битовите отпадъци по метода — „OXALOR PROCESS“ (OP)	119
9.4. Метод на фирмата „VOMM“	125
9.5. Метод на фирмата „Швартинг“.....	126
9.6. Метод на фирмата „Тьони“	127
9.7. Метод на фирмата „Биодегма“	128
9.8. Метод на фирмата „Херхоф“	128
9.9. Метод на фирмата „Хезе“	130
9.10. Метод на фирмата „Хорстман“	132
9.11. Метод на фирмата „Комптех/Фарвик“	132
9.12. Метод на фирмата „Лурги“	135
9.13. Метод на фирмата „M-U-T“	136
10. Преработване до горива	137
10.1. Същност и основания за получаване на горива	137
10.2. Метанова ферментация на органични отпадъци.....	138
10.3. Метод ВТА-process	141

10.4. Метод на фирмата „ALPHA KAT“	146
11. Депониране	151
11.1. Същност	151
11.2. Депонирането в България	162
IV. Сравнителна оценка на техники и технологии за третиране на ТБО	173
1. НДНТ за третиране на ТБО чрез инсинериране	173
1.1. Инсинерирането като метод за третиране на отпадъци	173
1.2. Общи изисквания на НДНТ „Инсинериране на различни видове отпадъци“	177
1.3. Специфични изисквания на НДНТ „Инсинериране на битови отпадъци“	186
1.4. Специфични изисквания на НДНТ „Инсинериране на предварително третирани или сортирани битови отпадъци“	193
1.5. Сравнителна оценка	194
2. Сравнителен анализ (SWOT анализ)	195
V. Обобщени изводи	209
VI. Списък на нормативните документи по управление на отпадъците	211
VII. Литература	214

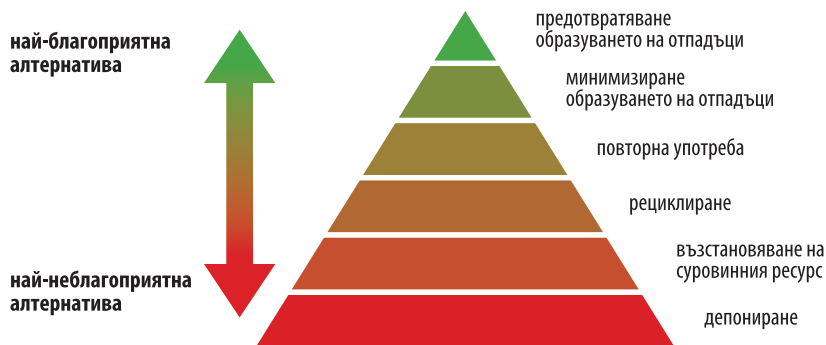
I. Въведение

Твърдите битови отпадъци са важен екологичен проблем за столичния град и за страната като цяло. Управлението им е сложен процес, който, ако не се осъществява правилно води до проблеми, произтичащи от замърсяването на основните компоненти на околната среда (въздух, води, почви) и чрез тях въздействия на качеството на живот на хората и развитието на екосистемите. През последните няколко години се очертава тенденция към намаляване на образуваните количества отпадъци, както за страната, така и за София. Годишното количество на натрупаните битови отпадъци за София представлява около 10% от общото количество за страната. Натрупването на битовите отпадъци, изразено чрез общата норма на натрупване (kg/жител/год) зависи от различни фактори и варира в широки граници за отделните страни от Европейския съюз. Системата за събиране и извозване на твърдите битови отпадъци, осъществявана от общински и частни фирми, обхваща цялата територия на столицата, но във вилните зони все още е незадоволителна. Обезвреждането на твърдите битови отпадъци се осъществява единствено чрез депониране.

Европейската йерархия (Фигура 1) при управление на отпадъците служи като обща насока и определя следните основни направления:

- ▶ Предотвратяване на образуването на отпадъци
- ▶ Минимизиране на количеството на образуването на отпадъци и особено намаляване на количествата на генерираните отпадъци с опасни свойства;
- ▶ Повторна употреба — използване на продукти и изделия или на части от тях отново за същите или други цели;
- ▶ Рециклиране — преработване на компоненти от отпадъците за производството на същия или различен продукт;
- ▶ Оползотворяване — извличане на полза от отпадъците чрез прилагане на специфични технологии като компостиране, получаване на енергия или прилагане на интегриран подход на третиране с цел реализиране на няколко ползи — възстановяване на суровинен и енергиен ресурс;
- ▶ Депониране — този начин на третиране следва да се прилага едва

когато са изчерпани другите възможности за третиране и за случая няма друго подходящо решение.



Фигура 1. Йерархия при управление на отпадъците

В България, чрез закона за управление на отпадъците, се регламентира следната йерархия за управлението на отпадъците:

- ▶ Приоритет 1 — предотвратяване на образуване на отпадъците;
- ▶ Приоритет 2 — оползотворяване на отпадъците, чрез рециклиране, повторно използване и/или извличане на вторични суровини и енергия;
- ▶ Приоритет 3 — окончателно обезвреждане, чрез депониране или изгаряне на тези отпадъци, за които е невъзможно да бъдат предотвратени и/или оползотворени.

Независимо, че в страната в последните години се активизираха конкретните действия във всички приоритетни направления, има определена необходимост от практически действия, за да могат да бъдат постигнати амбициозните цели за изпълнение на приетата Стратегия за опазване на околната среда. Ето защо настоящата книга има за цел да се представят различните направления и методи за третиране на битовите отпадъци с техните предимства и недостатъци. По този начин широката общественост ще може да се запознае със съвременните практики. Логично е на тази основа да може да се консолидира общественото мнение и да се постигне максимално обединяване около избора на съвременни общоприемливи техники и технологии, при които може да се осъществи екологосъобразно

третиране на битовите отпадъци в столицата и по възможност да се постигне устойчиво развитие на столицата в тази област.

Екологичната политика е базирана на принципа „Замърсителят плаща“. Съгласно този принцип, замърсителят трябва да прилага мерки за защита на околната среда и да поема съответните разходи, свързани с тези дейности. Мерките трябва да подпомагат намаляването на замърсяванията при източника и да предотвратяват проявяването на общи замърсяващи агенти и на други източници на замърсяване. От този принцип следва, че гражданите като замърсители ще понесат последствията от реализирането на избраните и прилагани методи и техники на третиране на битовите отпадъци.

По смисъла на Закона за управление на отпадъците „отпадък“ е вещество, предмет или част от предмет, от който притежателят се освобождава, възнамерява да се освободи, или е длъжен да се освободи и попада поне в една от следните категории:

- а) остатъци, получени в процеса на производството или след консумацията на продукти, които не са изброени по-долу — код Q1;
- б) продукти, неотговарящи на съответните стандарти — код Q2;
- в) продукти с изтекъл срок на годност или на максимална ефективност — код Q3;
- г) материали, които поради аварии, бедствия или други злополуки са били разлети, разпилени, изгубени или по друг начин са им причинени щети, увреждащи непоправимо първоначалните им качества, включително материали и оборудване, замърсени при злополука — код Q4;
- д) материали, замърсени вследствие на планирани действия (остатъци след операции по почистване, опаковки, съдове и други подобни) — код Q5;
- е) неизползваеми части (употребени батерии, изхабени катализатори и други подобни) — код Q6;
- ж) вещества, които повече не притежават необходимите качества и свойства и не могат да се използват по предназначение (замърсени киселини, замърсени разтворители, отработени охлаждащи соли и други подобни) — код Q7;
- з) остатъци от промишлени дейности (шлаки, утайки от дестилация

- и други подобни) — код Q8;
- и) остатъци от пречиствателни дейности (утайки от скрубери, прах от ръкавни филтри, отработени филтри и други подобни) — код Q9;
- к) остатъци от режещи и полиращи машини (стружки, нагари и други подобни) — код Q10;
- л) остатъци от добива и обогатяването на суровини (остатъци от минната промишленост, отпадъчни нефтопродукти и други подобни) — код Q11;
- м) примесени с вредни вещества материали (масла, замърсени с полихлорирани бифенили и други подобни) — код Q12;
- н) всички материали, вещества или продукти, чието използване е забранено със закон — код Q13;
- о) продукти, за които притежателят не намира по-нататъшна употреба (ненужни вещи от селското стопанство, бита, търговията, канцелариите, магазините и други подобни) — код Q14;
- п) замърсени материали, вещества или продукти, получени в резултат на дейности по възстановяване на земната повърхност — код Q15;
- р) други материали, вещества или продукти, които не са включени в категориите по букви „а“–„п“, от които притежателят им се освобождава, възнамерява да се освободи или е длъжен да се освободи — код Q16.

„Битови отпадъци“ са отпадъците, които се получават в резултат на жизнената дейност на хората по домовете, в административни, социални и обществени сгради. Към тях се приравняват и отпадъци от търговски обекти и съпътстващи производството занаятчийски дейности, обекти за отдих и забавления, когато нямат характер на опасни отпадъци и в същото време тяхното количество или състав няма да попречи на третирането им съвместно с битовите.

„Производствени отпадъци“ са отпадъците, образувани в резултат на промишлената дейност на физическите и юридическите лица.

„Опасни отпадъци“ са отпадъците, чийто състав, количество и свойства създават риск за човешкото здраве и околната среда, при-

тежават едно или повече свойства, които ги определят като опасни, и/или съдържат компоненти, които ги превръщат в опасни и/или са определени като такива според Базелската конвенция за контрол на трансграничното движение на опасни отпадъци и тяхното обезвреждане.

„Строителни отпадъци“ са отпадъците, получени в резултат на строителната дейност на строителни площадки, както и отпадъци от разрушаване или реконструкция на сгради и съоръжения.

„Третиране на отпадъците“ е събирането, съхранението, оползотворяването или обезвреждането на отпадъците и всички междинни операции, както и повторното им използване, рециклиране и възстановяване или производство на енергия и материали от отпадъци.

„Обезвреждане на отпадъците“ е всяка от следните операции, обозначена със съответния код:

- а) депониране (наземно или подземно) — код D1;
- б) обработване на замърсени земя и почви (например биоразграждане на течности или утайки в почви) — код D2;
- в) дълбочинно инжектиране (например инжектиране на отпадъци в кладенци, солни находища и естествени хранилища, които могат да бъдат изпомпвани) — код D3;
- г) повърхностни заграждения (например съхраняване на течни отпадъци или утайки в изкопи, хвостохранилища, лагуни и други подобни съоръжения) — код D4;
- д) специално проектирани депа (например депониране в отделни клетки, които са запечатани и изолирани помежду си и от околната среда) — код D5;
- е) изхвърляне на отпадъци във водни обекти, с изключение на морета/океани — код D6;
- ж) изхвърляне на отпадъци в морета и океани, в т. ч. инжектиране под морското дъно — код D7;
- з) биологично третиране, непосочено на друго място, при което се образуват крайни съединения или смеси, които се обезвреждат по някоя от операциите по букви „а“–„м“ — код D8;
- и) физико-химично третиране, неупоменато в друга операция по обезвреждане (например изпарение, сушене, калциниране, ми-

кровълнова обработка и други, при което се получават съединения или смеси, които се обезвреждат по която и да е от операциите по букви „а“–„м“ — код D9;

- к) наземно изгаряне (инсинерация) — код D10;
- л) изгаряне в море — код D11;
- м) постоянно съхраняване (например съхраняване в контейнери в мини и други) — код D12;
- н) смесване преди предаване за обезвреждането им по някоя от операциите по букви „а“–„м“ — код D13;
- о) препакетиране преди предаването им за обезвреждане по която и да е от операциите по букви „а“–„н“ — код D14;
- п) съхраняване до извършване на която и да е от операциите по обезвреждане от букви „а“–„о“, освен временното съхраняване до събирането на отпадъците от мястото на образуването им — код D15.

„Рециклиране на отпадъците“ е дейност за възстановяване или възобновяване на суровинните им свойства.

„Преработване на отпадъци“ е дейност, която променя състава или състава на отпадъците, като ги превръща в суровини за производство на крайни продукти или в крайни продукти.

„Депониране на отпадъци“ е метод, при който не се предвижда последващо третиране на отпадъците и представлява складиране на отпадъци за срок, по-дълъг от три години — за отпадъци, предназначени за оползотворяване, и една година — за отпадъци, предназначени за обезвреждане, по начин, който не представлява опасност за човешкото здраве и околната среда.

Чрез закона се вменят задължения, както към лицата, които генерират отпадъци, така и към лицата, които ги третират. Някои от тези задължения са както следва:

► **предотвратяване или намаляване на количеството и опасните свойства на образуваните отпадъци чрез:**

- а) разработване и прилагане на съвременни екологосъобразни технологии, които пестят използването на първични природни ресурси;
- б) техническо разработване и пускане на пазара на продукти, про-

ектирани така, че тяхното производство, употреба и обезвреждане да не увеличават количествата или опасните свойства на отпадъците и рисковете от замърсяване с тях или това въздействие да бъде максимално ограничено;

в) разработване на подходящи методи за крайно обезвреждане на опасните вещества, съдържащи се в отпадъците, предназначени за оползотворяване;

- ▶ **рециклиране, повторно използване и/или извличане на вторични суровини и енергия от отпадъците, чието образуване не може да се предотврати;**
- ▶ **обезвреждане на отпадъците при невъзможност за тяхното предотвратяване, намаляване и/или оползотворяване.**

Притежателите на отпадъци ги предоставят за събиране, транспортиране, оползотворяване или обезвреждане на лица, които имат право да извършват съответните дейности, или ги оползотворяват и/или обезвреждат сами в съответствие с изискванията на закона. Забранени са изоставяне, нерегламентирано изхвърляне и изгаряне или друга форма на неконтролирано обезвреждане на отпадъците.

Чрез наредбите (виж приложението с нормативните документи) издадени въз основа на този закон са конкретизирани всички изисквания, свързани с управлението на отпадъците.

II. Количествена и качествена характеристика на генерираните в страната ТБО

1. Количествена характеристика на генерираните ТБО

Основните фактори, определящи количествата на образуваните отпадъци за бъдещи периоди, са очакваният брой на населението и нормата на натрупване. В Таблица 1 са представени данни за генерираните, събрани и депонирани отпадъци, както и нормата на натрупване за периода 2000–2004 г., а в Таблица 2 е дадена прогноза за нарастване на населението.

Таблица 1. Количество образувани, събрани и депонирани ТБО в Р.България

Показател	Мярка	Години				Средна величина
		2001	2002	2003	2004	
Битови отпадъци	kt	4 003	3 945	3 916	3 673	3 884
Производствени отпадъци	kt	8 184	8 010	9 113	10 462	8 942
Опасни отпадъци	kt	756	611	626	526	630
Общо образувани отпадъци	kt	12 943	12 566	13 655	14 661	13 456
Общо събрано количество битови отпадъци	kt	3211	3199	3209	3 092	3207
Норма на натрупване на ТБО	kt	505	503	502	472	500
Депонирани битови отпадъци	kt	3318	3211	3199	3209	3092
Депонирани строителни отпадъци	kt	651	650	600	773	732
Депонирани производствени неопасни отпадъци	kt	7558	7451	7225	8212	7511
Депонирани опасни отпадъци	kt	478	517	346	296	316

Източник: НСИ и ИАОС

Съгласно прогнозата за демографското развитие, направена в Общия устройствен план (ОУП) на гр. София, вариантите за броя на населението по години, са както следва (Таблица 2):

Таблица 2. Прогнозен брой на населението на София по години

Варианти	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
I вариант (нисък)	1191038	1204336	1213495	1209039	1193314
II вариант (среден)	1199038	1237336	1271495	1287039	1286314
III вариант (висок)	1207083	1265336	1329495	1365039	1379314

Максималният брой на средно дневния контингент от временно пребиваващи на територията на СО се определя по експертна оцен-

ка от 100–120 хиляди човека. При приемане прогнозата по III-и (висок) вариант, населението на СО през 2020 г. ще възлезе на 1 379 314 души. Съгласно приетият закон за устройството и застрояването на СО (ДВ, бр. 106/27.12.2006) се приема като оразмерително за 2020 г. — население от 1 300 000 души, от които 1 150 000 в компакния град. По отношение нормата на натрупване на твърди битови отпадъци (ТБО) за СО, проведените по различни поводи и в различни периоди епизодични изследвания, както и от статистиката (Таблица 3), показват следните данни за генерираните ТБО:

Таблица 3. Генерирани ТБО

Източник на информация	Норма на натрупване kg/cap/y	Плътност kg/m ³	Количество отпадъци от гр. София — kt/y
„Чистота — Искър ЕООД“ — 2000 г.	259	-	307
Столична община-1992 г.	342	198	405
ЛСА (Япония) -1993-1994 г.	307	192	363
ПОВИК-1998 г.	130	-	154
НСИ — 1997 г.	300	-	357

От проучване, извършено по поръчка на Министерството на околната среда и водите (МОСВ) през четирите сезона на 2001 г., в рамките на Проект за оптимизиране на системите за събиране и транспортиране на отпадъците в различни региони на страната, са установени норми на натрупване и обемно тегло на събираните в страната отпадъци, в зависимост от броя на жителите в населените места в страната (Таблицы 4 и 5).

Таблица 4. Норма на натрупване и обемно тегло през 2001 г.

Показател	Мярка	Брой на жителите на населеното място			
		До 3000	От 3000 до 25000	От 25000 до 1000000	Над 1 000 000
Норма на натрупване	kg/cap/day	0,40-0,50	0,90-1,00	1,05-1,15	1,15-1,25
	kg/cap/day	150-180	330-365	380-420	420-455
	m ³ /cap/day	1,05-1,45	2,30-2,85	3,10-3,85	3,95-5,00
	m ³ /cap/day	0,40-0,55	0,85-1,05	1,15-1,40	1,45-1,80
Обемно тегло	kg/m ³	340-380	350-390	300-340	250-290

Източник: Ръководство за определяне броя и вида на необходимите съдове и техника за събиране и транспортиране на отпадъци, МОСВ'2004 г.

Независимо от различията в базата данни би могло да се приеме, че очакваните количества твърди битови отпадъци, генерирани от СО през 2010 г. ще възлизат на 560 000 t, а през 2020 г. — на 593 000

t. Ако се приемат нормите на образуване на твърди битови отпадъци в страните с развита икономика (Япония, Швеция и др.), където за оразмерител се приема, че количеството на образуваните отпадъци е 1 kg/cap/day, следва да се очаква, че през 2010 г. генерираните отпадъци от Столична община (СО) ще възлизат на 455 700 t, а през 2020 г. — на 463 000 t. При тази прогноза за очакваното количество генерирани отпадъци (450 000–500 000 t/y) дневното натрупване от 1230–1400 t определя избора на капацитета на инсталациите за третиране на битовите отпадъци в столицата.

Таблица 5. Образувани ТБО и норма на натрупване за РБългария

Година	Общо	Норма на натрупване	Население
	Тонове	kg/cap/y	
1989	8 428 000	973	8 994 000
1990	8 022 000	892	8 669 000
1991	8 503 000	947	8 595 000
1992	8 067 000	945	8 485 000
1993	7 357 000	870	8 460 000
1994	6 052 000	718	8 427 000
1995	4 495 000	508	8 400 000
1997	4 031 000	483	8 341 000
1998	3 628 000	436	8 283 000
2000	3 318 000	518	8 149 468
2001	3 211 000	505	7 891 095
2002	3 199 000	503	7 845 841
2003	3 209 000	502	7 801 273
2004	3 092 000	472	7 761 049
2005	3 237 000	505	7 718 750

Източник: Национална програма за управление на дейностите по отпадъците (НПУДО, 1998)

2. Качествена характеристика на генерираните ТБО

Въз основа на проведените след 2000 г. експерименти в СО за разделно събиране на полезните компоненти от битовите отпадъци, са установени няколко тенденции:

- ▶ бавно увеличение на населението;
- ▶ увеличение на генерираните количества на глава от населението;
- ▶ промени в съотношението на различните компоненти.

Тези тенденции са в основата на прогнозирането на състава на ТБО в столицата, като се има предвид, че:

- ▶ хартията, картонът, пластмасите, текстилът, кожата и дървото ще

отбелязват тенденция към нарастване, като това нарастване ще е по-значително при хартията и пластмасите;

- ▶ стъклото (понастоящем с най-голям относителен дял) в бъдеще ще намалява;
- ▶ цветните и черните метали ще запазят известна стабилност, но увеличаването им в малограмажните опаковки ще води до бавно увеличение;
- ▶ органичните (хранителните и градинските) отпадъци, инертните и неидентифицираните ще намаляват.

Тези компоненти на битовите отпадъци могат да се оценяват като ценни вторични ресурси за преработване и оползотворяване като суровини и енергия.

Хартия. Произведената и внесена в страната хартия през 2000 г. е около 25 kg/сар. За град София се приема, че е ползвана около 50 kg/сар хартия, 90% от която се превръща в отпадък. Това е 17,8% от годишно образуваните отпадъци. Около 25000–30000 t/y са събрани директно от изкупвателните пунктове за вторични суровини и те не попадат в общия поток отпадъци. Останалите 7,9% (2000 г.) представляват дела на хартията в общото количество депонирани отпадъци. През 2010 г. се предвижда потреблението на хартия да достигне 110–120 kg/сар за София или 12,7% от битовите отпадъци.

Стъкло. При базовата година (2000 г.) делът на стъклото е 12%, което се обяснява с ликвидирането на мрежата за масово изкупуване на стъклен амбалаж. Изкупува се само оборотен амбалаж, но не и стъклени трошки. С постепенното повишаване на повторната употреба и подобряване на събирането и изкупуването на стъклени изделия, този компонент се предвижда през 2010 г. да намалее поне до 9,2%.

Полимери. През 2000 г. са произведени и внесени около 100 хил. t полимери, 95% от които се превръщат в отпадъци — предварително за рециклиране се събират само около 3–5 kt/y. За България тези отпадъци са средно 11,9 kg/сар/y. Във всички случаи за София тази норма е по-висока. През 2010 г. се очаква да се достигне производството от 1989 г. (около 300 kt), което ще определи по-голям относителен дял (около 10,9%) на полимерните отпадъци.

Текстил, дърво и кожа. Съставляват около 5–6% от общия поток на отпадъците с тенденция за бавно нарастване.

Хранителни отпадъци. При тях са регистрирани противоречиви тенденции. От една страна, този вид отпадъци би следвало да намаляват в следствие увеличаване употребата на полуфабрикати и готови изделия. От друга страна, с увеличаване консумацията на хранителни продукти е логично да нараства и количеството на хранителните отпадъци. Все пак преобладава мнението, че относителният им дял намалява.

Очакваните последиствия от посочените тенденции за останалите характеристики на отпадъците като цяло се очаква да са следните:

- ▶ намаляние на влажността, дължаща се предимно на хранителните отпадъци;
- ▶ увеличение на долния топлинен капацитет (калоричност), дължащ се на увеличението на горимите компоненти (хартия, пластмаса, кожа, дърво и текстил), съпроводено с намаляние на органичните материи с ниска калоричност. Това ще е валидно докато не се реализира ефективна система за разделно събиране на рециклируеми компоненти (предимно хартия, картон и пластмаси);
- ▶ намаляване на плътността, дължащо се от една страна на увеличение на леките материали (хартия, пластмаси, стиропор, дърво и др.) и от друга — на намаляние на по-тежките (предимно органични отпадъци).

В Таблица 6 е даден морфологичният състав на отпадъците от изследването през 2001 г., както и прогнозата за 2005, 2010 и 2020 г.

Таблица 6. Прогнозен морфологичен състав на отпадъците по години

№	Морфологичен състав (mass per cent)	Години			
		2000	2005	2010	2020
1.	Хартия и картони	7.9	10.3	12.7	19.5
2.	Полимери	6.8	8.8	10.9	12.1
3.	Съкло	12.0	10.3	9.2	8.0
4.	Метали	1.5	1.8	2.3	3.0
5.	Текстил	1.5	1.7	2.1	2.2
6.	Дърво	1.0	1.2	1.5	1.7
7.	Кожа, гума	1.0	1.1	1.3	1.4
8.	Хранителни и кухненски отпадъци	35.0	33.0	30.0	28.0
9.	Ситни органични съставки	24.0	23.2	22.5	18.2
10.	Сгурия, пясък, пръст	4.6	4.1	3.2	2.2
11.	Неидентифицирани	4.7	4.5	4.3	3.7

Източник: Програма за управление на дейностите по отпадъците на територията на Столична община

Общата влажност на отпадъците варира в много широки граници. Проведените до този момент специализирани проучвания дават основание за прогнозиране на следните стойности: 2000 г. — 43%; 2005 г. — 42%; 2010 г. — 41,2%; 2020 г. — 40%. На основа на очакваните изменения в морфологичния състав и обща влажност на битовите отпадъци в столицата се очаква нарастване и на средната калоричност на битовите отпадъци.

В таблици 7–9 са представени данни за съставлящите компоненти на битовите отпадъци в София и определените калоричности на компонентите. Тези данни дават обща представа за тези два показателя. Извършваното понастоящем мащабно проучване на морфологичния състав на битовите отпадъци на СО ще даде по-точна представа за състоянието им към момента.

Таблица 7. Морфология на отпадъците при 1 500 t/day
(по данни на Столична община към 15.03.2005 г.)

Отпадъци	% от общата маса	t/day	kJ/kg
Хартия	23,9	358,5	15,814
Текстил	11,0	165,0	17,445
Пластмаса	5,9	88,5	32,800
Гуми и кожа	2,1	31,5	25,330
Дървесина	3,0	45,0	15,445
Биологично разлагащи се	25,1	376,5	5,350
Животински продукти	2,4	36,0	4,000
Метали	1,9	28,5	-544
Стъкло	14,1	211,5	-628
Пясъци и земя (почва)	2,9	43,5	-812
Пепел до 5 mm	2,4	36,0	-9
Пепел над 5 mm	1,4	21,0	-9
Неидентифицирани	3,8	57,0	неизвестно
Общо	100,0	1 500	10,337

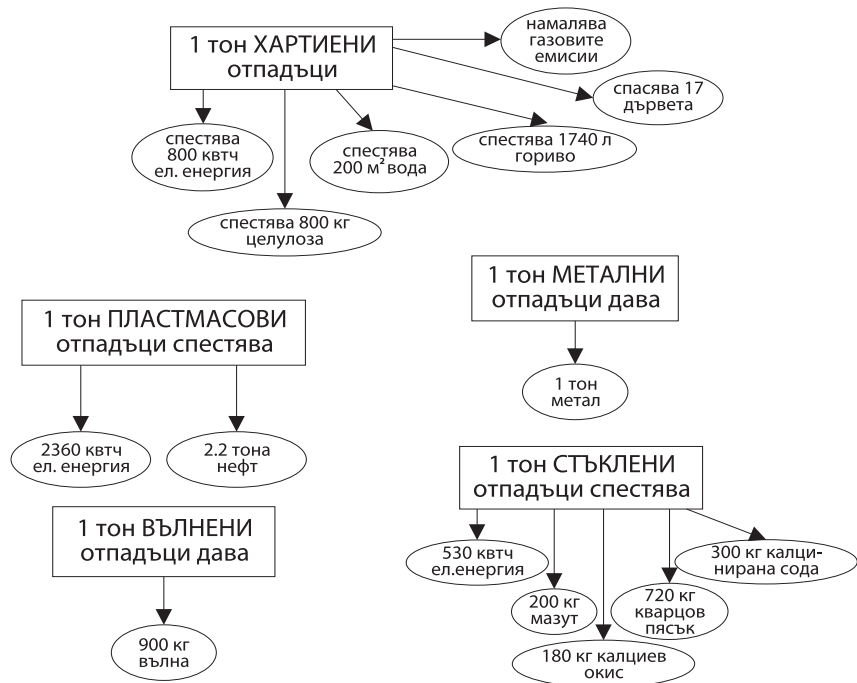
Таблица 8. Морфологичен състав на битовите отпадъци
в страната, 1998 г. (НПУДО), в %

№	Материал	По експертна оценка	По експеримент
1	Хартия и картон	4,0	8,5
2	Пластмаси	1,6	3,1
3	Стъкло	1,8	14,3
4	Метали	4,6	0,7
5	Текстил	1,8	1,3
6	Гума и кожа	0,8	0,24
7	Други	65,4	72,0

Таблица 9. Очаквани количества на рециклируемите материали в потока от битови отпадъци за периода 2000-2007 г. при норма на натрупване 130-150 kg/cap/y (НПУДО)

Компонент	Количество на 1 жител	Количество общо
	kg/cap/y	t/y
Хартия и картон	11-26	92 000-213 000
Пластмаси	4-9	33 000-75 000
Съкло	19-43	155 000-318 000
Метали	1-2	8 000-18 000
Текстил	2-4	14 000-33 000
Кожа и гума	0,3-0,7	2 500-6 000
Общо		305 000-705 000

Световната практика показва, че при разумно управление на отпадъците чрез нормативни, икономически и комуникативни инструменти е възможно постигането на икономическата ефективност и опазване на околната среда. Фигура 2 демонстрира ползите от рециклирането и преработването на някои от компонентите.



Фигура 2. Примерна схема на ползите при рециклирането на някои компоненти на ТБО

3. Състояние на управлението на ТБО

Нарастването на населението на планетата и постоянното повишаване на потреблението превърнаха проблема с битовите отпадъци в глобален. От населените места през 1995 г. у нас са образувани 4.5 Mt твърди битови отпадъци. До 2005 г. генерираните отпадъци в страната нарастват 1,8 пъти спрямо 1985 г.

Използваните в миналото практики за смесено депониране на всички компоненти на битовите отпадъци не удовлетворяват съвременните изисквания, защото това не спира процесите на разлагане на биоразградимите компоненти и на извличане на разтворимите компоненти с инфилтратата от депата. Това определя опасността от замърсяване на въздушния басейн с различни замърсители, включително и парникови газове и опасността от замърсяване на повърхностните и подземни води. Освен повърхностен замърсител на градската среда и извънградските територии, отпадъците се явяват източник за замърсяване и на почвата в местата на тяхното депониране. Патогенните микроорганизми в отпадъците са жизнеспособни за относително дълъг период от време, поради което те са носители на много инфекциозни заболявания. В проби, взети от депа за битови отпадъци се откриват яйца на хелминти, което свидетелства за епидемиологична опасност. Освен това, в местата на натрупване, при ограничен достъп на въздух се развиват процеси на гниене с отделяне на вредни газове: сярководород, амониак, метан, въглеродни оксиди и други. Запалването на отпадъци по сметищата води до замърсяване на атмосферата с прах, вредни ароматни съединения, оксиди на азота и сярата и устойчиви органични замърсители (УОЗ). Проблемът се задълбочава при смесеното депониране на битови, опасни и производствени отпадъци.

От друга страна, както в глобален мащаб така и в страните от Европейския съюз (ЕС), нараства дефицитът на суровинни и енергийни ресурси. Именно това наложи преоценка на политиката при управление на отпадъците и доведе до бързо развитие на технологиите за използване на компонентите на битовите отпадъци като суровинен и енергиен ресурс.

Генерираните битови отпадъци в последните двадесет години нарастват с устойчив темп, а прилаганите техники досега са основно депониране. Сепарирането по домовете или в централизирани мо-

дерни инсталации е все още далеч от желаното и вече постигнато в някои водещи страни. Специфичната топлина на изгаряне на софийските отпадъци в сравнение с тази в западноевропейските страни е по-ниска, което се обяснява с по-малкото съдържание на хартия и пластмаса и наличието на повече градински, кухненски отпадъци и особено на стъкло. Намаляването на количествата на генерираните отпадъци е един от основните приоритети на настоящата програма на СО. Успешни дейности в тази посока изискват значително по-високо ниво на техники при опаковането на стоките от производителите и съответно по-високо съзнание и стимули за потребителите. Промяната на покупателните навици и нагласи на потребителите е един по-продължителен процес, както показват започналите усилия за реализация на разделното събиране на битовите отпадъци и практиката на изхвърляне на строителни отпадъци в контейнерите за други битови отпадъци. Предприемането на действия за подобряване в тези насоки ще доведе в крайна сметка до едно значително намаляване на общото количество отпадъци. Редуцирането на потока от отпадъци ще позволи да се използват инсталации с по-малък капацитет при тяхното транспортиране и третиране и ще позволи да се намалят и началните инвестиционни и експлоатационните разходи.

Разделното събиране и максималното рециклиране и оползотворяване на отделните компоненти на отпадъците ще подобри суровинните и енергийни баланси на СО и страната.

III. Техники и технологии за третиране на ТБО

1. Подготовка за третиране

Съгласно чл. 49 от Раздел II, глава трета на Наредба № 8 (ДВ, бр. 83 от 24 август 2004 г.) за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, „съоръженията и инсталациите за предварително третиране на отпадъци (сепариране, опаковане, балиране, нарязване, раздробяване и др.) се предвиждат като:

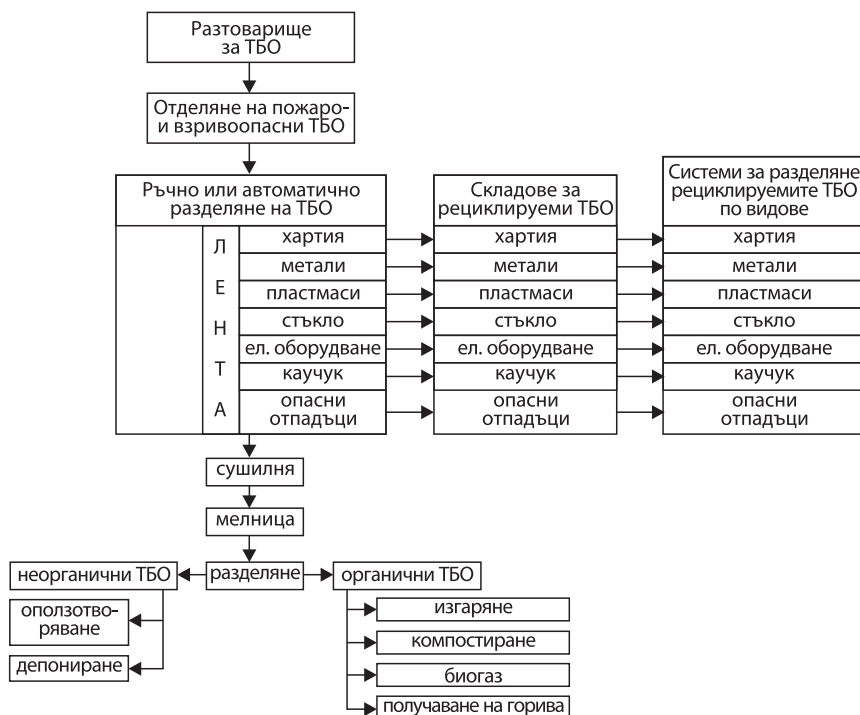
- ▶ спомагателни обекти към основните съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъците;
- ▶ самостоятелни обекти за третиране на отпадъци.“

Съгласно чл. 50. на същата Наредба, „съоръженията и инсталациите за предварително третиране на отпадъците (устройства за сортиране, вибросита, инсталации за раздробяване и сепариране, в т.ч. дробилки, мелници, магнитни, балистични и други сепаратори, преси, претоварени съоръжения, инсталации за брикетиране, балиране, опаковане и др.) трябва да осигуряват защита на околната среда в същата степен, както основното съоръжение и инсталация за оползотворяване или обезвреждане на отпадъците.“

Съоръженията и инсталациите, източници на вредни лъчения (електромагнитни сепаратори, високочестотни генератори и др.), трябва да отговарят на санитарните правила и норми. Фигура 3 представя обобщено последователните възможни действия, свързани с третирането на ТБО.

2. Енергия от отпадъци

В битовите отпадъци обикновено се съдържа около една трета от енергийния потенциал на същото количество въглища. Като от икономическа, така и от екологична гледна точка е разумно да се оползотворява енергията на тази част от горимите битови отпадъци, която не може да бъде рециклирана или повторно използвана. Ор-



Фигура 3. Подготовка за третиране

ганичните компоненти в битовите отпадъци са възможен източник на енергия и нейното оползотворяване ще доведе до намаляване на необходимостта от изкопаеми горива, както и до редуциране на емисиите на парникови газове. Количествата ТБО, които се генерират годишно в Европа биха могли да задоволят част от потребностите от енергия на континента. Заводите за получаване на енергия от отпадъците доставят получената енергия на домакинствата и индустрията и така тя се явява заместител на енергията, получавана в конвенционалните електроцентрали, използващи твърди горива. По този начин се допринася за намаляване на емисиите на CO_2 и постигане на целите на Рамкована конвенция на ООН за изменение на климата. Този подход съответствува на принципите за устойчивото управление на природните ресурси и възобновяването на енергията. За да се оптимизира процесът на получаване на енергия от отпадъци се използват различни методи и технологии за постигане висока степен

на използване на енергията и включващи специални пречистващи съоръжения, чрез които се намаляват или свеждат до нула вредните емисии. Енергийният потенциал на битовите отпадъци е представен на Фигура 4.



Фигура 4. Годишна замяна на твърди горива
с отпадъци при термично третиране

Ако в Европа годишно се третират 50 Mt ТБО в инсталации за получаване на енергия, то по този начин ще се спестяват около 8,2 mln t въглища или 7×10^9 m³ природен газ. Това означава, че чрез прилагане на съвременни техники на ко-генерация от отпадъците могат да бъдат генерирани 20 mln MWh електроенергия и около 50 mln MWh топлина. Това е еквивалентно на целогодишно снабдяване с електроенергия на цялото население на Белгия, Дания и Литва или снабдяване с топлина на почти цялото население на Холандия, Унгария, Финландия и Малта.

Страните, членки на конфедерацията на Европейските заводи за получаване на енергия от отпадъци (CEWER), годишно третират по екологосъобразен начин над 34 mln t отпадъци (Таблица 10), което е около 70% от енергията, получена по този начин на Европейския пазар. Годишният оборот е приблизително 5 mlrd €.

Таблица 10. Количества третирани отпадъци през 2004 г. в страните от CEWEP (Конфедерация на Европейските заводи за получаване на енергия от отпадъци)

Страни членки	Третирани отпадъци през 2004 г. (t)
Австрия, ENAGES, Fernwärme, KRV	667.028
Белгия, Indaver	400.188
Република Чехия, Pražské služby, SAKO Brno, Termizo, Sdružení STEO	440.383
Дания, RenoSam	1.025.634
Франция, Sêché Environment, SONITHERM	414.000
Германия, ITAD	13.702.010
Унгария, FKf Budapest	160.000
Ирландия, Indaver	*
Италия, Federambiente	3.216.687
Холандия, VA, AEV	5.361.905
Португалия, Valorsul	540.188
Испания, AEVERSU	1.788.581
Швеция, RVF	3.188.130
Швейцария, VBSA	3.140.000
Общо	34.044.734

* В Indaver, Ирландия в етап на планиране са два завода (250,000 t/y)

Отпадъците, образувани в домакинствата, индустрията и на други места са отражение на модерното общество, характеризиращо се с висока консумация и производителност. Въпреки амбициозните постижения за намаляване на опасните компоненти в отпадъците, в днешно време те съдържат все още голям брой замърсители. Ето защо основен принцип при третирането на отпадъците е опасните компоненти да се трансформират и извличат под формата на неопасни и безвредни материали. При термичното третиране могат да се генерират различни замърсители, което налага използването на съвременните ефективни техники за пречистване на димните газове. Твърдите остатъци от изгарянето, като шлаките и пепелите, обикновено са имобилизирани и в много случаи се използват като строителен материал.

При оповестяване на планове за изграждане на какъвто и да било завод за изгаряне на отпадъци близо до домовете им, хората обикновено се противопоставят. Една от причините за негативното отношение на обществеността към изгарянето е некачествената работа на старите инсталации, където процесите много рядко позволяват оползотворяването на енергията и достигането на нормите за съдържание на вредни вещества в емисиите. В днешно време модерните инсталации за изгаряне на отпадъци са ефективни съоръжения за производство на електроенергия и топлина от отпадъци, при които

над половината от капиталовите разходи са за оползотворяване на енергията и за оборудване за пречистване на димните газове и контрол на емисиите.

Съвременните инсталации за изгаряне на отпадъци трябва да отговарят на по-строги норми от тези за електроцентралите, работещи с въглища. В процеса на хармонизация на българското законодателство с новите директиви на ЕС беше приета Наредба № 6/28.07.2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци, чрез което бяха въведени изискванията на Директива 2000/76/ЕС. Съгласно наредбата се изисква концентрациите на вредни вещества в изпусканите отпадъчни газове от инсталациите за изгаряне да не превишават нормите за допустими емисии, показани в Таблица 11.

Таблица 11. Норми за допустими емисии (НДЕ) на вредни вещества в атмосферния въздух от инсталациите за изгаряне на отпадъци (Наредба №6 от 28.07.2004 г. за условията и изискванията за изграждането и експлоатацията на инсталации за изгаряне и инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци)

№	Вредни вещества	НДЕ
1.	Прахови частици (обща прах)	10 mg/m ³
2.	Газо- и пареообразни органични съединения, изразени като общ органичен въглерод	10 mg/m ³
3.	Газо- и пареообразни хлорни съединения, изразени като хлороводород	10 mg/m ³
4.	Газо- и пареообразни флуорни съединения, изразени като флуороводород	1 mg/m ³
5.	Серен триоксид и серен диоксид, изразени като серен диоксид	50 mg/m ³
6.	Азотен оксид и азотен диоксид, изразени като азотен диоксид за съществувачи инсталации с номинален капацитет над 6 t/hас	200 mg/m ³
7.	Азотен оксид и азотен диоксид, изразени като азотен диоксид за съществувачи инсталации с номинален капацитет до 6 t/h	400 mg/m ³
8.	Диоксини и фурани	0.1 ng/m ³

Най-добрите налични техники позволяват степента на пречистване на димните газове непрекъснато да нараства. Така емисиите на живак и други тежки метали във въздуха от заводите за инсинерирание на отпадъци са намалели с 98–99 % за периода от 1985 до 2002.

Емисиите на диоксини също са една от причините за тревога, свързана с изгарянето на отпадъци. Диоксините са група от химични вещества, които в много ниски концентрации присъстват естествено във фоновата околна среда, но голяма част от тях са с канцерогенни и силни токсични действия. Диоксини се образуват при производствени процеси в хартиената и металургичната промишленост, а така също при изгаряне на традиционни горива, като въглища и

дърва. Както се вижда от Таблица 11 средната стойност за период от 6 до 8 h общата концентрация на диоксини и фурани не може да превишава 0.1 ng/m^3 . Общата концентрация на диоксини и фурани в отпадъчните газове се определя като сума от произведенията на концентрациите на определени съединения и техните коефициенти на токсична еквивалентност. В проучване за оценка на риска се отчита, че инсталациите, работещи според настоящите Европейски стандарти не представляват риск за здравето, независимо от размера и местоположението им. Общите емисии на диоксини от всички заводи за инсинериране на отпадъци в Швеция са намалели от близо 100 g/y за 1985 до 1.1 g/y за 2002. Количеството на емисиите от всички заводи в Швеция е под Европейските норми от 0.1 ng/m^3 в отпадъчните димни газове, която норма е валидна за всички съществуващи заводи от декември 2005.

Твърдите битови отпадъци в повечето случаи съдържат някои устойчиви органични замърсители (УОЗ). Независимо дали отпадъка се използва повторно, дали се възстановяват ценни суровини от него, дали се извлича гориво или се компостира, трябва да бъдат предприети мерки УОЗ да не се разпространяват в околната среда и тяхното съдържание да бъде под допустимите норми. При повечето не-деструктивни методи за третиране, като компостирането и рециклирането на материали, диоксините не се унищожават, а в някои случаи дори се концентрират. При процесите на изгаряне при подходящи температури и условия, УОЗ могат да бъдат напълно разградени и унищожени.

Хлорираните диоксини и дибензофурани са две групи замърсители, спадащи към групата на УОЗ. Обикновено, в твърдите битови отпадъци нивото на диоксините варира между 10 и $100 \text{ } \mu\text{g/t}$, изчислено като еквиваленти. Най-високи нива могат да бъдат открити в текстилните фракции, но също и в други фракции като пластмаси, хартия и компостируеми материали, напр. в някои кухненски отпадъци също се съдържат откриваеми количества диоксини. Други УОЗ могат също да бъдат открити в твърдите битови отпадъци. В заводите за инсинериране на отпадъци при температури над 1200°C се разграждат почти всички диоксини, като се превръщат във въглероден диоксид, вода и хлороводород.

Изгарянето на отпадъци не е разпространена практика в България, а значителна част от съществуващите инсталации за изгаряне не

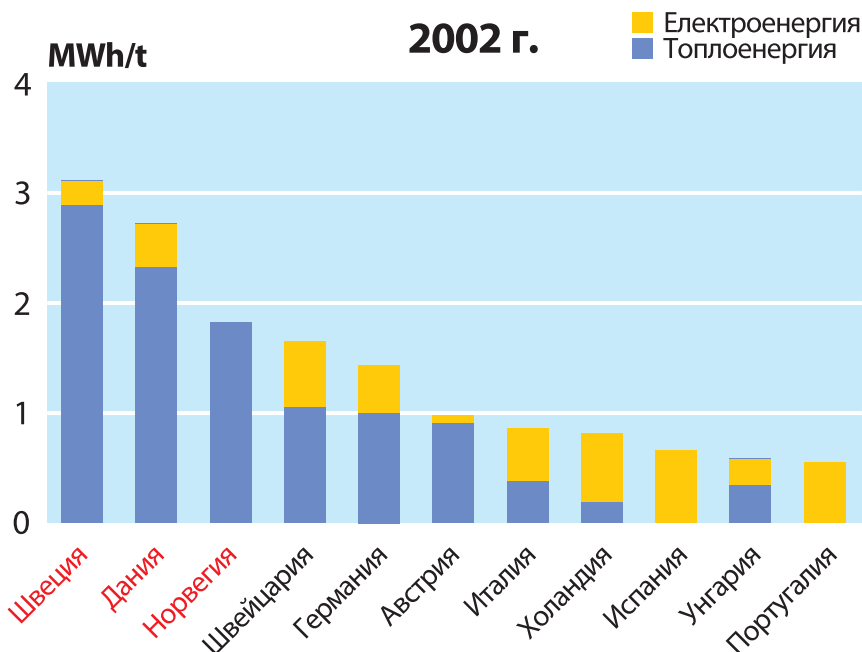
отговарят на нормативните изисквания, което е и една от причините за негативното обществено мнение. Понастоящем в страната няма действаща или изградена инсталация за изгаряне на битови отпадъци. Основна причина за това са високите разходи за изграждане на съоръженията за изгаряне, съпоставени със съществуващата практика за депониране на отпадъците; относително ниската калоричност на смесените битови отпадъци и ограничените финансови възможности на общините за инвестиции в общинската инфраструктура за управление на отпадъците.

Предимствата и недостатъците на оползотворяването на енергия, получена от отпадъци, се превърна в широко дискутирана тема, при което някои неправителствени организации демонстрират определено отрицателно отношение към термичното третиране, а по-голямата част от специалистите и особено енергетиците имат определено положително отношение. В страни като Дания, Швеция, Франция, Белгия, Германия Австрия и Швейцария (Фигури 5, 6) по този начин се третират между 10 и 40% от битовите отпадъци, а Япония има амбиции в близко бъдеще да достигне 80%. Понастоящем в ЕС работят около 420 инсинератора, а в Япония — около 1400.



Фигура 5. Основни методи на третиране на твърдите битови отпадъци в Европа

**общо количество на термично третираните битови отпадъци е около 50 mln t/y, които се третират в 420 инсинератора*



Фигура 6. Количество на произведената електроенергия и топлоенергия от битови отпадъци в някои страни от Европа

Споровете за приоритетност между рециклирането, компостирането и изгарянето с оползотворяване на енергията са несъстоятелни, тъй като йерархията е ясно определена. Всички най-добри налични технологии за изгаряне с оползотворяване на енергията предвиждат предварително сепариране на метални и инертни компоненти, а в процесите за термично третиране постъпват само горимите компоненти от отпадъците. Компостирането може да се прилага при достатъчни гаранции за отсъствие на токсични и вредни замърсители в битовите отпадъци. Така например, кухненските и градинските отпадъци, които са с висока влажност, от вилните зони около София следва да се оползотворяват чрез компостиране на място и по този начин ще се спестят и относително по-високите транспортни разходи за тях. Изследване във Великобритания сочи, че въвеждането на разделно събиране на битовите отпадъци с цел рециклиране няма да попречи на оползотворяването на енергията на останалите горими компоненти от битовите отпадъци.

3. Изгаряне

3.1. Общо изгаряне на сортирани или несортирани отпадъци

Съществуват два основни подхода при осъществяване на термично третиране на битовите отпадъци с цел оползотворяване на енергията:

- ▶ изгаряне на отпадъците без предварително сортиране по вид (освен отстраняването на обемистите отпадъци), известно като общо изгаряне;
- ▶ изгаряне на отделни фракции от отпадъците, които са с висока калоричност.

Общо изгаряне на несортирани отпадъци.

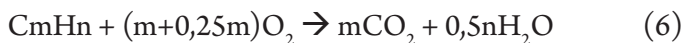
Несортираните битови отпадъци се доставят до съоръжение-то за изгаряне и постъпват в приемен бункер, откъдето се подават в пещ, работеща обикновено при температури от 850°C до 1250°C. Топлината на газовете, образувани при изгарянето на отпадъците се използва за получаване на пара, която задвижва турбини за производство на електричество. Горещата вода, която се получава след кондензацията на парата се използва за отопление. В много градове на ЕС, като например Мюнхен, Копенхаген, Виена, Либерец има общински системи за отопление, които изцяло или частично използват за гориво отпадъците. В някои случаи се достига до 75–80% задоволяване на енергийните нужди. По предварителни разчети енергийният потенциал на ТБО от СО би задоволил окло 70% от енергийните потребности на столицата. Модерните съоръжения за получаване на енергия от отпадъци разполагат със сложни системи за пречистване на газовете, с които се контролира освобождаването на вредни вещества в атмосферата. Праховите частици се улавят с помоща на тъканни филтри или електрофилтри, а другите замърсители с помощта на сложни мокри или сухи пречистващи системи. Пепелите и сгури-ите от горивната камера, в зависимост от съдържанието на опасни вещества в отпадъците и температурите на третиране, могат да бъдат класифицирани като опасни или инертни. Тенденцията е използване на по-високи температури с цел имобилизация или деструкция и обезвреждане на опасните компоненти, и по този начин насочване

на тези ТБО към производството на строителни материали или към пътното строителство. При някои технологии след пещите за изгаряне на отпадъци се извършва отделяне на металите, чрез прилагане на магнитна или друга сепарация. Общото изгаряне се прилага за гъсто населени райони, с големи обеми отпадъци и с ограничена площ за изграждане на депа. Общото изгаряне без оползотворяване на енергията вече се прилага все по-малко и то с цел намаляване обема на остатъка за депониране (обикновено остават около 10% от началния обем). Поскъпването на енергията ще налага все повече прилагането на технологиите с ко-генерация и производство на електрическа енергия и топлина.

Изгаряне на сортирани отпадъци (гориво от отпадъци).

Тази тенденция започва да се развива в Европа в началото на 80-те години. Тази практика включва предварителното сепариране на негоримата част от ТБО (метали, стъкло, инертни компоненти от пясъци и глина и др.) и преработването на останалата част чрез сушене и брикетирание. По този начин калоричността нараства 2–3 пъти и намалява общия обем за термично третиране. Получаваните брикети поради ниската влажност са устойчиви и се транспортират до потребители в индустрията — най-често ТЕЦ и циментови заводи. Понастоящем се предпочита изгарянето да се извършва на място и по този начин става възможно да се избегне брикетирането. Очевидно тези технологии се характеризират и с по-висока ефективност, а отпада и необходимостта от транспортни разходи за брикетите. В практиката се използват различен тип пещни агрегати (въртящи пещи, пещи с „кипящ слой“, с подвижна решетка, с твърдо или течено извеждане на сгурията). При пещните агрегати с течено извеждане на сгурията температурите са по-високи (до 1500–1600°C), което позволява твърдият остатък да се намали до 3–4% спрямо началното количество на отпадъците, като в същото време се предотвратява образуването на УОЗ, а твърдият остатък е имобилизиран и може да се използва в строителството. За постигане на по-високи температури на горене, все по-често се използва комбинирано изгаряне на отпадъците с други горива — въглища, течни горива или природен газ. Топлината от изгарянето се получава в резултат на протичането на окислителни екзотермични реакции, чиито брой се определя от изходния състав на използваните горива и компоненти на отпадъците.

Някои от тях са, както следва:



При организираното изгаряне на стандартни твърди, течни и газообразни горива, калориметричната температура на получавания горивен факел се изменя в граници от 1400 до 1800°C. При изгарянето на отпадъци със специфична топлина от 10 000 до 25 000 kJ/kg, температурата в зоната на горенето се променя в зависимост от степента на изгарянето на отпадъците. Чрез организиране на изгаряне на смеси от отпадъци и стандартни горива, температурата може да се регулира в определени граници. В САЩ широко се използват двузонни пещни агрегати, в които в едната зона (обикновено долната) се изгарят твърдите горива, а във втората природен газ.

Основните задачи, които трябва да изпълни дадена горивна пещ са да осигури пълно окисление на горимите компоненти на горивото в границите на работното пространство на пещта и да създаде оптимални условия за топлопренасяне към обработвания в него продукт. Начините на организиране на горивния процес зависят от агрегатното състояние на горивото, от неговите физикохимични свойства и от условията, които трябва да бъдат поддържани във и около пещния агрегат. В зависимост от агрегатното състояние на съответния енергоносител, се използват различен тип горелки:

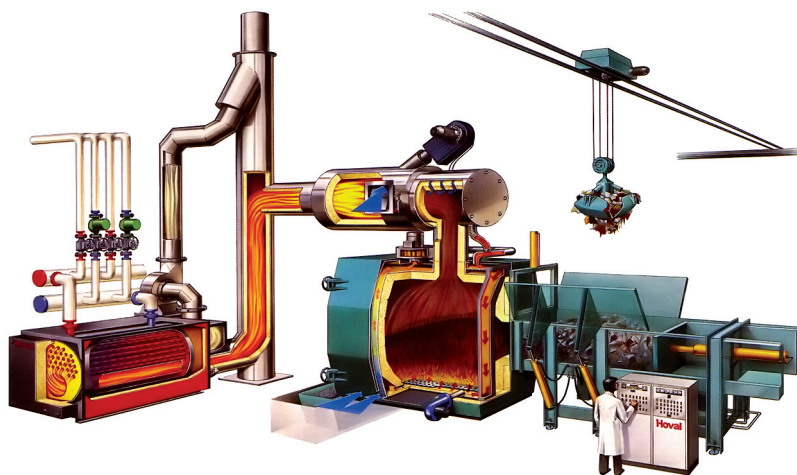
- ▶ Газови горелки, предназначени за газообразни горива;
- ▶ Горелки за течни горива, наричани още мазутни горелки или форсунки за течни горива;
- ▶ Шихтови горелки за прахообразни твърди горива или решетки за твърди горива на по-едри късове.

При съвременните автоматизирани термоокислителни процеси се постига пълна деструкция на опасните вещества от отпадъците, а

получаваният твърд остатък е с инертен характер. В някои случаи в резултат на термичното окислително третиране от 1000 kg сепарирани битови отпадъци след изгарянето остават едва около 2 kg минерален остатък за депониране, което е вече много близко до нулевата алтернатива. Вече има примери за напълно избягване на депонирането. С цел минимизиране на отпадъците в ЕС, САЩ, Япония и други страни са изградени голям брой инсинериращи инсталации, които осигуряват енергийно в голяма степен големите градове. На настоящия етап се оценява, че една инсинерираща инсталация има оптимална мощност, когато трябва да се преработва минимум 80000 t отпадъци. Германският концернт „СИМЕНС“ и японският „МИТЦУИ“ предлагат типови инсталации с годишен капацитет 100000 t. Необходимите инвестиции за тях са в границите на 140–160 mln €. Подобни мощни инсталации са изградени в Брюксел, Копенхаген, Женева, Париж, Лондон, Мадрид, Виена, Токио, Улм, Фюрт и много други градове. Ежегодно в Германия и Франция се изгарят по 6 mln t опасни отпадъци, а в процес на изграждане са още 60 инсинератора. Фирмата Шрьодер изгражда нова заместваща инсталация в Копенхаген, а във Виена е в процес на изграждане трети инсинератор. Над 54% от битовите отпадъци в Дания се подлагат на инсинериране, като в 31 от тях се произвежда електроенергия. В Япония се инсинерират над 74% от битовите отпадъци в над 1400 инсталации, а над 10 000 инсталации се използват за третиране на индустриални и други отпадъци. Поради различния съставъ съществените различия в използваните технологични решения и съоръжения и различията в стойността на събирането и транспортирането, преработването на отпадъците чрез инсинериране варира в широки граници и за отделни водещи страни е от 13 до 35 USD/t отпадъци.

По най-общо определение, инсинераторът представлява устройство, предназначено за контролирано изгаряне на отпадъци. Изгарянето (често наричано термична обработка) на отпадъците представлява алтернативен начин за унищожаването им, при който се намаляват общият обем, токсичността им и други опасни за ОС и човека характеристики. За хората, свързани с решаване на екологичните проблеми, инсинерирането на отпадъците представлява един от многото инструменти за определяне и реализиране на стратегии за управление на отпадъците като цяло. Главната цел на една такава стратегия е да се намали влиянието върху околната среда

чрез намаляване на използваната енергия за тяхното унищожаване, както и редуциране на вредните емисии, отделени при този процес. Принципно една инсталация за инсинерирание (Фигура 7) се състои от няколко основни агрегата: хранващо устройство със (или без) предварително пресоване; пещ — първична камера; пещ-вторична камера (доизгаряне на димните фракции); топлообменник (утилизатор); филтрационни и други съоръжения за пречистване на димните газове и комин.



Фигура 7. Принципно схема на инсинераторна инсталация

В политиката на ЕС е създадена йерархична структура на стъпките за определяне на стратегията за управление на отпадъците:

- ▶ Намаляване на количеството на отпадъците на мястото на тяхното образуване;
- ▶ Многократно използване на някои компоненти т.е. без допълнителна преработка или с минимална такава;
- ▶ Рециклиране;
- ▶ Унищожаване с възвръщане на част от използваната енергия;
- ▶ Унищожаване без възвръщане на енергия.

Както се вижда, последните две стъпки са свързани с инсинерирането. Изключително голямото разнообразие във вида и състава

на отпадъците и особено на характера и съдържанието на опасни вещества в тях, определя и голямото разнообразие на конструкции и капацитет на произвежданите инсинератори. На пазара се предлагат специализирани инсинератори за:

- ▶ болнични отпадъци;
- ▶ нискорadioактивни отпадъци от ядрената енергетика;
- ▶ битови отпадъци;
- ▶ индустриални отпадъци;
- ▶ специфични отпадъци от корабоплаването;
- ▶ патологични отпадъци;
- ▶ крематориуми;
- ▶ различни видове други отпадъци.

В някои случаи е възможно в един и същ инсинератор да се третират близки по състав, но различни по произход отпадъци. В други случаи е наложително проектирането и изграждането на инсинераторни комплекси с отделни специфични технологични модули и пречиствателни системи, предназначени за работа със специфични отпадъци, съдържащи високотоксични и канцерогенни опасни компоненти. Инсинераторите условно могат да се разделят и по редица други критерии, някои от които са:

- ▶ Капацитет (производителност) на преработка на отпадъците — от kg/h до десетки t/h;
- ▶ Регенериране или липса на регенериране на част от използваната за процеса енергия — всяка конкретна обстановка води до различен избор;
- ▶ Начин на подаване на отпадъка за преработка в инсинератора — непрекъснато и периодично (на порции). Всеки от тези начини има своите предимства и недостатъци и се избира съобразно конкретните условия;
- ▶ Инсинератори с многостепенно дъно (утайка от отпадъчни води);
- ▶ Инсинератори с флуидизиран слой (утайка и други специални видове отпадъци);

- ▶ Инсинератори с въртяща се пещ (обикновено големи инсинератори за битови и други отпадъци, съдържащи голямо количество метали и и по големи размери на частиците на отпадъците);
- ▶ Инсинератори с неподвижно дъно и голям излишък от въздух (по-малки инсинератори за общи нужди);
- ▶ Инсинератори с неподвижно дъно, пиролизна основна (първична) камера, ръчно отстраняване на пепелта (малки инсинератори за широко приложение);
- ▶ Инсинератори с неподвижно дъно, пиролизна основна камера, автоматично отстраняване на пепелта (малки или средни по размер инсинератори, широко приложение);
- ▶ Инсинератори с неподвижно нагорещено дъно, пиролизна основна камера (патологични отпадъци).

Някои от особеностите на инсинератор за болнични отпадъци (опасни, инфекциозни или рискови за здравето отпадъци) са „двукамерния тип“; неподвижно дъно, пиролизна първична камера, вторична камера за пълно изгаряне на димните газове и задържане на газовете при висока температура с цел обеззаразяване. Неговите основни предимства са:

- ▶ Не е необходимо раздробяване на отпадъците;
- ▶ Малко количество на пепелта за депониране;
- ▶ Херметичен корпус на инсинератора, следователно няма възможности за проникване на въздух от околното пространство и контролиран горивен процес с висок коефициент на полезно действие;
- ▶ Никакви въртящи се огнеупорни части, което води до дълъг живот на огнеупорната облицовка и оборудването като цяло;
- ▶ Много изолационни нива, водещи до ниско топлинно излъчване в околното пространство;
- ▶ Разбъркване на отпадъците, комбинирано с продължителния им престой в пещта, в резултат на което се гарантира пълно разграждане на опасните вещества;
- ▶ Способност за инжектиране на течни отпадъци;

- ▶ Висока термична ефективност на котела;
- ▶ Бързо охлаждане на димните газове, водещо до предотвратяване образуването на диоксини

Екологични характеристики

Твърде често процесът на изгаряне се представя като пълно унищожаване на отпадъците, но материята не изчезва и компонентите на отпадъците се превръщат в димни газове, пепелен остатък от филтрите и твърд остатък. Всичко това е наложило да се въведат нормативните изисквания към генерираните отпадъчни газове от термичното третиране на отпадъците и към класифицирането и по-нататъшното третиране на пепелния остатък. Несъвършенствата в организирането и провеждането на термичното третиране и системите за пречистване или неефективното управление на процесите при експлоатацията могат да доведат до замърсяване на атмосферния въздух, водите и почвите и да създадат определен риск за здравето на хората и ОС. Отсъствието на непрекъснат мониторинг и автоматичен контрол за дълъг период от време са насаждали недоверие и опасения на населението от този тип третиране. Това е факт и в нашата страна. За повече от 20 години експлоатация на такива инсталации в различни страни с различен морфологичен състав на отпадъка и постигнатия огромен прогрес в развитието на техниките и технологиите промениха в значителна степен общественото мнение и съответно толерантността на хората в много градове. Развитието на обществената култура и разбирането на ползите от осъществяването на интегрираните системи на предварително сепариране и оползотворяване на компоненти от битовите отпадъци и задоволяването на нуждите на хората от топлина и енергия спомогнаха в значителна степен да бъдат преодолените предубежденията. За това спомогнаха и публикуваните данни за нивата на замърсяване от подобен тип инсталации в отделните страни. Както е известно вече емисиите от подобен тип инсталации подлежат на комплексни разрешителни, а генерираните емисии в атмосферния въздух се докладват и подлежат на контрол от националните компетентни органи. Като пример за постигнатия прогрес може да се посочи, че инсинераторът в Лондон за една година е генерирал по-малко опасни вещества, отколкото са се отделили от фойерверките по случай

честването настъпването на Милениума. Конкретните данни за изменението на емисиите от използваните инсинератори в Швеция през последните 20 години (табл. 12) също показват постигнатия напредък в тази област.

Таблица 12. Изменение на съдържанието на замърсители от инсинераторите в Швеция

Година/замърсител	Мярка	1985	1991	1996	2001	2004
Прахови частици	t/y	420	45	33	22	24
HCl	t/y	8 400	410	412	130	101
SOx	t/y	3 400	700	1121	595	337
NOx	t/y	3 400	3 200	1 463	1 649	1 707
Hg	kg/y	3 300	170	77	46	37
Cd + Tl	kg/y	400	35	8	20	5
Pb	kg/y	25 000	720	214	139	54
Dioxins	g/y	90	8	2	1.7	0.7

Таблица 13. Относителен дял на методите за третиране на битовите отпадъци в различни страни на ЕС и данни за натрупването им

Страна	Рециклирани и компостирани (% от общото количество)	Депониране (% от общото количество)	Инсинериране (% от общото количество)	Натрупване на БО за жител (kg)
Холандия	65	3	32	624
Австрия	59	31	10	627
Германия	58	20	22	600
Белгия	52	13	35	469
Швеция*	44	5	50	464
Дания	41	5	54	696
Люксембург	36	23	41	668
Испания	35	59	6	662
Ирландия	31	69	0	869
Италия	29	62	9	538
Финландия	28	63	9	455
Франция	28	38	34	567
Англия	18	74	8	600
Гърция	8	92	0	433
Португалия	3	75	22	434

* Source: Institute for Public Policy Research
<http://www.ippr.org.uk/pressreleases/?id=2283> base yr: 2003/4; * 2005

Представените данни в Таблицы 12 и 13 ясно показват, че в повечето развити страни на ЕС рециклирането, компостирането и инсинерирането не се противопоставят като единствени алтернативи, а се развиват като интегрирани системи за управление на битовите отпадъци. Представените фирмени технически решения за термично третиране на битовите отпадъци също илюстрират подобен подход.

Съвременните инсинератори се проектират с надежден контрол на отделните технологични модули и процеси. Всички нови инсинератори, строени след 1980 г, работят с вторични камери за допълнително окисляване за намаляване на вредните емисии — при тях горивните компоненти се задържат в пещта около 1,5–2 s при температура 1100–1400°C и 2–3 % излишък на кислород. Достиганата степен на деструкция е 99,9999 % (остава под 1 ppm от замърсителите). Тази степен на деструкция може да се постигне само със стриктно контролиране на температурния процес, времето на престой, турбулентността, като се има предвид и влиянието, което оказва вида на изгаряните опасни отпадъци. Европейската Директива 2000/76/ЕС препоръчва изгаряне при 1100°C за период не по-малък от 2 s, при което обемът на отпадъка се намалява до под 20%.

За отстраняване на замърсителите от димните газове се използват различни видове оборудване — водни скрубери, циклони, електроутайтели, тъканни филтри и други. Бързото охлаждане на газовете след допълнителната вторична камера до температури под 200 °C е задължително условие за предотвратяване на вторично образуване на диоксини и фурани и изхвърлянето им в атмосферата. Скруберните води и пепелта след изгарянето се подлагат на химическо третиране (предимно неутрализация). В последно време бързо се развиват и сухи методи за пречистване на замърсителите от отпадъчните газове на основата на така наречените електронно-лъчеви технологии. Твърдият отпадък обикновено не съдържа тежки метали, като в редки случаи има следи от диоксини. Този отпадък трябва да бъде съхраняван в контролирано депо. Ако депото е изградено съгласно препоръките на ЕС, очакваният риск от съхранението на отпадъка е малък.

Според Агенцията за опазване на природната среда в САЩ (USEPA) съвременните инсинератори генерират по-малко от 0,2 % от общото количество диоксини и фурани, образувани при останалите горивни процеси — битово гориво, ТЕЦ, транспорт, индустрия.

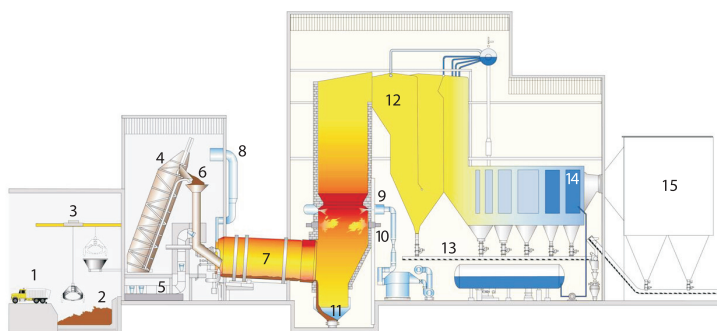
3.2. Метод на високотемпературно термично третиране

Технико-технологични характеристики

Von Roll Inova (Германия) е една от фирмите, които предлагат инсталации за високотемпературно изгаряне на пестициди. Инсинераторът е изграден от две паралелни, но напълно независими една

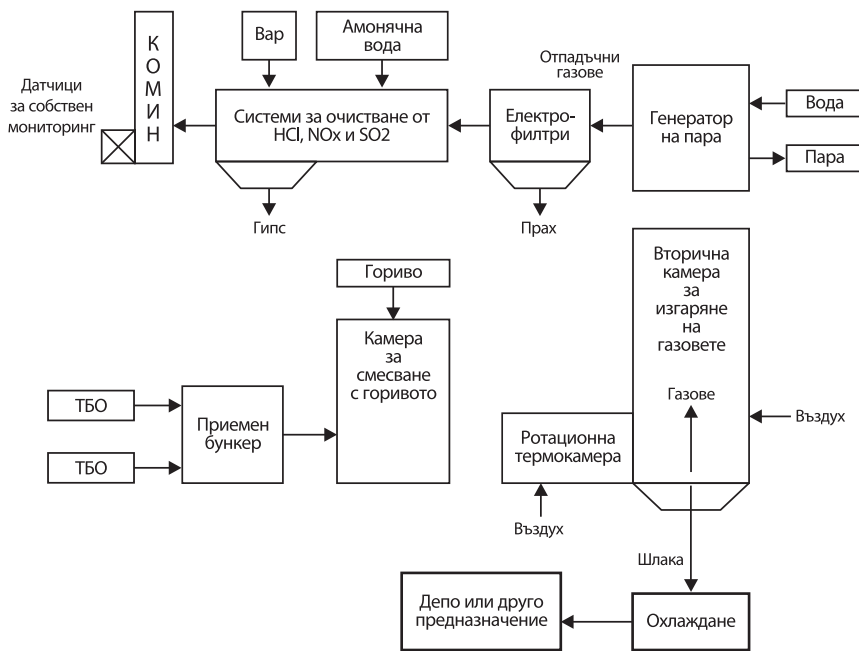
от друга технологични линии. На всяка от двете технологични линии има изградена система за пречистване на отпадъчните газове. На Фигури 8 и 9 са представени принципни технологични схеми на инсталации за високотемпературно изгаряне. Системата за зареждане има за цел да контролира съотношението между постъпващите материални потоци на отпадъците и стандартното гориво. Чрез тази предварителна подготовка, където става селективното смесване на отпадъците с гориво с различна калоричност се осигурява стабилен температурен режим на печния агрегат.

Инсталацията на Фигура 9 е с точно извеждане на пепелния остатък. Ротационната пещ с дължина 12,0 m и диаметър от 5,4 m е изолуирана от външната среда посредством стена, изградена от огнеупорни материали. Пещта се върти бавно с цел по-добро разбъркване на отпадъците за постигане на хомогенно третиране в зоната на високата температура в пещта. Температурата в ротационната пещ в повечето случаи е над 1100°C. Необходимият въздух за повишаване на ефективността на горенето се внася чрез вентилатори. В резултат на високата температура в ротационната пещ по време на експлоатация, пепелният остатък се намира под формата на стопилка. Стопилката се отвежда към събирателен резервоар с вода, откъдето се извежда посредством транспортна лента.



Фигура 8. Принципна схема на инсталация за високотемпературно изгаряне (инсинератор) на УОЗ

1 – площадка за разтоварване; 2 – приемен бункер за отпадъците; 3 – кран; 4 – скипов подеменник; 5 – система за допълнително гориво; 6 – хопер; 7 – въртяща пещ; 8 – система за първично подаване на въздух; 9 – система за вторичен въздух; 10 – помощни горелки за запалване; 11 – извеждане на пепелен остатък; 12 – парен котел; 14 – икономайзер; 15 – пречистваща система



Фигура 9. Принципна технологична схема на инсталацията за високотемпературно изгаряне

Вторичната горивна камера е с диаметър 7 m и височина 22 m. Камерата е изолирана с приблизително 500 mm огнеупорна стена. С цел разрушаване на органичните съединения (диоксини/фурани) отпадъчните газове се подлагат на допълнително третиране (изгаряне) при температури $> 1100^{\circ}\text{C}$ с време на престой 2 s. Вторичната горивна камера е свързана с генератора на пара, където става охлаждането на отпадъчните газове. Освен парата необходима за вътрешни нужди, се генерират приблизително около 36 t/h пара с температура 380°C и налягане 20 bars, което е достатъчно за отоплението на около 30 000 домакинства.

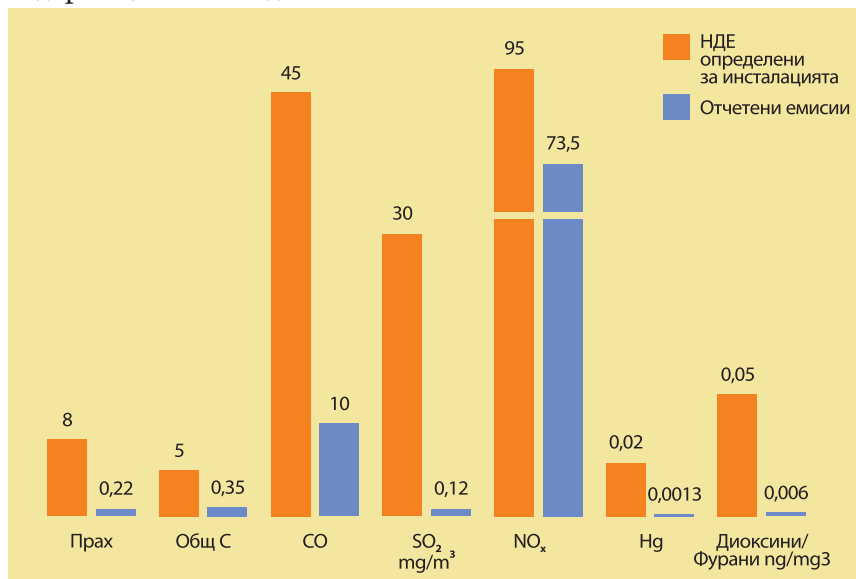
Отпадъчните газове постъпват в електростатичния филтър с температура около 250°C . Тук се осъществява улавянето на финните прахови частици. Пречистването на отпадъчните газове от HCl се осъществява в три етапа. Първоначално отпадъчните газове се охлаждат до около 65°C , след което преминават последователно през два водни скрубера, при което се постига пълно улавяне на HCl от газова фаза. Очистването на SO_2 от отпадъчните газове се извършва посредством промиването на отпадъчните газове с варова суспензия.

зия, в резултат на което се получава гипс. Обезвреждането на NO_x , съдържащи се в отпадъчните газове се постига чрез селективна катализа. Азотните оксиди се превръщат в азот и вода, чрез добавяне на амонячна вода на каталитичната повърхност.

Очистените газове с температура около 150°C се отвеждат до комин с височина 80m. Концентрациите на замърсителите в отпадъчните газове са далеч под КОЕ.

Екологични характеристики

Инсталацията за изгаряне на опасни отпадъци на AVG-Hamburg е обект на контрол от екологичното законодателство в Германия. Постоянно се измерват концентрациите на замърсителите съдържащи се в отпадъчните газове, които постъпват в комина. Базата данни от измерванията на емисиите се изпраща до компетентни ведомства за анализ на мониторингови данни в Хамбург. На Фигура 10 са показани стойностите (концентрациите) на основните замърсители, съдържащи се в отпадъчните газове.



Фигура 10. Концентрации на замърсителите съдържащи се в отпадъчните газове

Като цяло високотемпературното изгаряне (инсинерация) е доказана технология, която освен за третиране на ТБО често се из-

ползва за обезвреждане на пестициди, замърсени с пестициди почви и други опасни химични вещества.

Предимства и недостатъци

Разглежданите инсталации за изгаряне имат следните предимства:

- ▶ Бързо решаване на проблеми с опасни отпадъци при задоволително спазване на екологичните нормативи при сегашното Европейско законодателство;
- ▶ Независимо от големите първоначални инвестиции процесът е ефективен (ако се използва топлината при изгарянето) и може да служи за изгаряне и на други отпадъци — утайки, отпадъчни масла и др.;
- ▶ Непрекъснат мониторинг и контрол на замърсителите в отпадъчните газове.

Недостатъците на този начин на третиране са:

- ▶ Големи първоначални капитални вложения;
- ▶ Изисквания твърдите отпадъци да съдържат не по-малко от 30–40 % горими компоненти;
- ▶ При третирането на някои отпадъци, съдържащи специфични опасни замърсители е необходимо пречистване и на генерираните отпадъчни води в пречиствателна станция преди заустването им. Този проблем се преодолява при използване на електроннолъчево пречистване на отпадъчните газове;
- ▶ Необходимост от наличие на специализирано депо за депониране на твърдите остатъци след изгарянето;
- ▶ Необходимост от пречиствателна станция за третиране на утайките от отпадъчните води.

Ефективността на деструкция при повечето инсинератори е > 99,99%. Цената за изгаряне на тон отпадъци е между 200–2000 USD, в зависимост от вида на замърсителите в отпадъците.

3.3. Технология

„Масово изгаряне върху подвижна решетка“

Технологията (Фигура 11) е създадена в съчетание с модерна и ефективна система за пречистване и контрол и съответства на техническите изисквания и екологични норми на Европейския съюз. Инсинераторът може да третира широка гама от компонентите на битовите отпадъци. Типичната инсталация от този тип, като първо звено, включва: място за приемане на отпадъците преди те да постъпят в приемния бункер. От бункера с висящ подемен кран отпадъците се хомогенизират и подават към захранващата фуния, откъдето постъпват в пещта. Върху решетката отпадъците постепенно се нагряват, изсушават и изгарят. Вентилатори осигуряват приток на въздух през цялото време на придвижването на отпадъците през пещта, с цел гарантиране на пълно изгаряне. Посредством след-горивната камера се гарантира пълното окисление на редуccionните замърсители в газовете, преди постъпването им за пречистване и изхвърляне през комина.

Инсталации, снабдени с котел за енергийно възстановяване могат да се използват за отопление и/или производство на електроенергия. Пепелта и сгурията от дъното на пещта се изнасят чрез транспортни ленти или с вагонетки. Някои инсталации включват технологични модули за магнитна или друга сепарация на полезни компоненти, включително метали. Получаваните твърди остатъци или утайки от системата за пречистване на отпадъчните газове се подлагат на допълнително третиране с цел използване на полезни компоненти от тях или се насочват за депониране.

Предимства:

- ▶ Намалява обема на отпадъците с до 90%;
- ▶ Намалява масата на отпадъците с до 80%;
- ▶ Остатъците са предимно инертни (с изключение на летливите пепели);
- ▶ Заменя природни суровини;
- ▶ Допълнителни приходи от продажба на енергия;
- ▶ Повечето отпадъци не се обработват предварително.

Недостатъци:

- ▶ Високи капиталовложения;

- ▶ Остатъците трябва да се депонират;
- ▶ Високи експлоатационни разходи.



Фигура 11. Принципна технологична схема на инсталация „Масово изгаряне върху подвижна решетка“

Най-висока ефективност се постига при мощност в границите 90 000–100 000 t/y, при което първоначалната инвестиция е около 50 mln USD, а общите експлоатационни разходи — около 5,0 mln USD/y. Разходите за 1 t обработени отпадъци при тези инсталации обикновено възлизат на 5,0 USD.

3.4. Технология „Изгаряне чрез втечнено легло“

Изгарянето на отпадъци на принципа на „втечнено легло“ е базирано на замяната на конвенционалната решетка с подложка (легло), явяваща се слой от твърди частици, смесени с гориво, което се диспергира посредством подаване на въздух в долната част на слоя за горене. Изгарянето на горивото се осъществява във и над слоя. Слойът е съставен от инертен материал, най-често пясък, но понякога

включва също така и варовик или пепелини. Тази технология е отдавна известна и е реализирана по няколко схеми: въртящ се втечен слой, кипящ втечен слой и ротиращ втечен слой.

За постигане на еднороден поток от отпадъци, както по отношение на големината на съставките му, така и по отношение на калоричността му, е необходима предварителна обработка-нарязване и смесване. Следователно, технологията с втечен слой, освен възлите за приемане на отпадъци, складиране и сортиране, които са характерни за технологията с масово изгаряне, изисква и съоръжения за надробяване и хомогенизиране, а в последните варианти и на подсушаване. Тяхната големина и принцип на работа зависят от количеството и вида на третираните отпадъци. Включването на допълнителна обработка води до увеличаване на началните капиталови вложения, но това се компенсира с по-високата ефективност на горивния процес.

Изгарянето чрез втечен слой започва да печели все по-голям дял от пазара, особено за по-малки инсталации или за опасни отпадъци, където по-доброто пречистване на въздуха и емисионният контрол са особено важни. Често се използва при изгаряне на болнични отпадъци. Налагащата се тенденция за предварително разделяне на битовите отпадъци на отделни материални потоци с различно третиране след това определя възможността за съвместяване на термичното третиране с рециклирането на различни компоненти и дори с компостирането. Всичко това позволява гъвкавост, избор на подходящи технологични модули и реализиране на различен тип интегрирани технологии според състава на отпадъците за преработване.

Предимства:

- ▶ Намалява обема на отпадъците с до 90%;
- ▶ Намалява теглото на отпадъците с до 80%;
- ▶ Остатъците са предимно инертни;
- ▶ Заменя природни суровини;
- ▶ Допълнителни приходи от продажба на енергия;
- ▶ При по-малки инсталации — по-малка опозиция;
- ▶ По-добро емисионно пречистване.

Недостатъци:

- ▶ Високи капиталовложения;

- ▶ При големи инсталации — по-голяма опозиция;
- ▶ Необходимост от депониране на остатъците;
- ▶ Значително високи оперативни разходи;
- ▶ Изисква някои предварителни обработки;
- ▶ По-малки инсталации — по-малък икономически ефект.

По капацитет, начални капиталови разходи и експлоатационни разходи този тип инсталации не се различават съществено от другите инсинератори.

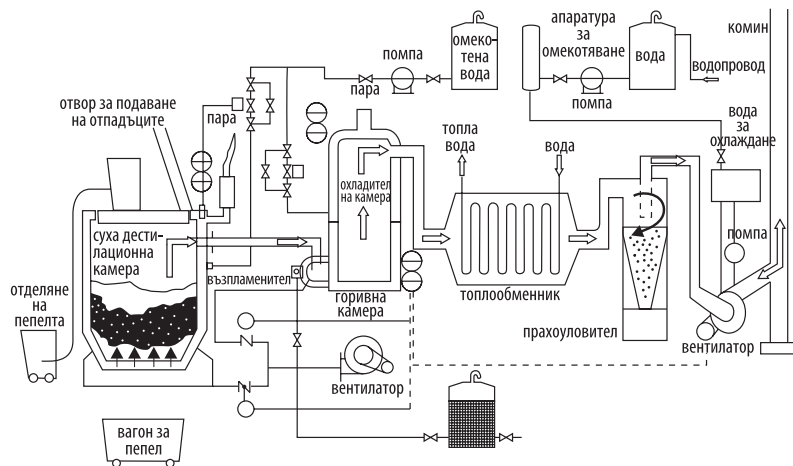
3.5. Интегрирана система на Kinsei Sangyo



Компанията Kinsei Sangyo и нейният основател Mr. Kaneko имат повече от 22 патента в целия свят, като броят им продължава да се увеличава непрекъснато. Фирмата има изградени и функциониращи над 250 системи за газификация с различен капацитет (от 1 до 200 t/day), концентрирани предимно в Япония, Китай, Корея и Малайзия. Системите на Kinsei са с доказано приложение в областта на преработването на болнични, химични и опасни отпадъци,

като всяка от тях е инспектирана, тествана и сертифицирана от местните власти и агенции по околна среда. Преди края на 2007 г. се планира да бъде пусната в експлоатация първата такава инсталация в Северна Америка. Отпадъците могат да се подават в инсинератора без предварителна подготовка и са с размери, каквито позволява отвора на съоръжението. Системата позволява третиране и на негорими материали и остатъчна пепел. Характерно за този тип инсталации е използването на пиролизно третиране до получаване на горими газове в суха дестилационна камера (Фигура 12). Пълното изгаряне се постига посредством разделяне на газификационната от горивната зона. Пълното изгаряне в самостоятелни зони не позволява образуване на диоксини. Емисиите отговарят на изискванията по стандартите на Япония, Китай и ЕС. Образува-

ната остатъчна пепел е с 20–30% по-малко от тази, получаваща се в подобни системи и >99% е неорганична и нетоксична. Този неорганичен остатък се използва най-вече в пътното строителство, като суровина за правене на тухли, и в някои случаи — като подобрител на почвата.



Фигура 12. Принципна схема на технологията Kinsei



Газовите получени от пиролиза-та в сухата дестилационна камера се изгарят изцяло в горивната камера. Системата Kinsei работи на принципа на газифициране посредством химически преобразувания, настъпили вследствие изгаряне. Поради тази причина то е принципно различно от газифицирането, като цяло това е конверсионно изгаряне. Системата е оборудвана с три основни контролни системи — за контрол на диоксини, температура и времето на изгаряне. Предлагат се и охладителни съоръжения и съоръжения за пречистване на газовите. Капацитетът на системите е до 2000 t/day. Всяка от системите може да бъде конструирана на открито или закрито, начинът им на опериране е сравнително опростен и на практика не се нуждаят от големи разходи за поддръжка. За да се осигури максимално устойчиво експлоатиране и безопасност, този тип ин-

сталации са снабдени със специални сензори и устройства за мониторинг и автоматични аварийни спирания. Продуктовата енергийна листа на този тип инсталации е също по-разнообразна — енергия под формата на синтез-газ, топлина, топла вода, пара и електричество.

В сравнение с традиционните инсинераторни единици, системите на Kinsei изискват много по-малка площ, на която да бъдат построени, с 15–25% са по-ниски първоначални вложения и с 20–40% са по-ниски разходите за експлоатация.

3.6. Инсинератор на фирмата „MC2- Plibrico“

Общите данни на този тип инсинераторна система са както следва:

- ▶ Пещ с две горелки (на природен газ) „компактен“ тип за третиране на растителни, хирургични, инфекциозни, животински (включително заразени животни) отпадъци, месопреработвателни, патологични, ветеринарни и кланнични отпадъци. Системата е в съответствие с изискванията на ЕС по отношение на температури, концентрации на отпадни газове и правила за безопасност;
- ▶ Размери: дължина 2700 mm; широчина — 2500 mm, височина — 1800 mm без комина, с комина 5000 mm;
- ▶ Максимален капацитет — 250 kg/h;
- ▶ Капацитет на изгаряне на отпадъците — 125 kg/h;
- ▶ Средно специфично тегло на отпадъка — 890 kg/m³
- ▶ Среден състав на отпадъка: органика — 15%; инертни — 5%; вода — 80%;
- ▶ Минимална калоричност на отпадъка — 550 kcal/h;
- ▶ Собствена калоричност на отпадъка — до 55 000 kcal/h;
- ▶ Температура на изгаряне — 850–1000 °C;
- ▶ Стехиометричен въздух — 230 Nm³/h;
- ▶ Общо количество въздух консумиран при инсинерация — 390 Nm³/h;
- ▶ Изходящи димни газове от процеса — 520 Nm³/h;
- ▶ Състав на изходящите газове: CO₂ — 3,5 %; H₂O — 11,5%; N₂ — 75,5%; O₂ — 9,5%; Прах — 100 < mg/Nm³;

- ▶ Размери на дъното — дължина 1600 mm, широчина — 900 mm;
- ▶ Обем на камерата — 1,8 m³;
- ▶ Дебелина на шамота — 200 mm;
- ▶ Горелки — газ — калоричност — 10200 kcal/h, мощност — 7 kW;
- ▶ Параметри във вторичната камера:
 - ▶ входящи димни газове — 550 Nm³/h;
 - ▶ температура на димните газове — 850 °C;
 - ▶ работна температура — 950 °C;
 - ▶ обем на димните газове — 50 Nm³/h;
 - ▶ състав на димни газове: CO₂–3,6 %; H₂O — 11,3 %; N₂ –75,9%; O₂–9,2%;
 - ▶ задържане на димните газове — 2 s;
 - ▶ скорост на димните газове — 11 m/s;
 - ▶ вторична горелка газ — 300000 kcal/h, 9 kW;
 - ▶ вторичен вентилатор — 500 m³/h ; 15 mbar ; 1,1 kW;
 - ▶ комин — 3 m; вѐтр. диаметър — 400 mm; температура — 130–140 °C;
 - ▶ допустима скорост на газа — 16,7 m/s; обем — 5000 Nm³/h;

Към вторичната камера са монтирани измервателни прибори, съгласно италианското законодателство: термостат и оксиметър, с които се регулират, регистрират и алармират необходимите параметри. Горивната камера е монолитна и обхваната от кожух със специализирани устройства за поемане на температурното разширение. Камерата работи до температура от 1400°C. На камерата е шарнирно инсталиран канал за отвеждане на огъня (устойчив на работните температури). Камерата е непромокаема за течности. Зареждащото устройство се затваря с вертикално действаща (тип гилотина) врата с контра тежест. Електрическият панел за управление е конструиран за ниво на защита IP55 и побира оборудването за управление и измерване на температурата, налягането и съдържанието на кислород в пещта, управление на помпата за студен въздух, както и предпази-

тели за защита на горелките, вентилатора и т.н. Няма данни за приложение на системата за третиране на отпадъци с голям капацитет.

3.7. Инсинератор на фирмата „Envikraft“

Датската инженерна компания Envikraft A/S вече има 40-годишен опит в проектирането, изработването и инсталирането на инсинераторни системи. По тяхно „know-how“ са инсталирани повече от 300 инсинератора по света, където различните изисквания и условия са допринесли за усъвършенстването на специалната технология на инсинериране. Енергийното възобновяване и екологичната отговорност са важни параметри в постоянния стремеж за разработването на по-добри продукти. Обслужването, безопасността и благонадеждността са от най-съществено значение за Envikraft A/S като сертификатът ISO 9001 е доказателство за това и поставя компанията на възможно най-висока позиция по отношение на задоволяване на качествените изисквания на клиентите. Инсинераторът работещ в МБАЛ-Александровска болница — София, е плод на съвместен Българо-Датски проект за непрекъснат работен режим 24 часа в денонощието; снабден е със система за регенериране на създадената при процеса топлинна енергия, както и със система за отстраняване на вредните съставки в изходящите газове, съгласно стандартите на Директива 2000/76/ЕС на Европейския Съюз. Корпусът на инсинератора е поставен в стоманена обвивка с вътрешно огнеупорно покритие и изолация, проектирана така, че да може да работи с вторична температура на горене над 1100°C и да бъде в съответствие с Европейските стандарти за отпадъци, съдържащи хлорирани органични отпадъци с повече от 1 % хлор. Възстановяването на топлинната енергия се извършва чрез вътрешен нагревател на вода (котел), който е свързан с градската система за централно отопление. В случай на възникване на проблеми с отвеждането на енергията към тази система е инсталиран обезопасяващ охладител (охладителна кула). Неутрализацията на димните газове и тяхното почистване от вредни съставки се извършва чрез вкарване в реакторна зона на смес от химически активна вар (или сода бикарбонат) и активен въглен, след което се провежда филтриране чрез високо-ефективен филтър.

Захранването на инсинератора (постъпването на определено количество отпадъци в приемното устройство) е разрешено само

тогава, когато в инсинератора са създадени необходимите според изискванията условия. Контейнерите с отпадъци се поставят в елеватора. Отваря се горната врата на приемното устройство, контейнерите с отпадъците се повдигат нагоре и продължават своето движение до изсипването на тяхното съдържание в приемното устройство. След това контейнерите се връщат в начална позиция. Тази операция се повтаря, докато в приемното устройство се събере предварително определеното за процеса количество отпадъци. Зареждането на инсинератора (изсипването на наличния в приемното устройство отпадък в пещта) се извършва в определен момент, при който трябва да бъдат спазен предвидения технологичен режим, който включва:

- ▶ изтичане на 20-минутен цикъл от предходното зареждане;
- ▶ подходяща температура в първичната камера;
- ▶ увеличено съдържание на O_2 в димните газове в първичната камера;
- ▶ съдържание на отпадък в приемното устройство и др.

От момента на попадането си в първичната камера при температура приблизително $800-1000^{\circ}C$, отпадъците преминават през процеса на горене. Тук те се трансформират в топлина, водна пара, частично изгорели димни газове (основната част на отпадъците) и пепел на дъното (твърдите частици на отпадъците, които не могат да изгорят). Отпадъците се изгарят в първичната камера в условията на автоматично управляван процес, при който въздух (кислород) за горенето се подава на различни места в първичната и вторичната камера, за да се осигури контрол в участъците, където ще изгорят горимите газове с цел да се постигне оптимално протичане на този процес. Когато температурата в първичната камера достигне твърде висока стойност, системата автоматично е в състояние или да прекъсне подаването на въздух за горене към първичната камера и да добави въздух за горенето във вторичната камера (за да изгорят всички газове в този участък), или да активира системата за впръскване на вода и/или течен отпадък в първичната камера с цел да се разпръсне вода върху отпадъците. По този начин се постига регулиране на температурата и се гарантират показателите на получаваната водна пара. Когато е необходимо да се

повиши температурата, се добавя въздух за горене под, в средата или над отпадъците с цел да се създадат оптимални условия за изгаряне.

Спираловидни винтове, намиращи се на дъното на първичната камера и изпълняващи предварително зададена схема на движение (комбинация от движение напред и назад) разбъркват и придвижват постепенно изгорелите отпадъци към устройството за отвеждането им към контейнера за шлака. Целта е времето за престой на отпадъците в пещта от попадането им там до изсипването им във вид на шлака да е над 10 часа, което гарантира пълното им изгаряне. Изсипването в контейнера за шлака се извършва автоматично през дъното. Устройството е програмирано по отношение на фактора време. Летливите пепели, образувани при преминаването на изходящите газове през платната на филтъра, се събират в голям контейнер, поставен под филтъра.

Димни газове

Основната част на отпадъците в първичната камера се трансформират в частично изгорели димни газове, съдържащи основно въглероден оксид, въглеродороди и азот от въздуха за горене. Преминаването на тези димни газове от първичната към вторичната камера е съпроводено с добавяне на вторичен въздух за горене, за да се осигури пълното им изгаряне, което се регулира с концентрацията на кислорода.

Монтираната във вторичната камера горелка е предназначена да осигурява необходимата температура за пълното изгаряне на димните газове в случай, че топлинната енергия на самите димни газове не е достатъчна за такова изгаряне. Изключително строги са изискванията в Директива 2000/76/ЕС по отношение на температурата, която трябва непрекъснато да се осигурява във вторичната камера — тя е 1130 °C (+/50°C). Също толкова строго е изискването за времето на пребиваване на димните газове във вторичната камера — минимум 2 s.

Напълно изгорелите димни газове напускат инсинератора и влизат в котела през облицован фукс за димните газове. Там те се охлаждат до температури, съобразени с граничната работна температура на платната на филтъра от една страна и съответстващи на идеалните температури за тяхната неутрализация от друга. Кон-

струкцията на котела е такава, че димните газове се охлаждат без да се достига точката на росата. В случай, че горещата вода, която се произвежда в котела, не се използва в качеството на отоплителен флуид или за целите на миене и почистване, тя се подава в охлаждаелна кула, която е инсталирана с цел да се погълне излишната топлина.

В ръкавния филтър реакционните вещества (химически активна вар и активен въглен) се добавят към димните газове за неутрализация на киселинните компоненти като хлороводород и серен диоксид и за адсорбиране на тежките метали, диоксините и фураните. Предназначението на филтъра е да събира праха от димните газове (включително използваните количества вар и въглен). Ръкавно-корпусният филтър се състои от корпус за ръкавни елементи, като филтърните ръкави са монтирани върху специални стоманени мрежи във вътрешността на корпуса. Димните газове се въвеждат в корпуса на филтъра и преминават през ръкавите. Слои от химически активна вар (сода бикарбонат) и въглен се изгражда върху тях и димният газ е принуден да преминава през този слой, където протича химическата реакция. Когато падът на налягането върху филтърните ръкави достигне предварително зададено ниво, те се почистват, като през тях се пропуска въздушна струя. Използваният отработен реагент пада от ръкавите и се събира на дъното на филтъра, откъдето чрез непрекъснатото действаща херметично уплътнена въртяща се клапа (шлюз за пепел) се осъществява събирането на отработения реагент в контейнери. Пречистените димни газове напускат филтърната система и се засмукват от димния вентилатор и отвеждат към комина. Мониторингова система осигурява непрекъснатата информация за съдържанието на замърсителите в изпускания димни газове като получените данни се записват от регистрираща компютърна система.

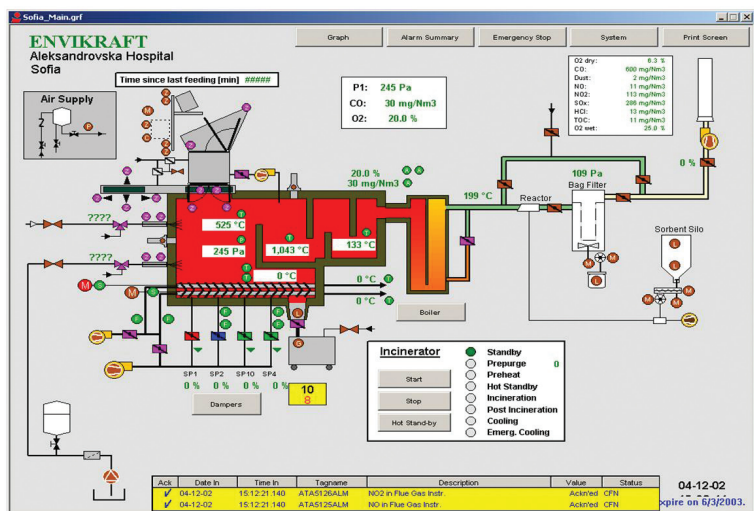
Димният вентилатор, който отвежда димните газове през комина в атмосферата, представлява основно оборудване, с което се създава отрицателното налягане в цялата система. Непрекъснатото поддържане на необходимото подналягане в системата осигурява непроницаемост в посока от инсинератора към помещението, в което той се намира. Регулирането на подналягането се извършва чрез клапата, разположена пред него. Управлението на тази клапа се извършва пряко от прибор, следящ във всеки момент стойността на подналяга-

нето в първичната камера.

Опитът от експлоатацията на инсинератора в Александровска болница — София (предвид неговото местоположение) доказва, че се извършва ефективно и пълно изгаряне на отпадъците, събирани от здравните заведения и с това се избягва отделянето на токсични газове. Високоэффективните филтри и неутрализиращи реакционни вещества, както и прецизните анализатори, осигуряват ефективното пречистване на димните газове и спазването на Европейските екологични норми.

Корпусът на печта е изграден на основата на затворена стоманена конструкция, което означава, че първичната и вторичната камери са изцяло заварени и са затворени като кутия. Всички страни на кутията са подсилени с греди стоманена конструкция. Количеството и формата на гредите са конструирани с 30% повече арматура за стоманобетон, в сравнение с обикновените пещи за изгаряне. Тази подсилена конструкция се използва при всички пещи на Envikraft A-S за радиоактивни отпадъци от ниско ниво (РОНН), които трябва да са обезопасени срещу земетресения, и в които влизат най-големите пещи за РОНН в света, намиращи се в САЩ и Франция, плюс наскоро доставената пещ за РОНН в Тайван. Стената заедно с вътрешните огнеупорни материали е конструирана с обща дебелина от приблизително 380 mm. Стените са изградени тип сандвич над стоманено бетонната конструкция. Вътрешната конструкция представлява:

- ▶ 125 mm огнеупорни материали с температурна устойчивост до 1600°C;
- ▶ 25 mm твърди влакна с температурна устойчивост на повърхността до 1400°C;
- ▶ 75 mm твърда изолация с температурна устойчивост на повърхността 1100 °C
- ▶ 100 mm мека изолация с температурна устойчивост на повърхността 900°C;
- ▶ 5 mm стоманена ламарина;
- ▶ 50 mm отвор за въздушно охлаждане;
- ▶ 1 mm покривна плоча.



Фигура 13. Схема на управлението на инсинератора на Envikraft

Вътрешните огнеупорни материали са прикрепени към гредите на стоманената конструкция чрез стоманени и керамични анкерни болтове, които заедно с предварително изготвените отвори позволяват необходимото движение — разширение на огнеупорните плоскости, когато са нагreti до 1100°C. Първичната камера е голяма и количеството анкерни болтове за огнеупорните плоскости в камерата са повече, отколкото във вторичната камера, за да се постигне много стабилна конструкция. Вторичната камера се състои от множество малки камери с тунели, които допълнително стабилизират, самоносеци са и поддържат огнеупорните плоскости. Конструкцията на пещта се основава на изключителния дизайн за безопасност и няма слаби места, които да правят системата уязвима.

В първичната камера, където се извършва началното термично третиране, температурата е от порядъка на 800–1000°C. Температурата във вторичната камера, където изгаря димният газ, е между 1100–1200°C. Инсталациите на Envikraft за твърди битови отпадъци се предлагат в различни опции в зависимост от начина на зареждане на отпадъците, като има и опция за съвместно изгаряне на ТБО и други видове отпадъци. Остатъчната пепел съдържа по-малко от 3% неизгоряла материя, която може съвсем безопасно да бъде депонирана.

4. Пиролиза

4.1. Основни процеси на пиролизата

Пиролизата е процес на термично разлагане на органични отпадъци чрез нагряване в отсъствие на кислород (инертна и редукираща среда). Газообразните продукти от разлагането на отпадъците се смесват с димните газове от изгарянето на горивото или на част от отпадъците. По този начин на изхода на реактора, те имат по-ниска топлина на изгаряне, но по-висока температура. Сместа от газове и въглерод в твърдия остатък се изгарят в традиционна инсталация с малък излишък на кислород. Този процес е намерил практическо приложение в нашата страна при третирането на отпадъците от медицината. Пиролизата включва последователното протичане на процесите:

- ▶ сушене;
- ▶ суха дестилация;
- ▶ газификация;
- ▶ горене на коксови остатъци;

Теоретични основи на процеса

Пиролизата на отпадъците е сложен процес на термична деструкция, включващ както реакции на разлагане на изходните отпадъци, така и вторични реакции, в които участват продуктите на разлагането. Вследствие на това от отпадъците се отделя смес от пари и газове, съдържащи различни вещества. При пиролизата се осъществяват два основни типа реакции:

- ▶ взаимодействия на верижно термично разлагане на компоненти от ТБО до междинни съединения и по-прости вещества;
- ▶ кондензация и полимеризация на вещества, получени в началния етап на термичната деструкция

Съотношението $C:H:O$ в ТБО е близко до това в целулозата ($C_6H_{10}O_5$). Добивът и видът на продуктите може да се регулира чрез прилагане на повишено налягане, катализатори, регулиране количеството на въздух (O_2) в системата, температурата, съдържанието на H_2O , H_2 , CO и др. За поддържане на необходимата температура, част от кокса и горливия газ се изгарят. При пиролизата на ТБО се получават:

- ▶ твърд остатък — пепел и кокс (дървени въглища);
- ▶ течни въглеводороди — пиролизно масло;
- ▶ вода, замърсена с органични вещества;
- ▶ горлив газ.

Материалният баланс на пиролизния процес показва, че средно от 1 t ТБО могат да се получат 73 kg кокс; 160 l течно гориво; 600 m³ нискокалоричен газ.

Основните предимства на пиролизния процес от технологична гледна точка са:

- ▶ Универсален метод по отношение на фракционния състав и фазовото състояние на отпадъците, тяхната влажност и пепелно съдържание;
- ▶ Използва се за третиране на неподходящите за изгаряне и газификация не само битови, но и промишлени отпадъци, които са вискозни и пастообразни, влажни утайки, шламове с високо пепелно съдържание, замърсени с мазут и нефтопродукти земни маси, силно разпрашаващи се отпадъци, отпадъци, съдържащи стапящи се соли и метали, остатъци от кабели, автомобилен скрап, отпадъци от ветеринарната и хуманната медицина и др.;
- ▶ Получените продукти от процеса могат да се използват като енергийни източници, което превръща този метод в алтернатива на традиционните методи за получаване на енергия от отпадъци;
- ▶ Енергията (ексергията) на отпадъците се превръща в по-удобен за съхранение вид;
- ▶ Получените в резултат на пиролизата продукти имат калоричност и чистота, която позволява те да се използват и като суровини в промишлеността.
- ▶ Предимства на пиролизния процес от екологична гледна точка:
- ▶ Димните газове, получени в резултат на пиролизата са по-слабо замърсени с летлива пепел и сажди и това позволява да отпадне допълнителното пречистване преди използването на тези газове за горене и производството на водна пара или за други цели.
- ▶ Основната част от тежките метали, съдържащи се в отпадъците

се задържат в коксовия остатък, като някои токсични форми на металите (хрома) се превръщат в нетоксични;

- Потенциалните възможности за получаване на С и Н от ТБО чрез пиролиза е алтернатива на традиционните методи за получаване на С и Н от твърди горива. По този начин невъзобновяемите природни ресурси могат да бъдат съхранени за бъдещите поколения.

Пиролизни агрегати

В промишлената практика пиролизният процес се провежда като непрекъснат или периодичен. За непрекъснатия се използват въртящи се пещи, шахтови пещи с въртящ се под, многоподови пещи в реактори с „кипящ слой“. В зависимост от температурата в пиролизния агрегат се различават три вида суха пиролиза (ниско-, средно- и високотемпературна). Характерна особеност на пиролизните агрегати е високата степен на херметичност на пещните агрегати като особено внимание се отделя на зареждащото устройство и на устройството за отстраняване на пиролизния остатък. При производство на енергия на място, изходящите газове директно постъпват във високотемпературна окислителна камера за пълно изгаряне и след котела преминават в праховловителна и газопречистваща система.

Нискотемпературната пиролиза протича в интервала от 450 до 550 °С. Нарича се още полукоксоване и при нея се постига максимално отделяне на течни продукти и твърд остатък. Течните продукти съдържат около 70–80 % вода и имат калоричност 2340–4660 кJ/kg. Твърдият остатък — кокс или дървени въглища е много близък до състава на въглищата. Неговото количество е 17–25 % от масата на продуктите и намалява при увеличаване на скоростта и температурата на нагриване. Калоричността на дървените въглища е 25 630–27 960 кJ/kg. Процесът започва още при 100 °С. До 150 °С протича твърде бавно, след което започва да се ускорява. До температура 270–280 °С, разлагането става с поглъщане на топлина. Тогава химичният механизъм на процеса рязко се изменя: започват екзотермични реакции и температурата бързо се повишава до 380 °С. В интервала 280–380 °С (по време на екзотермичните реакции) се образуват значителни количества оцетна киселина, метилов алкохол и смоли. До 450 °С се образуват некондензиращи газове (11 m³ от 100

kg отпадък), а при по-висока температура се формират течни продукти, предимно тежки въглеводороди. Димните газове при 200°C съдържат CO_2 и CO в съотношение 75% CO_2 и 25% CO . При повишаване на температурата, съдържанието на CO се повишава и в газа се появяват въглеводороди. При 450°C, газът съдържа — 45% CO_2 , 30% CO , CH_4 –15%, C_2H_2 –5% и H_2 –5%. Съдържанието на въглеводороди достига своя максимум при около 500°C, след което намалява вследствие на разлагането им с образуване на водород.

Среднотемпературна пиролиза протича при температури 550–800°C. Нарича се още среднотемпературно коксуване. При него количеството на газовете е по-високо, като същевременно специфичната им топлина на горене става по-ниска. Намалява количеството на отделящите се течни продукти и коксов остатък. С повишаване на температурата, количеството на твърдия остатък намалява. При 500°C, твърдият остатък съдържа до 88% C, 2% H, 10% O+N-. Оптималната температура на пиролиза на медицински отпадъци, съдържащи предимно целулоза (превързочни материали) е над 600°C.

Високотемпературна пиролиза се провежда при температури в интервала от 800°C до 1050°C. Това е процес на същинско коксуване. При него отделянето на течни продукти и твърд остатък е минимално, за сметка на голямото количество горивен газ. Този продукт е основна цел на високотемпературната пиролиза. При по-висока скорост на нагряване и по-висока крайна температура, по-голяма част от отпадъците се превръщат в газообразни и течни продукти. Газообразните продукти по маса са 25% от въздушно безпепелните отпадъци. Калоричността им е 11 180–13 040 kJ/m³. При 900 °C, полученият газ съдържа 80% H_2 , 9%, CH_4 и 9% CO . Пиролизата на биологичната част от болничните отпадъци се провежда при температура 1200°C в пиролизни клетки, в продължение на 18 h. При тези условия се получава пълна деструкция на органичните компоненти и минимални количества CO , HCl , NO_x и прахообразни продукти. Количеството на твърдия остатък е 5–7 % от първоначалната маса и около 2 % от първоначалния обем на отпадъците. Той е стерилен. Опасните му свойства се определят от евентуално съдържание на тежки неимобилизирани метали.

В сравнение с инсинерацията пиролизата има следните предимства:

- Общият обем на изходящите димни газове е с около 25% по-нисък;

- ▶ Съдържанието на прах и токсични елементи в димните газове е с около 50% по-ниско;
- ▶ Концентрацията на диоксини и фурани в газовете след пиролизно третиране е с около 40% по-ниско от концентрацията им след инсинераторите на аналогични отпадъци;
- ▶ Концентрацията на NOx след високотемпературната окислителна камера е по-ниско от ПДЕ, поради което не се налага допълнително почистване на газовете;
- ▶ Основната част от тежките метали преминават в твърдия остатък;
- ▶ Пиролизното третиране на отпадъците струва 300 USD/t отпадък, което е с около 15% по-малко от разходите за инсинерация.

Недостатъците на пиролизата в сравнение с инсинерацията са, както следва:

- ▶ Необходимост от сортиране на отпадъците преди термичното третиране;
- ▶ ограничени възможности за използване на физическата енергия (ексергия) на димните газове;
- ▶ необходимост от постоянство в химичния и физичния състав на отпадъците или незначително изменение в тесни граници;
- ▶ ограничение на възможностите за автоматично управление и регулиране на процесите.

У нас е внедрена системата за пиролиза „Noval“ за третиране на отпадъци от медицината.

4.2. Технология „Noval“

Технологията е предимно за болнични отпадъци, но може да се използва и за ТБО, като това се определя от количеството и състава им. Събирането на отпадъците и тяхното складиране и транспортиране трябва да отговаря на концепциите на съвременните решения за безопасност и предпазване от замърсяване и зараза. Отпадъците от здравните заведения трябва да постъпват за обработка опаковани в пластмасови опаковки, позволяващи лесно транспортиране и товарене. За медицинските отпадъци, съдържащи биологични компоненти трябва да е предвиден охлаждащ бокс. Отпадъците постъпват в пещта с помощта на приемно устройство.

Технологиите на термичен разпад на веществата се базират на процесите на редукция и окисляване. В резултат на разпада възникват нови, по-прости съединения. Веществата, влизащи в реакции по правило са в газообразно състояние и преди началото на реакцията трябва да са добре смесени. Времето, смесването и температурата определят скоростта и механизма на разграждане. Именно тези параметри се използват основно за управление на пиролизата. В първичната камера отпадъците се изсушават и газифицират при недостиг на въздух, а във вторичната камера — терморектор се осъществява смесване и изгаряне на димните газове с добавен въздух при висока температура, при което генерираните газове отдават топлината си в топлообменника за производство на пара и се насочват за крайно пречистване. Основните технологични модули на технологията Noval са:

- ▶ първична пиролизна камера;
- ▶ терморектор (вторична камера);
- ▶ топлообменник;
- ▶ пречистване на газовете.

Пиролизната камера се състои от самостоятелна камера с характерна форма и подаващо устройство. В този модул отпадъците се изсушават и разлагат до горивни газове и въглерод. Процесът се ускорява при подаване на ограничено количество въздух — под необходимото за пълно изгаряне. Образувалият се въглерод изгаря в камера с внасяне на допълнително количество въздух, а получените горими газове преминават през устройства за изсушаване и доразлагане и през топлообменник постъпват в терморектор. Дозирането на отпадъците в пиролизната камера се реализира с различни системи (контейнери, подемници, специални хранящи устройства и т.н.). Базовите варианти предвиждат използване на претоварващо съоръжение на опакованите отпадъци (обикновено в пластмасови торби) за придвижване в пещта. Приемателната камера (хранящ бункер) се затваря плътно и след това освобождава постъпването на отпадъка в камерата, като е снабдена с евакуационен вентилатор за изсмукване на газовете. Пиролизната камера е конструирана от зидария със стоманен корпус и изолация, като термичното натоварване е до 1700°C.

При инсталация с капацитет 1000–1300 t/y са получени следните средни данни:

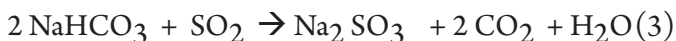
калоричност на отпадъка – 15 MJ/kg; съдържание на влага — макс. 25 %; неизгорени вещества макс. 5 %. Камерната пещ осигурява управляем пиролизен ефект, гарантиращ остатъчно съдържание на органичен въглерод под нивото от 0,5%. Термореакторът (вторична камера) е произведен от стоманени сегменти изолирани с шамот на слоеве, устойчив на температури до 1700°C. Разположен е непосредствено над първичната камера и е разделен на следните зони:

- ▶ смесителна и запалителна
- ▶ зона на изгаряне
- ▶ зона на доизгаряне

Горещите газове от първичната камера се смесват с допълнително внесен въздух и се изгарят във вторичната горелка (при начално пускане се използва газово или течено гориво). За ускоряване на процеса и пълно изгаряне на газовете се подава допълнително въздух. Вторичната камера е проектирана за осигуряване температура 1 200°C с време за задържане 2 s. Температурата се управлява с терморегулираща система. Теплообменникът осигурява рязко охлаждане на постъпващите от вторичната камера газове. Освен това с него се осъществява и генерирането на топлинна енергия или пара за последващо използване. Създават се условия генерираната от процеса енергия да бъде използвана за отопление или производство на електроенергия. От друга страна рязкото охлаждане на димните газове предотвратява възникването на диоксини и фурани и ги подготвя за пречистване. Към теплообменника е монтиран аварийен газоход за изпускане на димни газове и гореща вода (калибрирана клапа) в случай на авария. Излизащите от теплообменника газове са с температура 250°C–360°C.

При пречистването на димните газове се използват всички съвременни постижения и опит при прилагането на физико-химични методи за абсорбция и филтриране, както и автоматизирана система за управление. Оборудването обикновено включва смесителна камера (вихрова), филтър на тефлонова основа, изпарителен охладител тип „Вентура“ и абсорбционна колона, работеща в противоток режим. Абсорбционната колона е снабдена със сепаратор за

аерозоли. Прилаганата така наречена технология за интелигентно филтриране се основава на принципа на повърхностната филтрация. В газовия поток, постъпващ от топлообменника (с температура примерно 250°C) се добавя смес „сорбалит“ — 95–97% сода бикарбонат и 3–5% въглероден сорбент. Сорбентът с търговско наименование „сорбалит“ подобрява очистката и производителността на отделителя при последващата филтрация. Той влияе на реакциите с участие на HCl, SO₂, HF и адсорбира диоксини, фурани и тежки метали. В качеството на филтриращ елемент се използва ръкавен филтър на тефлонова основа на фирма GORETEX. Основните реакции, които протичат при пречистването на газовете са, както следва:



При повърхностната филтрация пренасяните частици не проникват в тъканта на филтъра (0,1 μm) и отстраняването на вредните вещества се осъществява на мембранната повърхност. Филтърните ръкави са разположени във филтърното тяло с изолация. Автоматичното почистване на ръкавните филтри (отстраняването на абсорбираните газообразни органични вредни вещества (диоксини и фурани) обезпечава ефективната работа на филтъра при необходимото подналягане за процеса и съдържанието на прахови частици в изходящите газове е под 1 mg/Nm². Примерните технологични параметри на филтърните ръкави GORETEX са както следва: количество преработвани газове — 2000 Nm³/h; температура- 170–210 °C; прах — до 1 g/Nm³; SO₂ — 150 mg/Nm³; HCl — до 100 mg/Nm³; HF — до 2 mg/Nm³; TOC — до 20 mg/Nm³; NO_x — до 300 mg/Nm³; CO — до 50 mg/Nm³; влажност — 10 %; O₂ — 11–12 %. Непрекъснат мониторинг и контрол се осъществява, съгласно нормативните изисквания в страната и ЕС по следните показатели:

- ▶ Температура на отпадъчните газове при изпускане в атмосферата, температура в термореактора;
- ▶ Съдържание на кислород;
- ▶ Съдържание на CO;
- ▶ Съдържание на TOC, HF, HCl, NO_x, SO₂, прах, C_xH_y.

За транспортиране и подаване на отпадъците в инсинератора се използват контейнери (сертифицирани за транспортиране на опасни отпадъци — ADR). Инсталацията е съоръжена с агрегат за дезинфекция на контейнерите с гореща вода и детергенти под налягане.

Техническите параметри на инсталация на HOVAL тип GG 7 са следните:

<i>Първично изгаряне</i>	:камера за пиролиза
Тип	:HOVAL Multi ZON GG 7
Обем на камерата	:13 m ³
Обем на хранящото устройство BS 7	:2 m ³
Поддържаща горелка	:35–200 kW
Температура в пиролизната камера	:450–650°C
<i>Вторично изгаряне</i>	
Време на задържане	:1–2s при 1200 °C
Разход на природен газ	:3–100 Nm ³
1-ва горелка	:200–1200 kW
разход на природен газ	:19–100 Nm ³ /h
2-ра горелка	:200–940 kW/h
разход на природен газ	:19–90 Nm ³ /h
<i>Топлообменник</i>	:паров
производителност	:1450 kW
параметри на парата	:max. 1,3MPa 190°C
работно налягане	:1,3 MPa
<i>Пречистване на газовете</i>	
Сух филтър с принадлежности	:тип SFD
Количество на изх. газове	:max. 4100 Nm ³ /h
Разход на вода	:500 l/h
Температура на изход от топлообменник	:240 °C
Максимално разреждане	:7.000 Pa
Разход на въздух (горене)	:400 Nm ³ /h
(налягане)	:0,6 MPa

Разход на енергия и материали

Гориво — природен газ

За първична и вторична горелки се подава природен газ с налягане 10 kPa.

Разход на гориво за (газ) GG 7

Запалваща горелка :3–10 Nm³/h

Първична горелка	:19–100 Nm ³ /h
Вторична горелка	:19–90 Nm ³ /h
общ разход	:80 Nm ³ /h

Технологична вода

газоочистка (5 bar)	:500 l/h
пиролизна камера	:500 l/day

Сорбент (реагент)

Дозирано количество	:3–7 kg	
Електроенергия:	Pi (kW)	Pp (kW)
Линия на запалване	70	50
Технология газоочистка	35	28
Осветление и КИП и А	10	5
Захранване	:3 PEN 50 Hz 220/400 V TN-C	

Показатели на гарантираните емисии

Лимити на емисии

а) лимити на газове — при суха/мокра очистка

прах	1.000	mg/Nm ³
HCl	600	mg/Nm ³
SO ₂	1.000	mg/Nm ³
HF	20	mg/Nm ³
Hg	5	mg/Nm ³
Pb, Zn, Cr	50	mg/Nm ³
dioxin/furan	30	ng/Nm ³

б) пречистени газове (при съдържание на O₂ — 11 %, 101, 325 kPa при 0 °C)

пепел	30	10	0,1–4	mg/Nm ³
HCl	30	10	0,8–6	mg/Nm ³
SO ₂	100	30	6–8	mg/Nm ³
HF	2	1	0,1–0,4	mg/Nm ³
NO _x	500	180	180–345	mg/Nm ³
Тежки метали				
клас 1 (Hg, Cd)	0,2	0,1	0,01–0,03	mg/Nm ³
клас 2 (Ni, As)	2	1	0,02–0,05	mg/Nm ³
клас 3 (Pb, Cr, Cu, Zn)	5	5	0,1–0,08	mg/Nm ³
диоксини/фуран	0,1	0,0–0,095		ng/Nm ³

Представените данни се отнасят за сухо пречистване при съотношение на компонентите на реагента 95 % сода бикарбонат и 5 % кокс (или активен въглен).

Параметри на шум и вибрации — еквивалентното ниво на шума в работната зона и спомагателните помещения не превишава нормите.

Използваемост на филтърните ръкави — срокът на експлоатация е 3,5–5 години.

Численост на работниците в смяна — 2 + н-к смяна; **Брой смени** — 2–4.

5. Газификация

5.1. Основни характеристики

Газификацията е частично изгаряне на органичната материя с цел получаване на газове, които могат да бъдат използвани като хранваща смес или като гориво. Има няколко различни процеса на газификация, които се използват или се разработват, и които по принцип са подходящи за третиране на битови отпадъци, определени опасни отпадъци и изсушени утайки от пречиствателни станции. Важно е параметрите на подаваните отпадъци (размер, консистенция) да се поддържат в определени граници. Това често изисква специално предварително третиране на битовите отпадъци. Основните **предимства** на процеса на газификация са близки до тези на пиролизата, но някои от тях са специфични:

- ▶ По-малък обем на димните газове в сравнение с изгарянето
- ▶ Високи работни налягания (на самия процес);
- ▶ Генериране на малко количество твърд остатък;
- ▶ Малки и компактни агрегати (особено при високо налягане);
- ▶ Материално и енергетично оползотворяване на синтез-газа;
- ▶ По-малко отпадъчни води от пречистването на синтез-газа.

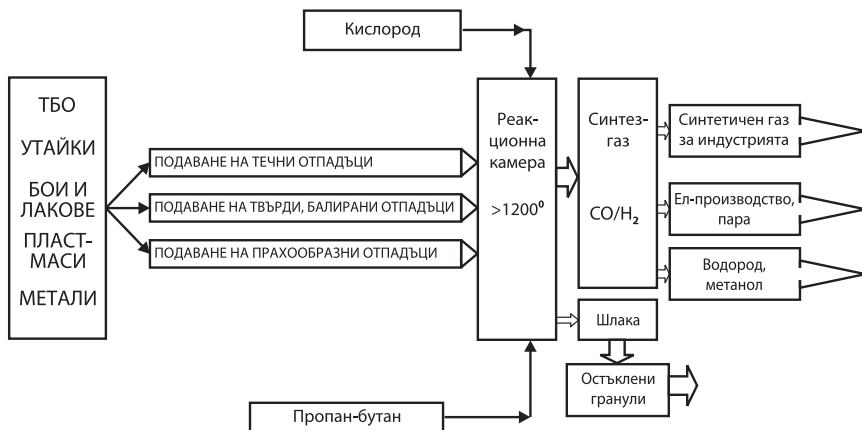
За газификация се използват различен тип реактори: с флуидизиран слой, включително циклонен тип; въртящи пещи; реактори с пълнеж; с „летящо състояние“.

И пиролизата и газификацията се различават от изгарянето по това, че могат да бъдат използвани за регенериране на химическата и енергийна стойност на отпадъка. Произвежданите химични продукти в много случаи могат да бъдат използвани като суровини за реализиране на други производствени процеси.

5.2. Метод „АРЛИС“

Отпадъците се пресоват в бали с размер 1m^3 и маса около 600 kg и се подават директно в реактора. Скоростта на подаване се регулира, в зависимост от скоростта на деструкция на използваните отпадъци. Захранващото устройство се охлажда с цел избягване на газоотделяне от него. Самият реактор е позициониран хоризонтално и отговаря по ноу-хау и опит на типа газификация в „летищ поток“. Реакторът е оборудван с газова горелка за стартиране на процеса, която се захранва от природен или пречистен синтез-газ. Чрез подаване на кислород или въздух с налягане от 1 bar се постига температура между 1200–2000°C, при което настъпва газификация на отпадъка. Външната стена на реактора се охлажда посредством охлаждащ екран, който включва буферен резервоар, топлообменник с охлаждаща вода, различен брой помпи и филтри. Във вътрешността на реактора се намира разтопена шлака, възобновяваща се постоянно в течение на процеса газификация. Образованата течна шлака и суров газ напускат реактора и се охлаждат шоково чрез подаване на свежа вода, която понижава температурата им до 300–400°C. Посредством помпи водата се връща в охладителната система, чиято температура се регулира с автоматизирана система. При тези условия шлаката се втвърдява в стъклообразен гранулат, в който са включени тежките метали, но вече имобилизирани. Гранулираната шлака се събира на дъното на охладителя и се отвежда през шлюз. Охлаждането на газовете позволява производство на пара с налягане около 5 bars. След това газът се подава в реактор за газифициране чрез транспортно пневматично устройство, оборудвано с филтър. Този филтър улавя праховите частици и ги връща обратно в реактора за горене. След това газовете преминават във вътрешен охладител (Фигура 14).

За охлаждане се използва алкализирана с NaOH вода от охладителната система. Водата, която се използва за вторичното охлаждане на газовете и която съдържа соли и твърди частици, преминава през решетъчни филтри, обезсолява се, след което се отвежда в буферен резервоар. Тук се отделят остатъчни газове, които се връщат в системата за пречистване и изпускане през комина. Образованият синтез-газ от процеса се охлажда до 40°C и се третира за отделяне на сярата. След този процес, той може да бъде използван за различни цели — електропроизводство, производство на пара и производство



Фигура 14. Технологична блок-схема на технологията АРЛИС

на CH_3OH , H_2 или NH_3 .

Нововъведенията, които АРЛИС изтъква като предимства на метода са:

- ▶ значително по-рационална подготовка на отпадъците чрез балиране, тъй като се избягва процеса на раздробяване на отпадъците;
- ▶ процесът на балиране протича при налягане 200 bars, като в получените бали (от 1m^3) се съдържа ограничено количество кислород, чрез което се елиминира рискът от тлеене и самозапалване, и балите могат да се складират;
- ▶ по време на балирането по системата АРЛИС няма наднормени емисии на прах и шум;
- ▶ системата АРЛИС оползотворява 80–90% от общата енергия на отпадъците, като я преобразува в синтез-газ, който не съдържа замърсители;
- ▶ системата може да работи с подаващи устройства за различни типове отпадъци (твърди, течни, газообразни, прахообразни), които дори могат да се комбинират и/или подменят докато системата е в действие;
- ▶ системата позволява обработване на отпадъци, съдържащи и негорими компоненти от метали, стъкло, камъни и пясък, строителни отпадъци; тези неорганични материали се стапят до материал,

подобен на вулканично стъкло; този остатък често се използва в пътното строителство;

- ▶ тежките метали, които се отделят при процеса се трансформират в сулфиди по време на процеса на пречистване на газа;
- ▶ системата позволява третирането и на токсични отпадъци и отпадъци от други горивни процеси без това да има негативно въздействие върху околната среда;
- ▶ високотемпературните условия на горене (1200–2000°C) не позволяват образуване на пиротоксини;
- ▶ системата работи на модулен принцип, като всеки модул обработва отпадъци в количество 36 000 t/y; необходимата площ за два модула е около 5000 m²;
- ▶ системата е гъвкава и позволява увеличаване броя на модулите според необходимостта;
- ▶ оперативният капацитет на системата е в широк диапазон — от 20 до 100 %;
- ▶ системата АРЛИС не работи в условията на високо налягане, което силно понижава опасността от експлозия;
- ▶ за обработването на 145 000 t/y отпадъци е необходима площ от 10 dka.

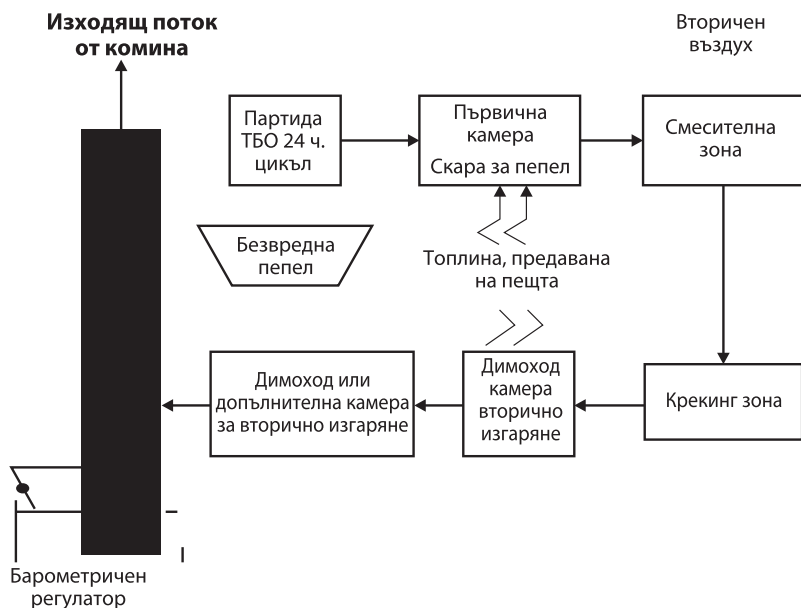
5.3. Метод за газифициране „Brookes“ на фирмата „RRS Internacional“

Технологията е предназначена за третиране на болнични и битови отпадъци, пестициди, строителни, течни и някои производствени отпадъци. Системата се базира на газифициращия процес, като инсталациите са с различен капацитет (Фигура 15). Отпадъците постъпват в първичната камера с помощта на транспортна лента. Главната врата се херметизира до приключване на процеса на изпаряване. Не се използва никакъв открит пламък или въздух под налягане. Топлината се предава в остатъчната маса през огнището на пещта, което представлява и таван на камерата за вторично изгаряне. Изпаренията преминават през зоната на смесване, където се подава вторичен въздух и горивната система осигурява енергията. Процесът използва пусков метод за внезапно окисляване, което осигурява ви-

сока степен на разграждане и ефективно окисляване на обработваните отпадъци. Всички газифициращи модули на Brookes за твърди отпадъци са системи с партидно зареждане, което осигурява абсолютен контрол върху циклите на изгаряне.

Изпаряването на отпадъците, последвано от окисление на газообразните пари представлява непрекъснат химически и термо-флуиден балансиращ процес, който не подлежи на прекъсване. Технологиата на изпаряване на отпадъците не налага използване на съоръжения за събиране на летлива пепел или твърди частици. Парите, образувани от изпарителния процес, преминават през «вторично изгаряне», където се неутрализират.

Постига се висока степен на разграждане на водородните връзки и не съществува възможност за образуване на хлорирани въглеводороди — диоксини и фурани. Системата за вторично изгаряне се състои от три основни компонента — зона на смесване, крекинг — зона, камери на низходящ поток. Системата е модулна и може да се разширява при необходимост. Всеки модул е с приблизителни габаритни размери 3,65 x 2,7 x 7,6 m; всеки модул има два комина и обем на ка-



Фигура 15. Принципна схема на метода за газифициране Brookes

мерата около 23 m^3 т.е всеки модул може да поеме от 5 до 15 t отпадъци. Зареждането, обработката, охлаждането и отстраняването на пепелта е с продължителност 24 часа. Оптимална и икономически най-ефективна е системата, която обработва 200 000–250 000 t/y отпадъци. Пепелта се извежда от зоната за газификация по два основни метода — ръчно или чрез механично извеждане и засмукване от дистанционна вакуумна система. Вторичното изгаряне се осъществява от газови горелки. В първичната и във вторичната горивни камери температурите достигат до $1400\text{--}1600^\circ\text{C}$. Процесите и оборудването позволяват да бъдат третирани освен различни видове битови отпадъци, замърсена от нефтени разливи почва, болнични отпадъци, течни отпадъци, някои пестициди и други.

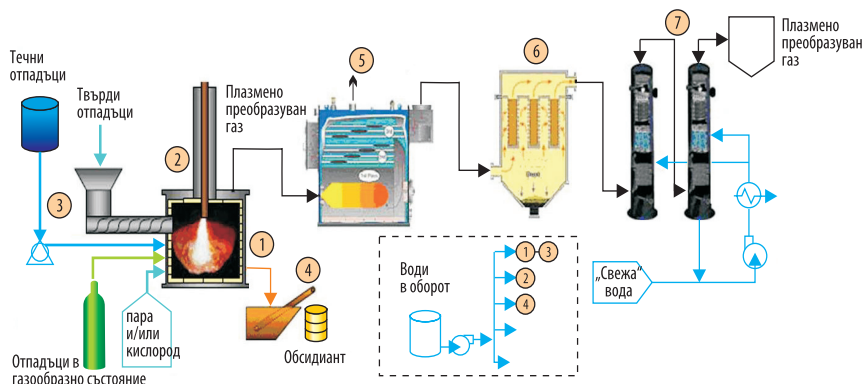
Капиталните вложения са бързо възвръщаеми за сметка на произведената енергия. Процесът е с ниски експлоатационни разходи. Системата гарантира пълно унищожаване на органичните вещества и микроорганизмите и елиминира опасностите, свързани с инфекциозни клинични отпадъци. Системата позволява да се получи малък краен остатък — 5–7 мас.% или 2–3% от началния обем на отпадъка.

6. Плазмени технологии

6.1. Техничко-технологични характеристики

Системата за плазмено преобразуване (СПП) представлява комплекс от съвременни технологични решения, и еспособна да третира различни видове отпадъци (битови, промишлени и опасни, твърди, течни и газообразни, едновременно или поотделно) при гарантиране на максимална защита на околната среда. Самата плазмена технология се използва широко в металургията и производството на финодисперсни прахови продукти много отдавна. Чрез разработване на този нов тип технологии се цели преодоляване на някои от недостатъците на досега съществуващите технологии за термично третиране на отпадъците. Плазмата е електропроводим газ, като електрическата проводимост се получава посредством йонизация на част от газовите компоненти в системата. Йонизирането на част от газовата фаза може да се постигне чрез електро-дъгови или индукционни плазмотрони. Йонизираните газове имат свойства, различаващи се

от тези на нормалните газове и затова понякога плазмата се определя като „четвърто състояние на материята“. На Фигура 16 е представена принципната технологична схема на плазмена технология за третиране на отпадъци.

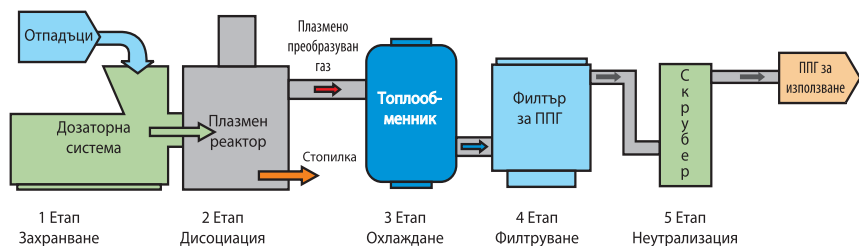


Фигура 16. Принципна технологична схема на плазмена технология

1 – плазмен реактор; 2 – плазмотрон; 3 – ذخарваща система; 4 – система за отделяне на течния остатък; 5 – циклонен сепаратор; 6 – скрубър с пакетен пълнеж; 7 – „НЕРА“ филтър

В основата на СПП е генерирането на постоянна електрическа дъга в плазменния факел, от която се пренася огромно количество енергия върху отпадъците, като по този начин се предизвиква молекулна дисоциация и необратимото им разграждане. Посредством високотемпературната плазма веществата, съдържащи се в отпадъците се разпадат до атоми, йони и електрони. Като резултат, на изхода на СПП се получават черен стъкловиден обсидиант (стопилка) и синтез-газ — смес основно от водород и въглероден оксид и малки количества азот, въглероден диоксид, въглеводороди. Това не е процес на горене (инсинерация), защото протича в редукиционна среда и получените газове могат да намерят приложение като гориво или суровина за други процеси, но процесът може да се реализира и в окислителна среда, при което в газовата фаза ще присъстват основно водни пари и въглероден диоксид. Намаляването на обема на отпадъците, постъпващи в системата, е значително. Например при преработването на 1000 t/day твърди отпадъци в плазменния преобразувател се получават около 35 m³ обсидиант (съотношение вход:изход — 30:1),

като конкретното количество зависи от състава на отпадъците и главно от количеството неорганични материали в тях. Плазменото третиране на отпадъците включва пет основни етапа (Фигура 18): захранваща система, плазмен реактор, система за пречистване на образуваните газове, компютърна система за контрол и управление и генератор на електроенергия.



Фигура 17. Основни етапи на процеса на плазмено преобразуване

С помощта на захранваща система отпадъците се подават в плазменния реактор, където в резултат на високата температура и реакционната способност на йоните се извършва много бързо разграждане на отпадъците, като се образуват газове и течна фаза. В процеса на охлаждане се оползотворява топлината от получените газове. Преди изхвърлянето му, плазмено преобразуваният газ (ППГ) се охлажда, като по този начин се оползотворява топлината. Преди напускането на системата газовете се пречистват чрез филтруване и промиване. Системата за третиране на получените газове може да бъде и по-комплексна и многоетапна, в зависимост от генерираните замърсители в газовата фаза.

Екологични характеристики

Плазмените технологии в голяма степен се доближават до безотпадъчните, тъй като постъпилите на входа отпадъци се преобразуват в суровини за производство на крайни продукти или в крайни продукти. След отделяне на полезните газови компоненти като суровина за други синтези, останалите компоненти могат да се използват в „затворен цикъл“, при което отпада необходимостта от комин. Всички газообразни продукти ($\sim 1200 \text{ Nm}^3/\text{t}$ отпадъци), получени при третирането, след оползотворяване на енергийния им потенциал и пречистване могат да се отделят като емисии в атмосферата. Твърди-

ят остатък (< мас. 3%) е подобен на разпространеното в природата вулканично стъкло (обсидиан) и е доказано безвреден. Постигането на тази универсалност и пълен контрол върху процесите и образуваните вещества е позволило тези технологии да се приложат при преработването на силно токсични отпадъци, в това число на бойни отровни вещества и експлозивни. Генерираният, след плазменото преобразуване на отпадъците синтез-газ може да се разглежда и като ценно гориво с приблизителен състав: 50–60% водород, 20–30% въглероден оксид, 10–15% азот, 2.5–3.5% въглероден диоксид, 0.5–1.5% метан и под 1% други въглеводороди.

В Таблица 14 е дадено сравнение между пределно допустимите съдържания на някои замърсители в образувания плазмен газ, съгласно нормативните документи в Р.България, ЕС и САЩ и реално измерените съдържания на същите замърсителите от промишлена плазмена инсталация.

Таблица 14. *Пределно допустими и достигани съдържания на някои замърсители в образувания плазмен газ, съгласно нормативни документи в Р.България, ЕС и САЩ*

Показател	Норми, съгласно съответните стандарти			Предлагана технология
	България*	Европейски съюз	САЩ	
Диоксин/фуран	0.1 ng/Nm ³	0.1 ng/Nm ³	0.2 ng/Nm ³	<0.05 ng/Nm ³
Хлороводород	10 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	<1 mg/Nm ³
Азотни оксиди	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 ppmv	<50 ppmv
Твърди частици	10 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	50 ppmv	<10 ppmv
Серен диоксид	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	34 mg/Nm ³	< 5 mg/Nm ³

* Наредба № 6/28.07.2004 г. на МОСВ

Обемът на образуваните газове е около 10 пъти по-малък от обема на газовете, образувани при изгарянето. Както и при други методи, генерираните отпадъчни води се подлагат на подходящо пречистване и се връщат в оборот, а твърдият остатък след преработването на ТБО представлява стъкловиден материал в количество около 35 m³/1000t отпадъци. Чрез излугване от него не преминават замърсители и той се класифицира като инертен отпадък, допустим за използване в строителството, металургията и други области.

Предимства и недостатъци

- ▶ Технологията е гъвкава спрямо потока от отпадъци за преработка. Няма изисквания към химическия състав на отпадъците, в зависимост от който да се настройват технологичните параметри;

- ▶ Отпадъците могат да не бъдат сортирани (въпреки че някои от тях могат да се сортират с цел рециклиране преди преработката, с което може да се подобри финансовият резултат);
- ▶ Системата за Плазмено Преобразуване (СПП) може да преработва отпадъци в твърда, течна или газообразна форма, отделно или едновременно;
- ▶ Свързаните с плазмения процес много висока температура и активна редукиционна среда, дисоциират и газифицират органичните компоненти на отпадъците до получаването на ППП, който съдържа рециклираната вътрешна енергия на органичния дял от отпадъците и може да се използва за производство на електроенергия, на водород или на продукти на химическата промишленост;
- ▶ Силикатният и металният дял от отпадъците се стопяват, отливат се извън реактор и се охлаждат. Полученият материал, подобен на обсидианта има потенциална сфера на приложение в металургията, строителството или като абразивен материал.

Икономически характеристики

Системата за плазмено преобразуване е сложна и относително скъпа като инвестиция, но технологичните разработки в последните години я направиха икономически ефективна. Крайните продукти — синтез газ и чист водород са с висока пазарна стойност. Създадена е възможност за достигане на висока степен на оползотворяване на топлината, отделяна при охлаждане на системата. За изграждане на Завод за плазмено преобразуване (ЗПП) за 1000 t/day твърди отпадъци с непрекъснат работен цикъл (24 h 7 days/week) до 365 days/y, с капацитет 365 000 t/y, са необходими значителни начални вложения, но те могат да се възвърнат в резултат на реализираните ползи от производството на енергия или синтез газове.

Цената за преработване на тон твърди отпадъци в USD:

Разходи за труд	9,40
Капитални разходи	17,12 (ЗПП и оборудване)
Химични вещества	3,28
Електроди	1,20
Електричество	няма

Други: 7.00

Разходи за архитектура/инженеринг; разходи за управление на проекта
такси/мита/транспорт/застраховки; непредвидени

Общо Разходи 38.00 USD/t твърди отпадъци

Приходи от тон твърди отпадъци (USD):

Такса третиране 7,50

Търговска реализация на получените продукти 10,50

Продажба на Енергия, вкл. със „зелен сертификат“ 25,00

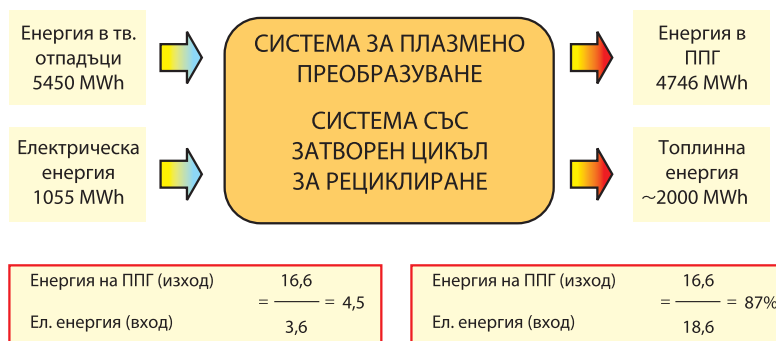
Общо Приходи 43.00 USD/t твърди отпадъци

Положителна разлика по баланса 5.00 USD/t твърди отпадъци

* Капиталови разходи — USD 17,12 (t твърди отпадъци са калкулирани на база изграждане на ЗПП

** Собствено производство — включени разходи за труд и оборудване.

Примерна схема на разпределението на енергийния баланс за един модул е представен на Фигура 18.



Фигура 18. Енергиен баланс на метода на плазмената дъга

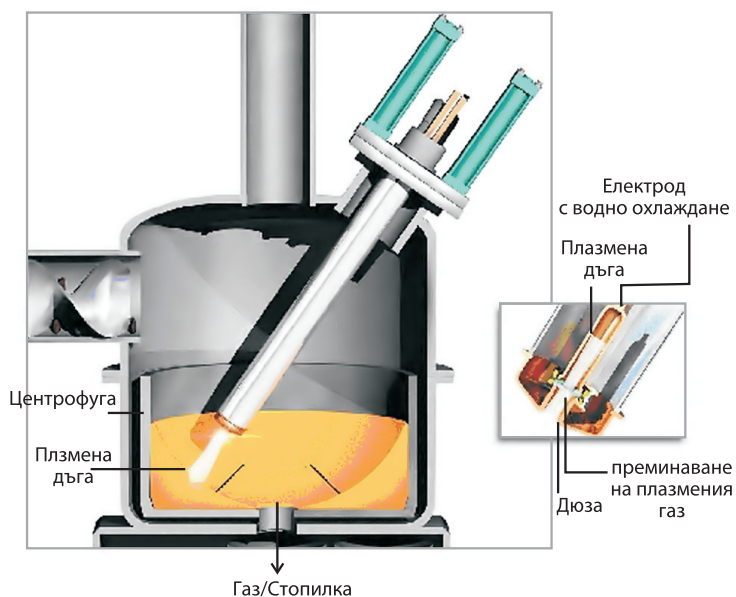
За инсталация с капацитет от 1000 т твърди отпадъци на ден (10 модула по 100 t/day са необходими общо 98 души персонал, от които 82 специалисти пряко ангажирани в производствения процес на 3 смени.

6.2. Технология PACT (Plasma Arc Centrifugal Treatment)

Технологията *Plasma Arc Centrifugal Treatment* осигурява висока температура на плазмения газ, при която се постига висока ефективност на разрушаване на замърсителите. Високата температура (6000°C) на плазмения газ в центрофужния реактор е причината за

превръщането на неорганичните отпадъци в стабилна, хомогенна стъкловидна материя. Високата температура на процеса дава възможност за третиране на широк набор от слабо охарактеризирани хетерогенни отпадъци.

Въртящият се центрофужен реактор (Фигура 19) осигурява бързото образуване на остъклената стопилка и многоимпулсното действие на електродите — около 15–40 пъти на минута. Центробежните сили държат получената материя на разстояние от централната част на реактора по време на процеса. Очистването се постига чрез намаляване на скоростта на въртене на центрофужния реактор. Стопилката се отправя към централната част на реактора, откъдето попада в събирателната камера. Във всички камери се поддържа отрицателна стойност на налягането за предотвратяване изпускането на замърсители извън пещта.



Фигура 19. Центрофужен реактор

Газовете преминават от първичната към вторичната камера за третиране, която е оразмерена с капацитет да задържа газовете за минимум 2 s при 1000°C, с цел постигане ефективност на деструкция от минимум 99.99%. За разлика от инсинераторите, тук енергията, поради високите температури е много по-голяма. Само около

23% от теоретичната топлина от горенето е оползотворяема, когато температурата е над 1200°C и метанът гори с въздух при 140 % стехиометрично съотношение на кислорода. Дисоциацията на азота, въздуха и други газове при температури от около 6000°C прави възможно оползотворяването на около 91 % от достъпната енергия. Температурата в първичната камера за третиране може да се повишава или понижава, без да се променя количеството на изходящите газове. Предимствата на технологията са следните:

- ▶ непрекъснатото почистване на реактора от метала без спиране на системата е възможно благодарение на въртящата се пещ;
- ▶ паралелно работещите електроди в зависимост от вида на подаваните отпадъци автоматично се превключват в различни режими с цел постигане на висока ефективност на работа;
- ▶ контейнерите с отпадъците се зареждат в системата затворени, като така се изключва възможността за директна експозиция на персонала на въздействието на опасните вещества;
- ▶ не се изисква разделянето на горими (възпламеними) от негорими материали;
- ▶ получената стопена маса се изолира и охлажда в самата система преди да се опакова и складира;
- ▶ контрол на налягането с цел предотвратяване на емисии в околната среда;

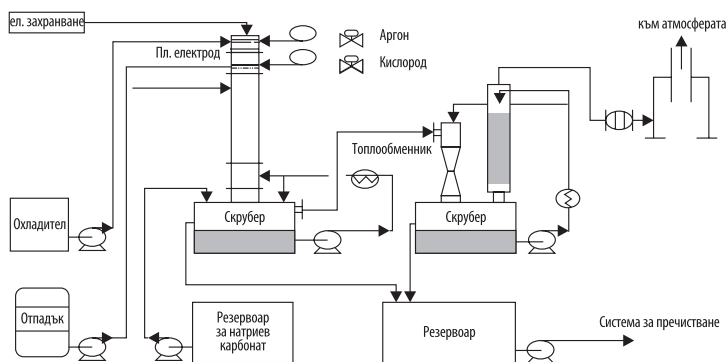
Цената за третиране на 1 t отпадъци по тази технология варира от 4,000–8,000 USD/t.

6.3. Технология PLASCON (In-Flight Plasma Arc System)

Тази технология е разработена за третиране на производствени отпадъци от химичната промишленост чрез използване на електрическа плазмена дъга с висока температура за тяхното разграждане. При PLASCON технологията (Фигура 20) течните и твърдите отпадъчни потоци в присъствието на аргон се инжектират директно в плазмената дъга, при което се достигат температури над 3000°C. При тези температури органичните материали пиролизират. Органичните вещества в отпадъците се дисоциират до елементарни йони и атоми, които след преминаване през зоната за охлаждане на реакционната камера образуват прости молекули. Крайните продукти

от този процес включват газове съдържащи Ar , CO_2 , водни пари и водни разтвори на неорганични натриеви соли (включително NaCl , NaHCO_3 и NaF). Не се изисква последващо третиране на крайните отпадъчни продукти. Времето за престой на отпадъците в реакционната камера е много кратко (приблизително 20–50 ms).

Основният източник на енергия внасяна в процеса е електрическата енергия. При мощност от 150 kW на инсталация PLASCON са необходими между 1000–3000 kWh електрическа енергия за третиране на 1 тон отпадъци и около 250–400 kWh необходими за охлаждане. Охлаждането на системата се осигурява чрез затворен цикъл на водите. Количеството на газовете при тази технология са много по-малко отколкото при процесите на горене и това намалява риска, свързан с отделянето на емисии във въздуха.



Фигура 20. Принципна схема на PLASCON-технологията

Процесите на *In-flight plasma arc treatment* са подходящи за отпадъци в течна и газообразна форма. Комбинирана с термична десорбция технологията има потенциала да осигури относително пълна деструкция на замърсителите в твърдите отпадъци. В момента в Австралия има действаща инсталация PLASCON, която се намира в Nufarm, Laverton. Инсталацията оперира от началото на 1992 г., като е лицензирана от местната Агенция по околна среда през 1993 г. Инсталацията в Nufarm е с мощност 150kW. Използва се за третиране на органични отпадъци обикновено със съдържание на хлор около 30%. Инсталацията осигурява степен на деструкция 99,99999 %. Цената за пречистване на 1 t пестициди е около 1500–2000 USD.

Предимства на технологията са както следва:

- ▶ ниската стойност на необходимото оборудване;
- ▶ инсталацията може да бъде спряна и отново пусната за секунди, тъй като за стартиране на процесите се използва електрическа енергия;
- ▶ инсталацията е снабдена със система за контрол на процеса, с която се изключва възможността от изпускане на непълно третиранни отпадъци в случай на авария или по други причини;
- ▶ емисиите, генерирани от инсталацията са под нормите, определени за емисии във въздуха — съдържат аргон, кислород, водни пари и въглероден диоксид;
- ▶ образуването на диоксини се избягва чрез експлоатация в пиролизни условия.

Основен недостатък на технологията е, че предлага възможност за третиране само на отпадъци в течна и газообразна форма. Твърдите отпадъци могат да се третират единствено при комбинация с други технологии.

6.4. Технология STARTECH (Plasmaelectric Waste Converter)

Плазменният преобразувател е разработен от *Startech Environmental Corporation*, САЩ. Плазмената система е проектирана да третира опасни и/или неопасни отпадъци, както заедно, така и поотделно. *Startech* има споразумение със *Zealmore Pty Ltd* за продажбата и внедряването на плазмената технология в Австралия (Schallhammer, 1997). Процесът на плазмено преобразуване се базира основно на пропускането на газ през електрическо поле за получаване на „плазма“. Системата оперира при температури между 3 000÷5 000°C и нормално атмосферно налягане. Системата за плазмено преобразуване разработена от *Startech* може да бъде описана като пиролизна система, където отпадъците се разграждат до техните основни компоненти, а генерираните отпадъчни газове могат да се използват като гориво. В тази връзка разглежданата технология е по-близка като процес до *PACT*, отколкото до *PLASCON* технологията. Плазмената система може да преработва отпадъци в твърда, течна или газообразна форма, поотделно или едновременно.

но. Внедрена инсталация за плазмено преобразуване на фирмата *Startech* има в Канада и САЩ. Приблизителната цена на инсталация с капацитет 180 kg/h е 1,6 mln USD. При инсталации с капацитет от над 2000 t/day цената за третирането на 1 t отпадъци е приблизително 375 USD, като тази цена зависи от вида (типа) на отпадъците. Предимствата на технологията са:

- ▶ висока ефективност на разграждане на УОЗ;
- ▶ не се генерират вредни емисии във въздуха (без нужда от комин);
- ▶ няма необходимост от последващо депониране на остатъка от остъклена маса;
- ▶ изключително гъвкава система по отношение на остатъка;
- ▶ възможност за събиране и съхранение на генерирания плазмено преобразуван газ и използването му като гориво;
- ▶ надеждна система за контрол на модулите за плазмено преобразуване чрез използване на програмируеми логически контролери (PLC) на база персонален компютър;
- ▶ висок и дълготраен социален ефект;
- ▶ малки размери на инсталацията;
- ▶ не се налага внасянето на допълнително количество топлина и кислород в процеса (както при термичното изгаряне).

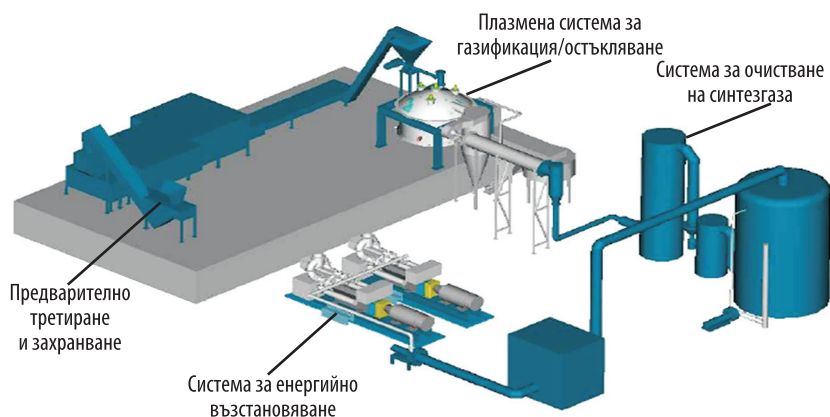
Данните от съществуващите пилотни и експериментални инсталации показват, че технологията е твърде сложна, трудна за поддържане и скъпа, което се дължи най-вече на високия специфичен разход на електрическа енергия и изграждане на големи силови мощности. Цената за преработване на 1 t пестициди варира между 1500–2000 USD/t. В инсталацията за плазмено преобразуване се постига ефективност на деструкция >99,9999%.

6.5. Технология на фирмата „PyroGenesis“

Технико-технологични характеристики

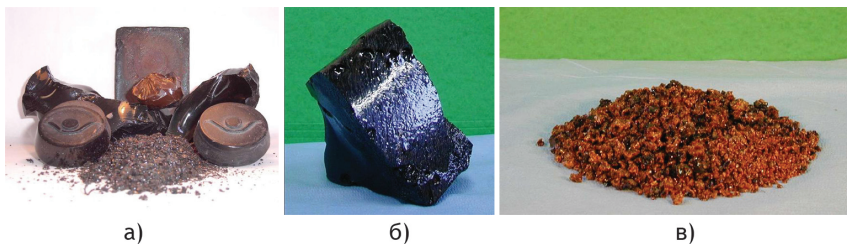
Технологията, разработена от фирма PyroGenesis дава възможност за третиране на широка гама отпадъци, включително промишлени, опасни и болнични. В зависимост от количеството и състава на отпадъците, технологията има енергийно-производствен потенциал

за генерирането не само на енергия за осигуряване на технологичния процес, но и такава, която може да бъде продавана. Системата е напълно автоматизирана и има възможност за третиране между 0.5 и 100 t/day (което е еквивалентно приблизително на 150–30 000 t/y). Изключително компактна в сравнение с инсинератори с подобен капацитет, не генерира пепели и диоксини и е икономически конкурентноспособна алтернатива на другите методи за третиране на отпадъци. Основните етапи са: предварително третиране на отпадъците и подаването им в системата, плазмо-термично третиране, пречистване на получения синтезгаз и възстановяване на енергията (Фигура 21).

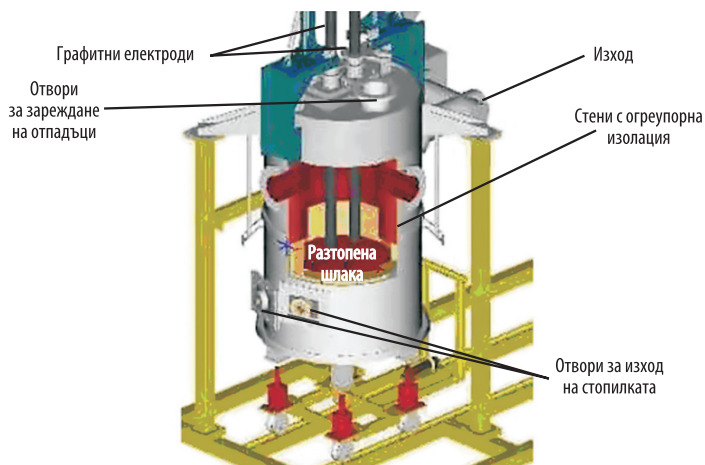


Фигура 21. Принципна схема на плазмената система за третиране на отпадъци на фирма PyroGenesis

Системата не налага отпадъците предварително да бъдат сортирани, а могат да бъдат подавани в пещта практически под всякаква форма (шредирани, течности, утайки и др.). Двата основни процеса на системата са газификация и остъкляване. Неорганичните материали при температура 1 600°C се превръщат в стопилки, от които се получават инертни шлаки, чиито излугващи свойства са много под регламентираните TCLP (Toxic Characteristic Leaching Procedure) и могат да бъдат използвани абсолютно безопасно в различни направления. Тежките метали и другите неорганични опасни елементи са трайно свързани в остъклената шлака (Фигура 22). Шлакът е 10 пъти по-твърда от тухлите. На Фигура 23 е представена схема на устройството на пещта за остъкляване.

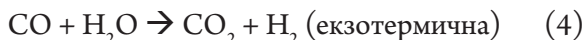
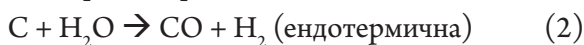


Фигура 22. Краен продукт на третирането:
а) и б) Остъклена шлака, в) Остъклена и гранулирана шлака

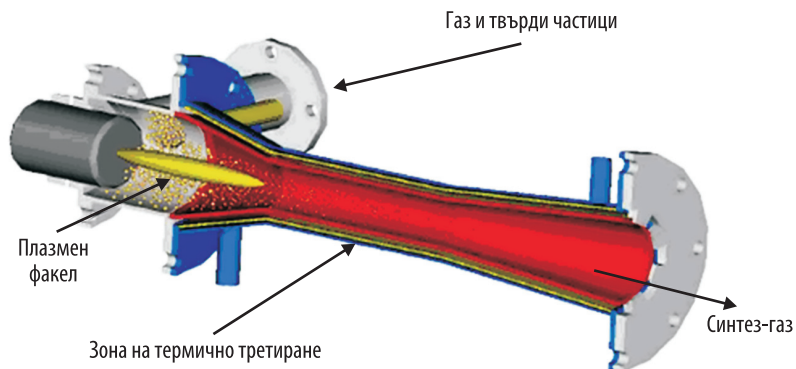


Фигура 23. Устройство на пещта за остъкляване

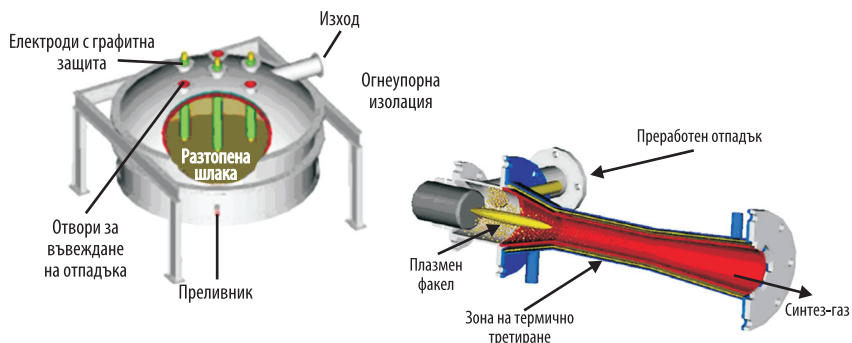
При другия основен процес (газификацията) се извършва термичното превръщане на органичната материя в синтез-газ, който се състои предимно от CO и H_2 . Въглеродът в отпадъците реагира с парата и с кислорода в съотношение под стехиометричното. Основните реакции на газификацията са следните:



На Фигура 24 схематично е представен плазмен реактор, в който се извършва вторичната газификация на отпадъците, а на Фигура 25 — плазмен реактор за термично третиране и реактора за газификация.



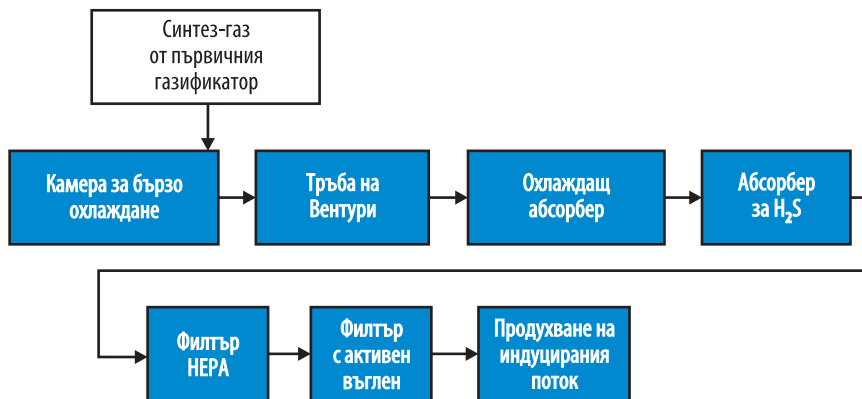
Фигура 24. Плазмен реактор за газификация на отпадъци



Фигура 25. Плазмени реактори за газификация на отпадъци

Екологични характеристики

- ▶ Технологията не генерира вредни емисии в околната среда;
- ▶ Полученият газов продукт е чист горим газ, който може директно да се използва в системата за възвръщане на енергията;
- ▶ Не се получават диоксини и фурани;
- ▶ Редукционната атмосфера в пещта не позволява образуването на свободен хлор, който е основен прекурсор на диоксините;
- ▶ И накрая, тъй като синтез-газа е пречистен от частици и хлорни съединения още преди изгарянето му са елиминирани и елементите, които могат да преминат в диоксини.



Фигура 26. Блок-схема на системата за пречистване на газа

Системата за пречистване на газа се състои от няколко основни модула (Фигура 26). Камерата за бързо охлаждане използва незначително количество вода. В нея температурата на газа бързо се понижава от над 1000°C във факела на плазмата до около 80°C във втората част. По този начин се предотвратява образуването на диоксини и фурани. При следващия етап на пречистваната система се използва понижаването на налягането и водния поток за отстраняване на частиците по-големи от $1\ \mu$ от газовия поток. Използваната вода се връща в рецикл. Частиците се филтрират и се връщат отново в пещта за по-нататъшно третиране. В охлаждащия абсорбер се използва воден разтвор на NaOH за неутрализация на киселите газове. Водата отново е в затворен цикъл. Абсорбцията на H_2S се налага, тъй като в процеса на газификация сярата от отпадъците се превръща в H_2S . При изгарянето на сяроводорода сярата се окислява до SO_2 . В абсорбера се използва железен оксид и железни йони за неутрализация на хидрогенсулфатите. Има две възможности: нерегенеративен процес с ниски капиталови разходи, но високи експлоатационни такива и регенеративен процес с високи капитални разходи, но ниски експлоатационни такива. След абсорбцията, газът преминава през филтър НЕРА (high efficiency particulate air), който отстранява ултрафините частици (под $1\ \mu$) от газовия поток. В следващата фаза чрез филтър с активен въглен газът се пречиства от летливите токсични метали като живак и арсен. Активният въглен може да бъде регенериран за последваща употреба. Послед-

ващото продухване на индуцирания поток има за цел предотвратяването на евентуални неорганизиран емисии. Не се образуват никакви вторични замърсители, например пепели. Степента на излугване на получената шлака е изключително ниска и получаваните стойности за разтворени замърсители са много под регламентираните (mg/l) в нормативните документи. Това позволява получаваният твърд остатък да бъде класифициран като инертен неопасен отпадък (Таблица 15).

Таблица 15. Сравнение на НДЕ норми на ЕРА
(Агенцията по околна среда – САЩ) с достиганите
емисии от плазмената система

	Емисионни критерии съгласно ЕРА	Резултати от плазмената система
As	5	< 0,002
Ba	7,6	< 0,4
Cs	0,19	0,006
Cr	0,86	< 0,03
Pb	0,37	< 0,06
Se	0,16	0,009
Zn	5,3	< 0,02
Hg	0,025	< 0,0002

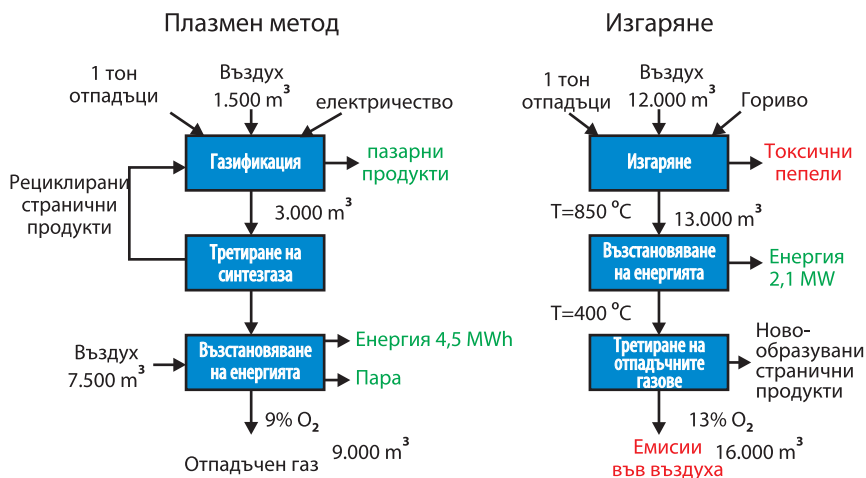
Предимства и недостатъци

- ▶ За процеса на газификацията са необходими много малки количества въздух. Плазмената газификация изразходва 8 пъти по-малко въздух в сравнение с инсинерирането;
- ▶ Размерите на инсталацията са много по-компактни в сравнение с други инсталации. Например, необходимата площ за разглежданата плазмена технология за третиране на отпадъци с капацитет 10 t/h е 336 m², докато площта на инсинератор със същия капацитет е 8400 m²;
- ▶ Първоначалните инвестиции са сравнително малки;
- ▶ Осигурява се третиране на отпадъците на място;
- ▶ Висока енергийна ефективност — локално произвеждана енергия;
- ▶ Минимизиране на твърдия остатък;
- ▶ Имобилизирание на токсичните компоненти;

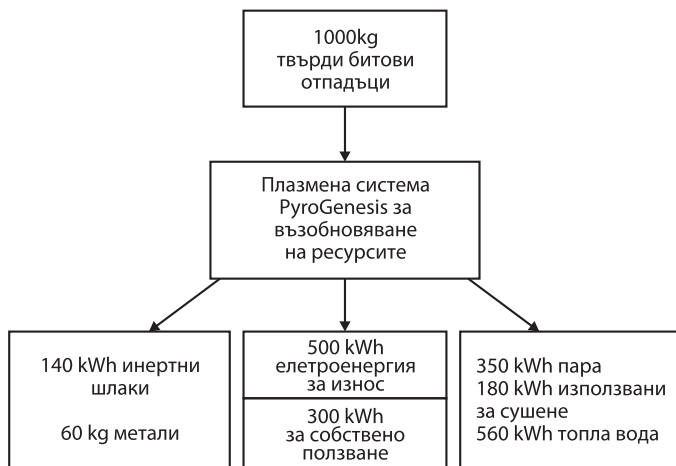
- ▶ Ниски стойности на емисиите в околната среда;
- ▶ Редуциране транспортирането на отпадъците;
- ▶ Простота на функциониране при пълна автоматизация.

Икономически характеристики

На Фигури 27 и 28 са представени сравнителни данни за разпределението на материалните и енергийни потоци при третирането на 1000 kg твърди битови отпадъци по технологията на фирмата PyroGenesis, сравнени с характерното разпределение на материалните потоци при традиционното изгаряне. Данните от представените схеми характеризират съществените предимства на плазмения метод, но не бива да се елиминира фактът, че тези системи се характеризират с по-висок специфичен разход на електроенергия за йонизирането на част от компонентите на отпадъците т.е при еколого-техничко-икономическите анализи за избор на техническо решение този съществен недостатък на плазмените технологии трябва да бъде отчитан, тъй като тези експлоатационни разходи определят крайния икономически резултат и възможност за възвръщаемост на вложените начални капиталови вложения. Този по-висок специфичен разход на електроенергия се явява и основен за определяне на крайната цена за третиране на битовите отпадъци с помощта на плазмените технологии.



Фигура 27. Сравнителен примерен материален и енергиен баланс за преработване на ТБО чрез плазмен метод и изгаряне



Фигура 28. Материален баланс на крайните продукти при третиране на 1000 kg ТБО по технологията на фирмата PyroGenesis.

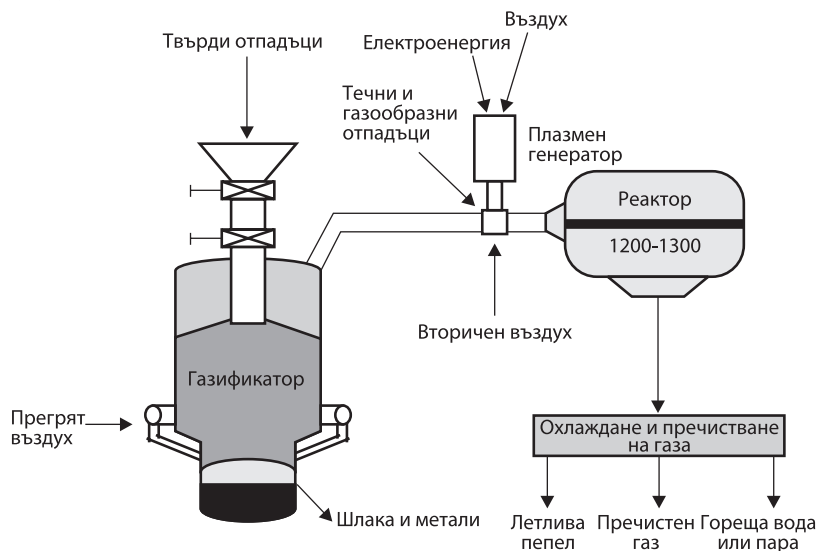
6.6. Технология „PyroArc“

Технико-технологични характеристики

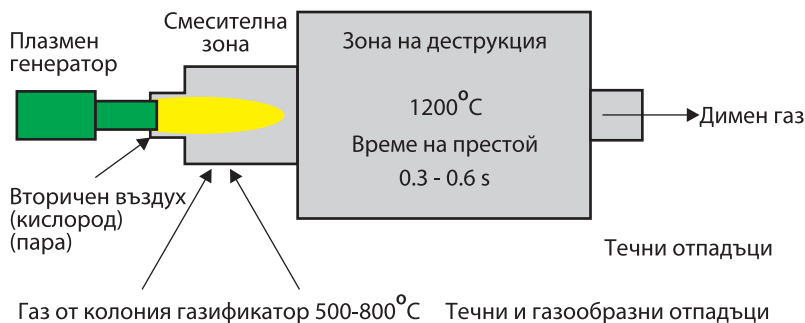
PyroArc процесът се характеризира с третиране на ТБО в два основни етапа. В началния етап твърдите отпадъци се подават в шахтова пещ за да се газифицира органичната част до частично окислен пиролизен газ, а неорганичната част да се стопи, като се превърне в шлака и метална стопилка. След това пиролизният газ се разгражда заедно с течните и газообразните отпадъци в плазмен реактор. По този начин условията за деструкция (газификация, разграждане и стапяне) могат да бъдат оптимизирани и всички компоненти на битовите отпадъци да бъдат разложени чрез управление на времето на престояване на отпадъците в реакционното пространство при достатъчно висока температура. Продуктите, които напускат процеса са димни газове, устойчива на излутване шлака, стопен метал и в малки количества вторичен прах, който може да бъде уловен и използван за регенерация на някои от металите (цинк и олово). PyroArc процесът схематично е представен на Фигура 29.

Най-съществената част на процеса е реакторът за разграждане, където благодарение на специфичните условия на плазмената технология (високи температури и висока реакционна способност на газовите компоненти) се използват за разграждането на органич-

ните компоненти до прости вещества, предимно в газовата фаза. Пиролизните газове от колонния газификатор, съдържащ катран и хлорирани въглеводороди се подават в смесителната зона на плазменния реактор, след което преминават в реакционната зона на реактора за разграждане. В тази зона силните динамични сили на плазмената горелка се използват за да се постигне интензивно смесване на плазмения факел с пиролизния газ. Непосредствено след смесителната зона са разширената реакционна зона и изравнителната зона, които осигуряват общо време на престой 0.3–0.6 s.



Фигура 29. Принципна схема на PyroArc процеса



Фигура 30. Плазмотрон

С помощта на плазмения генератор се постигат три основни цели:

- ▶ Мигновено инициране на реакцията на разграждане посредством високочестотна енергия;
- ▶ Подобряване на условията на смесване, така че в целия газов обем да се достигнат необходимите високи температури;
- ▶ Контролиране на температурата в реактора за разграждане чрез внасяне на допълнителна топлина, която автоматично се управлява с висока точност.

Тъй като при температурата в реактора (1200–1300°C) няма стабилни токсични или канцерогенни съединения, най-съществените характеристики са пълното смесване и мигновеното инициране на реакциите на разграждане. Всички експериментални данни доказват пълно дисоцииране на въглеродородите, включително и на хлорираните. Инсталацията включва аналитичната система за мониторинг и контрол на диоксините. Съдържанието на диоксини в газовата фаза се използва за потвърждаване на разграждането. При всички анализи (с материали, вариращи от битови отпадъци до концентрирани масла, съдържащи ПХБ) еквивалента за диоксини в димния газ е много под 0.1 ng/m³.

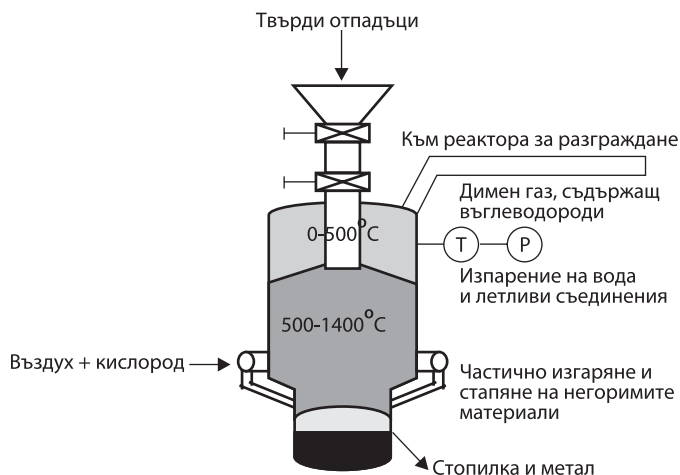
Докато твърдите отпадъци трябва да бъдат газифицирани преди получаващият се газ да бъде третиран в реактора за разграждане, газовите и течните отпадъци могат директно да бъдат инжектирани в смесителната зона. Ако не се третират твърди отпадъци, инсталацията за преработване се състои само от плазмотрона (Фигура 30). Степента на окисление на произведеното газово гориво се контролира чрез подаване на вторичен въздух и чрез непрекъснато измерване на кислорода в газовата фаза. При съотношения под 0,1 започва да се образува HCN, което ще изисква използването на мокро газопречистване. Ако съотношението е над 0,5 започват да се образуват азотни оксиди. Тъй като оборудването за отстраняване на азотните оксиди е доста скъпо, то е целесъобразно да се избягва образуването на тези замърсители. Нормалното съдържание на NO_x в димните газове е 10–30 ppm, дори и ако отпадъците съдържат съединения с висока склонност към образуване на NO_x, като нитрати и др.

Благодарение на предварителната газификация се отделят негоримите минерални и метални компоненти на отпадъците, а сложните органични структури се превръщат до по-прости газообразни вещества. Чрез непрекъснато измерване и контрол на кислорода се

постига и желаното съотношение между въглеродните оксиди $-0.2 < \text{CO}_2 / (\text{CO} + \text{CO}_2) < 0.4$. По този начин процесът се управлява така че 90–98% от необходимата топлина за процеса на газификация се получава в резултат на непълното изгаряне на органичните компоненти. Тази топлина може да удовлетвори и около 2–10% от нуждите от електроенергия за процеса.



Газификацията на твърдите отпадъци е бавно-протичащия етап на процеса на термично третиране, което изисква и използването на подходящи конструкции на реактора за газификация. Основните изисквания са свързани с осигуряване на добър топло- и масообмен. По този начин може да се получи и достатъчно топлина за процеса от частичното окисление на органичните компоненти на отпадъците. Фирмата предлага използването на изгарянето на въглерода противотоков реактор-колонен тип (Фигура 31) с ефективен топлообмен между входящия материал и изходящите газове и с използването на прегрят въздух или кислород за частичното изгаряне.



Фигура 31. Колонен противотоков газификатор

Колонният противотоков газификатор има следните предимства:

- ▶ Висока термична ефективност (ефективен топлообмен между газа и другите компоненти);
- ▶ Няма част от органичните компоненти на отпадъка, която да не

бъде газифицирана, а другата част — напълно стопена;

- ▶ Реакторът е изпитана конструкция с дълъг период на експлоатация и устойчивост на вътрешната изолация.

Твърдите отпадъци се подават в колонния газификатор посредством система със саморазтоварващ се механизъм. Прегретият въздух се въвежда с тръба-дюза в долния край на газификатора и полученият горещ газ се придвижва нагоре в колоната в противоток със стичащите се надолу вече втечнени компоненти на отпадъците. Къса изолирана тръба от най-горната част на колоната отвежда газовете в плазмения реактор за разграждане. От реакционна гледна точка газификаторът може да бъде разделен на три зони: зона на частично изгаряне и остъкляване, карбонизационна зона и изпарителна зона. В най-долната зона (зоната на частично изгаряне и остъкляване) въглеродът, идващ от предходната карбонизационна зона, изгаря до въглероден оксид с помощта на кислорода от прегретия въздух. топлинната енергия, генерирана от частичното изгаряне, повишава температурата в тази зона до 1450–1550°C. При тази температура всички неорганични материали се тапят и образуват хомогенна маса. Тъй като повечето отпадъчни материали са с високо силициево съдържание, получената шлака е стъкловидна и има добри и устойчиви на излугване свойства. Металите имат различно поведение в тази зона:

- ▶ метали с по-нисък афинитет към кислорода (Cr, Cu, Ni, Ag, Au), които се събират в резервоар за стопени метали;
- ▶ метали с по-висок афинитет към кислорода от този на желязото (Al, Ti, Mg Ca), които се окисляват и разтварят в шлаката (желязото може да се редуцира до стопилка, ако се добавят допълнително въглища и варовик).
- ▶ летливи метали (като Zn, As и Pb), които се изпаряват и напускат газификатора заедно с газа за третиране в плазмения реактор.

В средната зона входящият материал се карбонизира при температури около 1000°C. Въглеродът, оставащ в отпадъчния материал (свързан въглерод) образува нискокачествени въглища с въглеродно съдържание 15–30%, а останалото е неорганичен материал. Въпреки ниското въглеродно съдържание, освободената в зоната на частичното изгаряне енергия е достатъчна за да стопи неорганичните материали. В най-горната зона, целият материал е с високо парно наля-

гане, като вода и въглеродороди, които се изпаряват и напускат газификатора и се отвеждат за третиране в плазмения реактор. По този начин се формира и състав на газа, който преминава за третиране в плазмения реактор. Той съдържа предимно въглероден оксид и азот, катранени компоненти, неразградени хлорирани въглеродороди, водород и водна пара. Температурата на този газ зависи преди всичко от водното съдържание и съотношението между компонентите на отпадъците и обикновено е в интервала 400–700°C.

Екологични характеристики

Получаваните газове напускат плазмения реактор за разграждане с температура около 1200°C или с температура под 800°C ако се охлажда чрез рециркулиращ пречистен газ или вода. След това предварително третиране газовете се пречистват в конвенционална газопречистваща система, чиято конструкция зависи от специфичните замърсители. Някои особености на пречистващите системи спрямо тези на конвенционалните инсинератори са следните:

- ▶ газовият обем от РугоАрс процеса е само 30–40% от обема на този в инсинератор;
- ▶ полученият газ може да бъде и гориво;
- ▶ газовете практически не съдържат диоксини и въглеродороди;
- ▶ газовете са ниски съдържания на азотни оксиди (10–30 ppm NO_x);
- ▶ сярата е основно в остъклената маса под формата на неразтворими сулфиди;
- ▶ живачните филтри са ефективни до определено остатъчно ниво. Живачните емисии след отстраняването на живака зависят по-скоро от обема на газа, отколкото от живака в постъпващите отпадъци. За процес като РугоАрс с малък газов обем, това означава ниски живачни емисии;
- ▶ цинкът и оловото напускат РугоАрс процеса с изходящите газове и се улавят в прахоулавяща система като вторичен прах или утайка от Вентури скрубър. И в двата случая съдържанията на цинк и олово са достатъчно високи (20–25%) и те могат да се насочат за преработване като вторични суровинни ресурси.

Полученият горивен газ е с нисък топлинен капацитет (около 4 MJ/m³), но със съдържание на въглероден оксид и водород 35–40%

и може да бъде използван в парен котел или в газов двигател за получаване на електроенергия. Тъй като газът е с ниско съдържанието на азотни оксиди не се налага допълнително пречистване.

Свойствата на получената шлака зависят от състава на отпадъците. В повечето случаи, тя е със значително съдържание на силиций, което осигурява стъкловидната структура на отпадъка и голямата устойчивост на излугване. При недостиг на силиций в отпадъците в някои случаи се налага предварителното му добавяне към отпадъците.

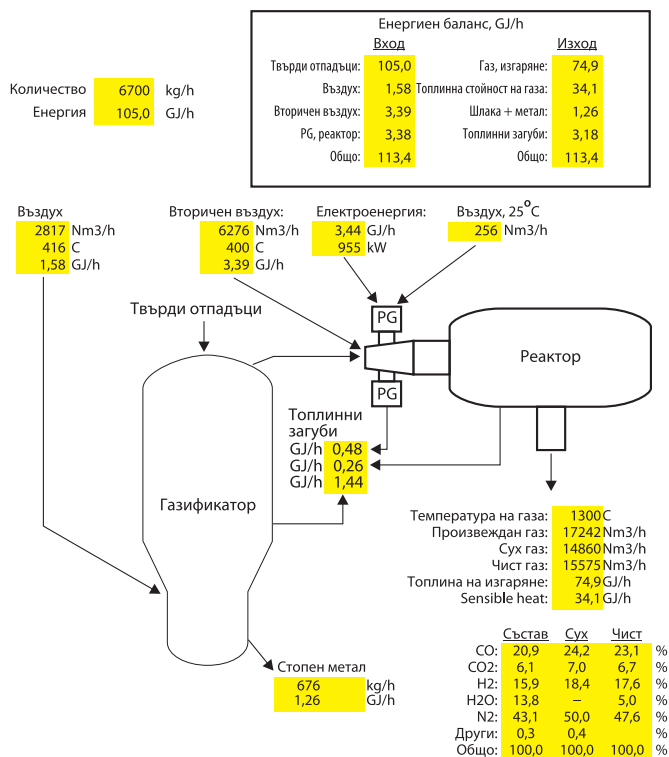
Металите с по-нисък афинитет към кислорода от този на желязото могат да бъдат извеждани от процеса с отделен колектор и в последствие преработвани. Това прави приложима технологията и за отпадъци от компютърен скрап и друго електронно оборудване, от които могат да бъдат получавани мед, медни сплави, съдържащи никел, калай, сребро и злато. Като вторични ресурси при пречистването на газа могат да се отделят като вторични ресурси и прах или утайки, съдържащи, цинк, олово, алкални соли и живак от живачните филтри. Алкалните соли съдържат цялото количество хлор от отпадъците и след подходящо третиране позволяват да се произведат твърди соли.

Схемата на материалния и енергиен баланс на PyroArc процеса е показана на Фигура 32. PyroArc процесът се характеризира висока цялостна термична ефективност (90–94%). Основната част от генерираната енергия е топлинната стойност на получаваното газово гориво (70–80%), докато на практика топлината на газа възлиза на 20–30%. Вътрешната консумация на енергия в процеса зависи в голяма степен от началното влагосъдържание на обработваните отпадъци и това в голяма степен се отразява и на ефективността на процеса. Същевременно по-високото съдържание на водни пари при високите температури спомага за увеличаване на съдържанието на водород в газовата фаза за сметка на въглеродния оксид.

Когато процесът се прилага за преработване на битови отпадъци без предварително сепариране, включително хранителни отпадъци (с високо водно съдържание) енергийната консумация в процеса е 23% от общата входяща енергия, докато при осъществяване на процеса от третирането на предварително сепарирани отпадъци, енергийната консумация може да бъде сведена до едва 2% от общата входяща енергия. Високият коефициент на енергийно оползотворяване прави PyroArc процеса подходящ за генериране на електроенергия. За малки производствени единици (до 8 t/h), газовият двигател е

най-подходящият избор от икономическа гледна точка. С ефективност от 35%, той осигурява брутна енергийна ефективност от 25% и нетна (след приспадане на необходимата енергия за плазмения генератор) от 20%. Чрез рецикулация на парата, брутната енергийна ефективност може да се повиши до 40%, а нетната — до 35%.

РугоArc процесът се тества в пилотен РугоArc завод от 1986. Тестваната пещ има капацитет 300–700 kg твърди отпадъци за час, в зависимост от състава на отпадъците и капацитет 50–500 kg течни или газообразни отпадъци за час. Заводът е оборудван за продължителна работа над 4 дни в седмицата. Могат да бъдат използвани сухи или мокри гозоочистващи системи. Анализите от пилотния завод ясно са показали гъвкавостта на РугоArc процеса за превръщането на различни отпадъци в чисто газообразно гориво и стабилна шлака.



Фигура 32. Топлинен и материален баланс на РугоArc процеса за гориво, получено от битови отпадъци

Видове отпадъци, които са тествани и са получени добри резултати:

- ▶ Битови отпадъци;
- ▶ Смес от дърво и пластмаса;
- ▶ Износени гуми;
- ▶ Електронен скрап;
- ▶ Болнични отпадъци;
- ▶ Хлорирани разтворители;
- ▶ Масла, съдържащи ПХБ;
- ▶ Фреони, халони;
- ▶ Хладилен скрап;
- ▶ Батерии;
- ▶ Маслени филтри;
- ▶ Бои;
- ▶ Отпадъци от щавене на кожи;
- ▶ Изсушени канализационни утайки.

В заключение, може да се обобщи следното: PyroArc процесът е преминал много изпитателни тестове, които са доказали неговата гъвкавост по отношение на превръщането на различни отпадъчни материали в чисто газообразно гориво и стабилна шлака. Процесът отговаря на екологичните изисквания и в същото време количество-то остатъци, които трябва да бъдат депонирани е сведено до минимум. Пилотният завод продължава да се използва за заявени тестове от страна на купувачите и за нови категории отпадъци. Направени са тестове за превръщането на традиционните горива като биомаса, въглища и отпадъчни масла в газово гориво за ефективно електропроизводство. Възможността да комбинира традиционните горива и отпадъчните материали, за да се оптимизира генерирането на електроенергия е интересна опция на PyroArc процеса, което прави възможно съобразяването му с варираща потребност от електроенергия. Най-съществената част на процеса е реакторът за разграждане, където при плазмената технология се разграждат органичните материали до прости газови молекули. Независимо от краткото време на

престой в плазмения реактор (0.3–0.6 s) процесът осигурява пълно разлагане на опасните замърсители. Няма данни за широко промишлено приложение на процеса.

6.7. Плазмена газификация по метода на институт „Курчатов“ (Русия)

Тази технология е за получаване на синтез-газ от различни, съдържащи органични вещества отпадъци, след подлагането им на високотемпературна плазмена пиролиза, при което органичната компонента се газифицира, а минералната се превръща в шлака. Нейната маса зависи от количеството на минералните съставки в отпадъците. Затова полученият синтезгаз се нормира само спрямо органичното съдържание, включващо водата. В този случай може да бъде предвиден съставът на газовете на изход от реактора. В Таблица 16 са дадени примерно изчислени данни:

Таблица 16. Примерен състав на газа на изход от реактора

Показатели	Битови отпадъци (технически сухи, влажност 10%)
Температура, оС	1200
Получаван синтез-газ, Nm ³ /kg	
Състав на получавания газ, % об.:	
H ₂	2.2-2.5
CO	25-30
CO ₂	32-37
H ₂ O	4-5
N ₂	32-35
Киселинни и др. газове	<=2
Топлина на изгаряне на газа, MJ/m ³	8-7

Този газ се охлажда и се подлага на химическо пречистване, след което може да бъде използван за газови турбини.

Общият материален баланс зависи от състава на изходните отпадъци. Например, ако в отпадъците се съдържат 30% минерални компоненти и 70% органични вещества + вода, то на изход от газификатора от всеки килограм отпадък се получава 0.3 kg шлака и 1.5–2 kg газови компоненти, които при предварително отделяне на стъклото, металите и другите минерални компоненти, намаляват с 10%. Допълнително газ, в количества 0.6–1.1 kg, се образува от плазмо-образуващия газ и вторично подавания въздух или пара. След газификация във високотемпературната зона на реактора (където се подава допълнително приблизително 35–50 kg въздух, под формата на плаз-

мообразуващ газ и 15–35 kg вода под формата на пара), балансът се променя. Смолообразните материали и част от твърдите отпадъци преминават в газообразно състояние. Пълната газификация завършва в редукционната зона. В резултат се получават около 120 kg/h газ. Топлотворната способност на газа може се променя в интервала 9–14 MJ/kg.

Основните компоненти на инсталацията са плазмохимичния реактор-газификатор и плазмотрон с постоянен ток. Отпадъците се изгарят в горивни устройства към парните котли, а получената там пара се явява работно тяло за парна турбина, свързана с електрогенератор. При такъв комбиниран цикъл КПД на топлината от изгарянето в електроенергия е 35–38 %. Съвременните методи за многократно използване изходната енергия на газа, позволяват получаването на до 60 % електрическа енергия.

Провеждането на процеса при температури 1200–1500 °C (високотемпературна пиролиза) води до почти пълна газификация на органичните компоненти и отсъствието на други отпадъчни продукти. Използването на плазмената пиролиза, макар и да е свързано с определени енергетични загуби, увеличава ефективността на процеса и има двоен ефект — ликвидиране на отпадъците и получаване на ценен продукт — синтез-газ. По предварителни твърде оптимистични оценки, внедряването на такива технологии за 5–7 години може да доведе до покриването на 5–7% от всички енергийни мощности на Русия. В развитите страни (в САЩ и в Европейските страни) този показател може да достигне 12–15 %, като в същото време се решава проблема с ликвидирането на твърдите битови отпадъци, включително и на опасните, каквито са болничните отпадъци.

Разработени и създадени са две системи за високотемпературно плазмено окисление на болнични отпадъци и течни опасни отпадъци (150–300 kg/h). Заедно с това са създадени и крупномасштабни стендове, за провеждането на изследвания, изпитване на оборудването и разработване на технологии както за високотемпературно плазмено окисление, така и за плазмена пиролиза и газификация на отпадъците. Основно съоръжение се явява плазмения генератор с различна мощност, работещ в непрекъснат режим, в технологии, които заемат лидерски позиции в света. Съобщава се за разработени проекти за плазмена пиролиза на органични отпадъци с различен капацитет — 0.1, 1, 25 t/h, които могат да обезпечат получения синтез-газ,

необходим за обезпечаване топлинната електрическа мощност съответно на 0.1, 1 и 25 MW.

Като цяло пиролизата на органичните отпадъци не е нов метод. По света са правени множество експерименти. Новото в разглежданата технология се явява промяната в качеството на източника на топлинна енергия за пиролизата — плътна въздушна нискотемпературна плазма, получена чрез продухване на плазмообразуващия газ през електрическа дъга в специално устройство — плазмен генератор или плазмотрон. Използването на плазмата позволява провеждането на този процес при високи температури, недостижими при изгаряне на въглеродни горива. Това води до намаляване или пълно елиминиране на течната фаза в пиролизния газ, позволява значително да се намали обема на вторичните димни газове и води до намаляване разходите за газо-пречистващата система.

Обезпечаването на производствените разходи се осъществява чрез енергоблок за производство на електроенергия за захранване на плазмотрона и обслужване на всички производства, както и продажбата на излишната електро- и топлоенергия за битови нужди.

Ако приведем икономическите данни за случая на третирането на отпадъци с цел производство и продажбата на електроенергия, а също и на топлоенергията, отработена от синтез-газа за топлинна мрежа, коефициентът на преобразуване на енергията на получения синтез-газ в електроенергия е 0.6, а коефициентът на използване на енергията на отработения синтезгаз в топлоенергия е 0.2 (комбиниран цикъл). Има информация за реализация на проект с капацитет 2000–3000 t битови отпадъци на обща стойност 202 млн рубли, разпределени през 2006–2007 година с трансформаторна подстанция за 6000 KWh (10 000/380V), но няма данни за експлоатационни разходи параметри. В търговското представяне на технологията се посочват следните данни:

- ▶ технологията се основава на високотемпературна плазмена пиролиза на съдържащи органика отпадъци при температури 1200–1500 °C;
- ▶ предлага се инсталация с вертикална захранване с обем на камерата до 100 m³;
- ▶ размерите на сградата за основното оборудване 60x20x10m; сградата може да представлява лека покрита конструкция;

- ▶ обща площ на производствената площадка — 1–1.5 ha;
- ▶ персонал 20–30 човека, работещи в три смени.

В този комплекс се включва изграждането на подобект за сепариране на битовите отпадъци с предварително отделяне на стъкло — до 11.2%, метали — 3.5% и крупно-габаритни минерални фракции — 2.5%. Високите разходи — 400–500 рубли/t, за транспортиране на отпадъците до завода, където ще бъдат третирани значително увеличава срока за възвръщаемост на капиталовложенията. Съдържащите органика отпадъци, след предварителното сортиране и подготовка (смилање, изсушаване и т.н.) в количество за две денонощия са приблизително 100 t горими отпадъци и 100 t дървесна маса. В сравнение с традиционното изгаряне се посочва, че плазмохимичната инсталация има следните предимства:

- ▶ дава възможност за регулиране на температурата в основния реактор в интервала от 1000 до 10 000 K;
- ▶ дълбока деструкция на отпадъците и едновременно с това намаляване обема на изходящите газове;
- ▶ многократно по-малки габаритни характеристики на реактора и инсталацията като цяло в сравнение с пещните агрегати;
- ▶ възможност за напълно автоматизирано управление на технологичния процес;
- ▶ минимални загуби на време и средства по време на ремонтните дейности на източника на високотемпературна плазма;
- ▶ по-пълна конверсия на CO в CO₂;
- ▶ използване на собствена електроенергия;
- ▶ страничните продукти от плазмената преработка лесно могат да бъдат прогнозирани, безопасни са и приемливи от гледна точка на опазване на околната среда.

Основни елементи на инсталацията:

- ▶ плазмен генератор с постоянен ток с голяма мощност (200–3 000 KWt), предназначен за продължителна работа в реакционната камера;
- ▶ реакционна камера с капацитет за преработване на твърди битови отпадъци 5 kg/h;

- ▶ оборудване за електрозахранваща система, измерителна и диагностична апаратура;
- ▶ система за почистване на изходящите газове до степен, отговаряща на нормативните изисквания.

Предлаганите за използване турбини и дизелови двигатели със съответните параметри, а също и до необходимото електрическо оборудване (генератор, трансформатор, комутатор и т.н) се отнасят до серийно произвежданите техники и не се представят специални изисквания към тях.

7. Автоклавни (хидротермични) съоръжения

7.1. Същност и области на приложение

Автоклавните методи се прилагат предимно за болнични отпадъци, но могат да бъдат използвани и за третирането на битови органични отпадъци. Автоклавирането (стерилизацията) включва загряване на отпадъчния материал с пара в затворен контейнер при високо налягане. При съответните нива на време ($> 60 \text{ min}$), температура ($> 121^\circ\text{C}$) и налягане (100 kPa) може да се постигне ефективно дезактивиране на всички вегетативни микроорганизми и повечето спори на бактерии. Подготовката на материала за стерилизиране изисква разделяне за премахване на неподходящия материал и раздробяване за намаляване на отделните парчета отпадък до приемливи размери. Предлагат се съоръжения за работа и при по-високи температури и налягания.

При този тип третиране на отпадъците се получава добър резултат при унищожаване на инфекциозни организми, превенция на замърсяване на ОС и избягване на вектори на заболявания. В някои от тези инсталации не могат да се обезвреждат телесни части, кръв и др., отпадъчни фармацевтични препарати и остри режещи (игли, спринцовки) предмети, тъй като съществува риск да останат необеззаразени органични субстанции.

Малките автоклави са използват често за стерилизиране на медицинско оборудване, но автоклав за третиране на БО (болнични отпадъци) може да бъде доста сложна и скъпа система, изискваща внимателно проектиране, подходящо разделяне на материала и високо ниво на експлоатация и поддръжка. Получаваният остатък на изход

от автоклава е обикновено неопасен материал и може да се депонира с другите битови отпадъци. Процесът генерира и материален поток от отпадъчна вода, която трябва да бъде внимателно и контролирано обезвредена. Големите автоклави се нуждаят от буферни резервоари и други съоръжения с необходимата превенция и контрол.

7.2. Технология на фирмата „Ecodas“

Тази схема на комбинирана инсталация за стерилизация на медицински отпадъци с предварително шредирание (смилане) дава много по-високи гаранции за обеззаразяване. Техническото решение на фирма „Ecodas“, Франция обхваща следния технологичен процес:

- ▶ зареждане на опакованите и сортирани медицински отпадъци в приемния отсек на инсталацията;
- ▶ херметизиране на камерата;
- ▶ шредирание (смилане) на отпадъците — фрагментиране на отпадъка, така че да представлява малки частици удобни за последващото третиране;
- ▶ стерилизация на отпадъците при температура 138°C под налягане 3,8 bar в продължение на 10 минути;
- ▶ охлаждане на обеззаразения отпадък със студена вода до 80°C;
- ▶ отделяне на охладената и кондензирана влага;
- ▶ вакуумиране (изтегляне) от обеззаразения отпадък на влагата;
- ▶ изпразване на сухия остатък в съд за депониране на депо за битов отпадък или вторично използване.

Фирмата дава следните основни технически параметри за предлаганата типова инсталация Т 2000:

- ▶ размер (дължина, ширина, височина), m: 4 x 4 x 6.3
- ▶ обем на горната камера, l: 2500
- ▶ обем на долната камера, l: 600
- ▶ общо маса на празната инсталация, kg: 4800

Понастоящем използването на автоклавирането, химичната дезинфекция и други неструктивни технологии като облъчване с микро или радиовълни не се допуска за третиране на някои видове БО, такива като органи, тъкани или ампутирани части от човешко-

то тяло. Напоследък се съобщава и за прилагане на комбинираното третиране на БО, чрез автоклавна и микровълнова обработка, при което се постига значително по добър и сигурен ефект.

Автоклавните съоръжения имат следните предимства:

- ▶ оптимизация на разходите и редуциране на общия обем на третираните опасни медицински отпадъци с до 80% ;
- ▶ гаранция за качеството на стерилизационния процес съобразно всички Евронорми и сертификация от Пастъоровия институт от 19.05.1994, за нивото на унищожение на бактериалните култури в състава на третирания отпадък.

Предлаганите различни инсталации са със сравнително малък капацитет: 45 kg/h, 90 kg/h и 180 kg/h при средна плътност на отпадъка 100 kg/m³. Времето на третиране е 40–60 минути за една процедура. Процесът е периодичен.

8. Микровълнови инсталации

8.1. Същност и области на приложение

Микровълновите инсталации се използват предимно за третирането на болнични отпадъци, но могат да бъдат приложени и за органични ТБО. Облъчването с микро и радиовълни включва третиране на отпадъците във високоенергийно електромагнитно поле, което провокира течността в отпадъка, както и течния клетъчен материал на микроорганизмите да осцилира с висока честота, да се загрява бързо и евентуално да причини разрушаване на всички инфекциозни компоненти на отпадъка. Това става в затворени реактори при атмосферно налягане и температури под нормалната точка на кипене на водата. Отпадъкът преминава през подготвителен процес на отделяне на нежелани компоненти, смилане, пулверизиране и уплътняване преди дезинфекцията.

Микровълновите инсталации са компактни съоръжения за бързо и без голям разход на енергия третиране на отпадъци. Високочестотният термичен дезинфекционен процес достига спектър А, В и С, убиващ резистентни на етап I и II микроби (примерен микроб — спори на *bacillus subtilis* — коефициент на намаляване > 10⁵ log):

- ▶ всички вируси — като Хепатит А, В, С, HIV, детски паралич;

- ▶ *всички вегетативни микроби*: стафилококи, стрептококи, туберкулозен микробактерий, антракс, тетанус, холера и тифни бактерии;
- ▶ *спори на антраксни бактерии*;
- ▶ *всички паразити и гъбични бактерии*.

Микровълновите инсталации генерират обработен отпадък с качества на битов, който може да бъде депониран като такъв. Това спестява много разходи за третирането на опасни отпадъци, но фактически не позволява оползотворяването на редица компоненти от отпадъците. Тъй като технологията не включва използване на пара, отпадъчната вода е в малки количества и с подходяща преработка може да бъде рециклирана в системата. Тъй като електричеството е единственият източник на енергия за работата на тази технология, газовите емисии са също минимални.

8.2. Технология на фирмата „Meteka“

Фирмата „Meteka“ – Австрия произвежда серийно няколко модела на апарати за микровълнова обработка, включително и мобилни варианти. Устройствата са сертифицирани по CE, TUV, EN ISO 9001 и 14001. Постига се редуциране обема на отпадъците с 30 до 50% (без шредирание) и без необходимост от допълнителна обработка с пара, както при автоклавните инсталации. Този тип устройства произвеждат нископотенциална пара при температура между 110 и 134°C (в зависимост от различните програми). Основното предимство на този метод е третирането на отпадъците непосредствено при тяхното генериране.

Ограниченият капацитет и периодичният характер на действие ги прави неподходящи за крупнотонажни инсталации.

9. Биотехнологични методи

9.1. Обща характеристика

В основата на биологичното третиране на твърди отпадъци са процесите, които протичат при кръговрата и обмяната на веществата в природата, с активното участие на микроорганизмите. При него органичните компоненти на твърдите отпадъци се разграждат

чрез изкуствено ускорени биохимични процеси, при които протича частична минерализация и хумификация с отделяне на газообразни продукти — CO_2 , H_2O , CH_4 и твърд хумусоподобен минерален продукт. Биологичното третиране на твърдите отпадъци по аналогия на процесите на деградиране на органичните субстанции в природата включва два типа процеси:

- ▶ аеробни — с участие на кислород, така нар. Компостиране, при което отделящите се газове съдържат предимно CO_2 и водни пари;
- ▶ анаеробни — в отсъствие на кислород, така нар. биогазификация (анаеробна ферментация, анаеробно разлагане), при които отделящите се газове съдържат основно CH_4 и CO_2 . Полученият твърд остатък трябва да се подложи на допълнителна стабилизация, за да се използва като компост.

И в двата случая се постига намаляване на масата и обема на отпадъците, стабилизация (от гледна точка на спиране или силно ограничаване на по-нататъшното протичане на биохимични процеси), както и целево получаване на полезните продукти: компост или биогаз и компост (след стабилизация). При депонирането протичат обикновено в различна степен и аеробни и анаеробни превръщания. В процеса на уплътняване на битовите отпадъци достъпът на кислород се ограничава и започват да преобладават анаеробните превръщания.

В световен мащаб, по-широко застъпено е компостирането, като заводите са с различна производителност. Например, в Швейцария има около 140 завода с производителност до над 100 000 t/y. Биогазификацията е с по-ограничено приложение — общо 17 завода за цяла Европа с производителност от 1000 до 100 000 t/y. Те са разпределени по следния начин: Белгия — 2 бр.; Дания — 1; Финландия — 1; Франция — 2; Германия — 5, Италия — 4, Холандия — 1, Швейцария — 1.

Характерът на протичащите биохимични процеси при биологичното третиране предполага по този метод да се третират относително богати на органична материя отпадъци (промишлени, битови и селскостопански) или предварително разделени биоразградими отпадъци с високо съдържание на органични вещества. Сред отпадъците, които се компостират, спадат хетерогенната градска смет (смес

от органични и неорганични компоненти), хомогенните фекални маси от животински ферми, отпадъци от растениевъдството, активни утайки от ПСОВ и др. .

Съгласно чл. 45, глава трета, Раздел I на Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г., „за биологичното третиране на биоразградими отпадъци се изграждат съоръжения и инсталации за:

- ▶ компостиране;
- ▶ анаеробно третиране;
- ▶ механично или биологично третиране.

Съоръженията и инсталациите за биологично третиране на биоразградими отпадъци се разполагат:

- ▶ на открити и покрити площадки;
- ▶ в затворени помещения.

Ефективността на методите за биологично третиране на биоразградими отпадъци се определя в зависимост от:

- ▶ състава на отпадъците, в т.ч. морфологичен състав, способност за биохимично разграждане, рН на средата, съотношението въглерод/азот, наличие на токсични съединения, активност и вид на микроорганизмите, наличие на биогенни елементи и съдържание на вода;
- ▶ възможностите на отделните съоръжения и инсталации за създаване на оптимални условия за биологично третиране за определен отпадък по вид и състав, в т.ч. температура на средата, начин на провеждане на процеса, начин на подготовка на отпадъците, време за протичане на процеса, възможности за използване на крайния продукт.

Съоръженията и инсталациите за биологичното третиране на биоразградими отпадъци трябва да удовлетворяват следните изисквания:

- ▶ биологичното третиране да се извършва по начин, при който се минимизира вредното въздействие върху човешкото здраве и околната среда от газовите емисии и от замърсяване на повърхностните или подземните води;

- ▶ биологичното третиране да се извършва при спазване на конкретната технология, с оглед получаване на компост и ферментационни продукти, подходящи за подобряване на качеството и характеристиките на почвата, както и на другите крайни продукти, резултат от съответната технология.

Съгласно Чл. 46. от Раздел II, глава трета на Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г., оползотворяването на биоразградими отпадъци чрез биологично третиране се предвижда като комплексен обект, който може да включва:

- ▶ открити или покрити площадки за компостиране в статични купове, купове с форсирана аерация и/или с механично обръщане;
- ▶ биореактори — хоризонтални или вертикални, с прекъснат или непрекъснат режим на работа, статични или динамични, клетъчни (биоклетки), пистови, биотунели, с въртящ се цилиндър и др.;
- ▶ мезофилни и термофилни ферментатори;
- ▶ инсталации за оползотворяване на биогаз;
- ▶ предварително третиране на отпадъците — инсталации за нарязване, раздробяване, сепариране, претоварване, пресяване и др.;
- ▶ аериране с депресия или компресия;
- ▶ складиране, пресяване, претоварване, пакетиране на получения продукт и др.;
- ▶ пречистване на въздуха и отстраняване на неприятни миризми — биофилтри, скрубери и др.;
- ▶ оформяне на материала в купчини, тунели и др., в зависимост от технологията — смесители, транспортни ленти, елеваторни машини, насипващи устройства и др.;
- ▶ механично аериране — разбъркващи и обръщащи машини;
- ▶ очистване на биогаза от примеси;
- ▶ съхранение на течни и твърди ферментационни продукти;
- ▶ съхранение на биогаз — резервоари за биогаз и др.

Чрез чл. 47 от Раздел II, глава трета на Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г., се въвежда изискване, че основното съоръжение или инсталация за биологично третиране и свързаните с него обслужващи и спомагателни сгради, съоръжения и инсталации се определят в зависимост от вида, състава и количеството на отпадъците, възможностите за използване на крайния продукт и изискванията за опазване на човешкото здраве и околната среда.

За осигуряване на безопасна експлоатация на съоръженията и инсталациите, използвани при биологично третиране на биоразградими отпадъци и за опазване на човешкото здраве и околната среда, се изисква още:

А) Конструкцията на съоръженията да осигурява възможност за:

- ▶ непрекъснато наблюдение и коригиране на температурата, влажността и физико-химичните свойства на отпадъка;
- ▶ циркулация на въздуха в отпадъчната маса събиране и оползотворяване на образувания биогаз ограничаване замърсяването на геоложката основа, повърхностните и подземните води и въздуха.

Б) Съоръженията и инсталациите за биологично третиране на биоразградими отпадъци трябва да отговарят и на изискванията за:

- ▶ защита от шум, в съответствие със санитарните норми;
- ▶ защита от вибрации, в съответствие със санитарните норми и нормите за проектиране на фундаменти, подложени на динамични товари от машини.

В). Обслужващите сгради, помещения и съоръжения да осигуряват здравословни и безопасни условия на труд и опазване на компонентите на околната среда при спазване изискванията на нормативните актове за осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд, посочени в глава четвърта.

9.2. Компостиране

Технико-технологични характеристики

Компостирането е екзотермичен процес, при който органичните субстрати се подлагат на аеробна биодеградация от смесена микробна популация в условията на подходяща температура и влажност (Фигура 34). В процеса на биодеградацията органичният субстрат претърпява физично и химично превръщане с образуването на стабилен хумифициран краен продукт. Този продукт е ценен за селското стопанство като органичен тор и като средство за подобряване на структурата на почвата. Хумифицираните продукти бързо влизат в равновесие с екосистемата, в която са внесени и не предизвикват сериозни нарушения в нея, както това се наблюдава при внасяне на непреработени органични отпадъци. Сред отпадъците, които се компостират спадат хетерогенната градска смет (смес от органични и неорганични компоненти), хомогенните фекални маси от животински ферми, отпадъци от растениевъдството, активна кал и др. В процеса на компостиране органичните вещества преминават в по-стабилна проста форма, отделя се CO_2 и H_2O , а температурата се повишава. В естествени условия биодеградацията протича бавно, на повърхността на земята, при температурата на околната среда и предимно аеробно. Естественото разлагане на органичните компоненти може да се ускори ако преработваният субстрат се събере на купчини, което позволява да се съхрани част от топлината отделяна при ферментациите. Този ускорен процес именно е компостирането. Органичните отпадъци с промишлен, селскостопански или битов характер съдържат смес от захари, белтъци, мазнини, хемицелулози, лигнин и неорганични соли с широко вариране на съдържанието, което определя и различно време на разграждане на отделните компоненти. Обикновено съдържанието на сухо вещество по отделните компоненти е както следва:

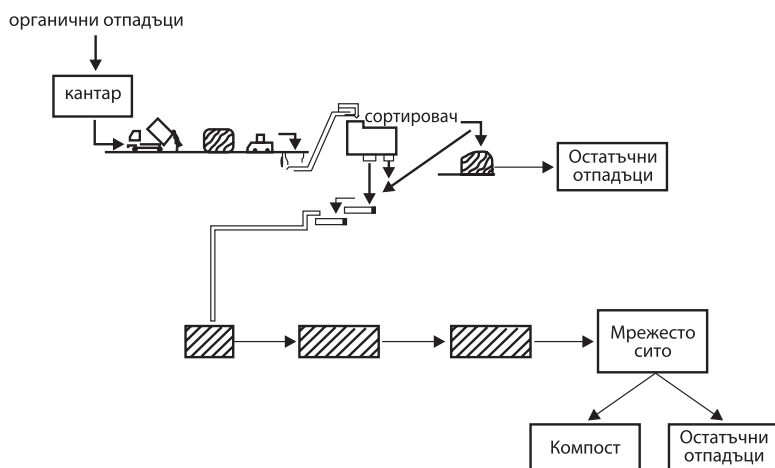
- ▶ водоразтворими съединения — 2–30 % (захари, нишесте, аминокиселини, амониеви соли и др.);
- ▶ съединения разтворими в органични разтворители като етер и спирт (мазнини, масла, восък) — 1–15 %;
- ▶ белтъци 5–40 %;
- ▶ хемицелулоза 10–30 %;
- ▶ целулоза 15–60 %;

- ▶ лигнин 5–30 %;
- ▶ пепел 5–25 %.

Органичните вещества, съдържащи се в отпадъците, подходящи за биологично третиране могат да се разделят на няколко групи:

- ▶ органични съединения на азота — аминокиселини, аминокзахариди, пептиди, белтъчини, нуклеинови киселини;
- ▶ въглехидрати — полизахариди, захариди (целулоза, хемицелулоза, скорбяла и др.);
- ▶ ароматни съединения — лигнин, фенолни съединения;
- ▶ липиди — мазнини, восъци, стероиди и др.

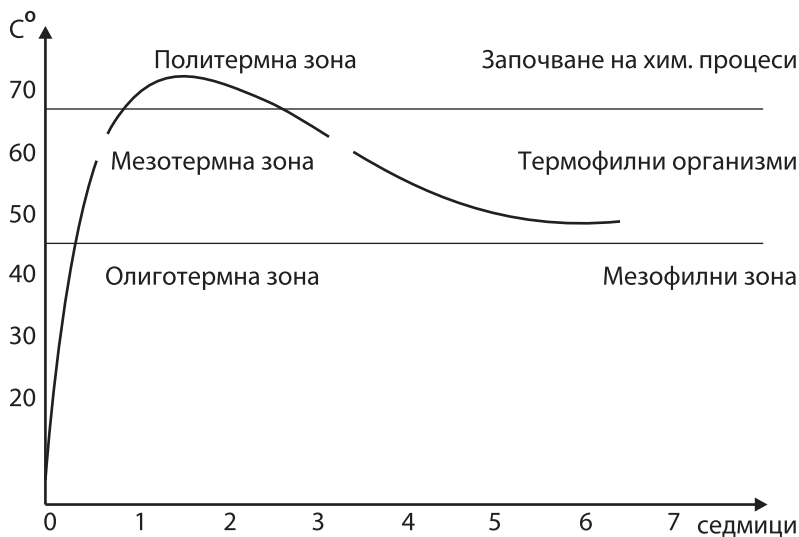
Целулозата, лигнинът и въглехидратите се разпадат по-бавно и се образува тъмен, относително устойчив хумус, бавно освобождаващ азот. Съставът на отпадъчните фракции зависи от възрастта и вида на растението и условията, при които е отглеждано. Свежото зелено растение съдържа много водоразтворими вещества, белтъци и соли. При увеличение на възрастта му солите се връщат в почвата, а нискомолекулните вещества стават високомолекулни (целулоза, хемицелулоза, лигнин). Съставът на отпадъците от животновъдството зависи преди всичко от вида на животното и от неговата храна.



Фигура 33. Принципна схема на компостирането

Процесът компостиране протича в четири стадия: мезофилен, термофилен, изстиване и съзряване. Процесът започва про температурата на околната среда; рН на течната фаза обикновено е слабо кисело. В началния мезофилен стадий микроорганизмите, присъстващи в отпадъците, започват бързо да се размножават, температурата се повишава до 40°C и средата се подкислява за сметка на образуването на органични киселини. При температура 40°C мезофилите загиват, а термофилите започват да преобладават. Това повишава температурата до 60°C, при която гъбичките умират. При температура по-висока от 60°C, биодеградацията продължава от спорообразуващите бактерии и термоактиномицетите, като рН става алкално поради отделения амоняк от белтъците. По време на термофилната фаза най-лесно усвояемите субстрати, като захари, нишесте, белтъци и мазнини бързо се изчерпват и скоростта на процеса започва да намалява, след като в нея се въвличат по-устойчиви субстрати. При това намалява и топлоотделянето и постепенно се изравнява със скоростта на загуба на топлина от системата, което съответства на температурата за достигане на температурен максимум. След това компостът започва да изстива. Често при компостиране на стари отпадъци се наблюдават няколко температурни максимума. Може да се каже, че след температурния максимум разбъркваната маса за компостиране е достигнала стабилно състояние. Лесноусвоимите съединения вече се разградени, основната потребност от кислород е удовлетворена, компостираният материал престава да привлича мухи и паразити и не мирише, защото лесно достъпните азот и сяра са свързани от новообразуваните микробни тела. По време на изстиването рН бавно пада, но остава алкално. Термофилните гъби от по-хладните зони отново обхващат целия обем и заедно с актиномицелите усвояват полизахаридите, хемицелулозата и целулозата като ги разрушават до монозахариди, които се използват от широк кръг микроорганизми. Скоростта на топлоотделяне намалява значително и температурата спада да тази на околната среда. Първите три стадия на компостирането (мезофилен, термофилен и на изстиване) протичат за дни или седмици, в зависимост от типа на използваната система за компостиране и микробиалната активност. Заключителният етап — съзряване, през който загубите на топлина и маса са малки, продължава няколко месеца. През този стадий протичат сложни реакции между остатъците лигнин и отпадъчните белтъчини на умрелите микроор-

ганизми водещи до образуване на хуминови киселини. Компостът не се загрява, в него протичат анаеробни процеси при съхранение, той не отнема азот от почвата при внасяне в нея. Крайното му рН е слабо алкално. Най-подходящата максимална температура е 55–60°C, защото по-високите температури подтискат повечето микроорганизми и процесът се забавя. От друга страна, при 60°C се унищожават патогенните микроорганизми (Фигура 34).



Фигура 34. Изменение на температурата при различните групи микроорганизми

Основните параметри и изисквания при компостирането са:

- ▶ **Разделяне.** Желателно е компостирането да протича с максимум органична маса и минимум неорганични вещества. Затова от входящите отпадъци трябва да се отделят стъкло, метал, мед, олово, цинк, пластмаса и др.;
- ▶ **Дисперсност на частиците.** Оптималният размер за системи с разбъркване и принудителна аерация е 12.5 mm, а за неподвижни купчини с естествена аерация е 50 mm. Раздробяването става с чукови мелници, в роторни барабани и пр. Ако частиците са с много малки размери се наблюдава уплътняване на порите и понижение на вентилацията и разбъркването;

- ▶ **Съдържание на хранителни вещества.** Основно се следи съотношението $C/N=25/1-30/1$ и рядко концентрацията на фосфор. Ако $C/N>25/1$ ще настъпи бавно окисление на излишния въглерод до $C/N>10/1$. При $C/N<25/1$ — например в активен ил, фекалии от животни, азотът ще се отделя като амоняк в големи количества. На по-късен етап, когато амонякът (инхибитор на N-фиксацията) намалее азотфиксиращите бактерии допълват азотните загуби. Смята се, че добавянето на фосфати като суперфосфат и пр. може да компенсира пониженото съотношение $C/N<25/1$, но това оскъпява компостирането;
- ▶ **Добавки.** За повишаване скоростта на компостиране се прибавят химични, растителни и бактериални добавки. Доказано е, че при връщането на част от готов компост се ускорява термофилния стадий, но това е без значение за предварително добре раздробен субстрат. Носителите като стърготини, трески, слама, листа, костилки и пр. са необходими за поддържане на структурата и обезпечаване на аерацията при активен ил и животински фекалии;
- ▶ **Влажност.** При влажност под 30 % от общата маса, скоростта на биологичните процеси рязко спада, а при влажност под 20 % те почти се прекратяват. Прекалено високата влажност запълва порите доставящи O_2 и биodeградационните процеси се забавят. Някои субстрати като хартия бързо се променят (слепват се в еднородна маса) при намокряне, а други като слама, трески се структурноустойчиви. Следователно, в зависимост от природата и размера на частиците на носителя, оптималната влажност е 50–60 %. Вода се образува и за сметка на жизнената дейност на микроорганизмите и се отделя за сметка на изпарението. При наличие на изкуствена аерация загубите на вода могат да бъдат значителни, а това налага внасяне на допълнителни количества активен ил и други влажни отпадъци;
- ▶ **Аерация.** Тя зависи от свободния обем между частиците на носителя и бива естествена и изкуствена. Естествената аерация е недостатъчна, защото остават анаеробни централните зони на компостируемата маса. Принудителната аерация позволява ефективно отделяне на топлината, влагата и CO_2 . През мезофилния етап тя е ниска, през термофилния е максимална, а на

етап изстиване и съзряване пада до нула. Смята се, че за кислород-съдържащите субстрати, като целулоза и пр., е необходим 1 g O₂, а за наситените въглеводороди 4 g O₂ на 1 g органична маса. Концентрацията на кислорода трябва да бъде 10–18 % или 0.6–1.8 m³ въздух/24 часа/1 kg летлива част от твърдите вещества;

- ▶ **Разбъркване.** Чрез него се осигурява диспергирането на субстрата, нараства специфичната повърхност, ускорява се дифузията на O₂ и на други вещества. Прекомерното разбъркване е скъпо, води до охлаждане и изсъхване на компостируемата маса и до разкъсване на мицела от плесени актиномицети;
- ▶ **Топлоотделяне и размери на купчинките.** Белтъците, въглехидратите и липидите имат топлина на изгаряне в границите 9–40 kJ/kg. Липидите като правило имат два пъти повече енергия на грам от белтъците и въглехидратите. Може да се определи топлоотделянето на 1 g субстрат, тъй като повечето органични съединения имат топлина на изгаряне 14.2 kJ/kg. Общото количество топлоотделяне ще зависи от количеството реагиращ материал. Моутс и Грифс определили скорост на топлоотделяне 20–28 W/kg при компостирането на два различни органични субстрата. Когато купчините са твърде големи, отделяната при компостирането топлина повишава температурата до 80–90°C, което е значително повече от $t_{opt}=55^{\circ}\text{C}$. Препоръчителните размери за купчините с естествена аерация са 1.5 m височина и 2.5 m ширина. При принудителна аерация размерите трябва да са такива, че да се избягва прегряване. Обикновено в тези купчини или редове се поставят перфорирани тръби от бамбук или друг трудно изгниващ материал, които служат за аерация и за механична опора.

Въздухът може да се подава чрез компресия или чрез изсмукване. Има различни конструкции механизирани инсталации за производство на компост. Те могат да бъдат специални коридори с перфорирани тръби и релси, по които се движат специални разбъркващи устройства. Строят се силози с няколко перфорирани и подвижни дъна, които оформят определен брой секции. Към всяка секция е предвидено разбъркване и аерация. Дължината на една секция достига до 50 m, а широчината до 18 m. Използват се също и бавновър-

тящи се барабани, които са аналогични на биореакторите за твърдо-фазово култивиране.

Съоръженията и инсталациите за компостиране за обезвреждане на битови отпадъци чрез биологичното им разлагане предлагат различни технически решения за имобилизиция, окисляване, редукция, привеждане в разтворими форми, привеждане в летливи форми или тяхното свързване, абсорбиране на органични вещества и др. до получаването на компоста. Обезвреждането на битови отпадъци чрез компостиране се предвижда като комплексен обект, разположен върху самостоятелна площадка, който може да включва:

- ▶ Основни съоръжения или инсталации за компостиране, в т.ч. съоръжения за полево компостиране със или без предварително обработване на отпадъците; статични, динамични и от мобилен тип биокамери; инсталации за компостиране чрез брикетиране и др.;
- ▶ Спомагателни съоръжения и инсталации, в т.ч. за предварително обработване на отпадъците (инсталации за раздробяване, сепариране, претоварване, пресяване и др.); подаване на въздух за ускоряване протичането на биохимичните реакции; складиране, сепариране, претоварване и др. на получения компост;
- ▶ Обслужващи сгради и съоръжения, в т.ч. административни и битови помещения за персонала, площадкови благоустройствени мрежи, гаражи, паркинги и др.

Изборът на основни съоръжения или инсталация за компостиране и свързаните с него обслужващи и спомагателни сгради се определят в зависимост от вида, състава и количеството на отпадъците, предвиждащото се оползотворяване на компоста и изискванията за опазване на околната среда от всяко отделно съоръжение или инсталация. За осигуряване на надеждна експлоатация и опазване на околната среда по отношение на съоръженията и инсталациите, прилагани при компостирането на битови отпадъци, се изисква следното:

1. Конструкцията на съоръженията и инсталациите за полево компостиране да осигурява:

- а) непрекъснато наблюдение и коригиране на температурата, влажността и физико-химичните свойства на отпадъка;
- б) циркулация на въздуха в обработваната маса;

в) опазване от замърсяване на геоложката основа, водите и атмосферния въздух.

2. Биокамерите за компостиране да отговарят и на следните допълнителни изисквания:

- а) защита от шум в съответствие с изискванията на санитарните норми за производствен шум;
- б) защита от вибрации съответствие с изискванията на санитарните норми за производствена вибрация и нормите за проектиране на фундаменти, подложени на динамични товари от машини.

3. Обслужващите сгради, помещения и съоръжения да осигуряват безопасни и здравословни условия на труд и опазване на компонентите на околната среда при спазване на установените изисквания на нормативните актове.

Съставът на компоста варира в широки граници (в % по суха маса):

органични вещества.....	25–80 %
въглерод.....	8–50 %
азот.....	0.4–3.5 %
фосфор.....	0.1–1.6 %
калий.....	0.4–1.6 %
калций (CaO).....	0.7–1.5 %

Компостът от градските отпадъци има по-малко органични вещества и повече микроелементи, които се натрупват в растенията в сравнение с компоста от селскостопански отпадъци.

Таблица 17. Основни физикохимични параметри на компостирането и качествения компост

Свойства	Мерни единици	Оптимални стойности
Отношение въглерод/азот	C/N	25-40 : 1
Съдържание на нитрати (NO ₃)	ppm	100 : 300
Съдържание на амоний (NH ₄)	ppm	0.5-0.2
Съдържание на CO ₂	%	< 2.0
pH		7.0-8.0
Влажност	%	50.0-60.0
Температура:		
Максимална	oC	54-66
Минимална	oC	30
Големина на частиците	cm	0.5-5.0

Както аеробните методи така и анаеробните не изискват съществени разходи при реализиране и в отделните домакинства и не изиск-

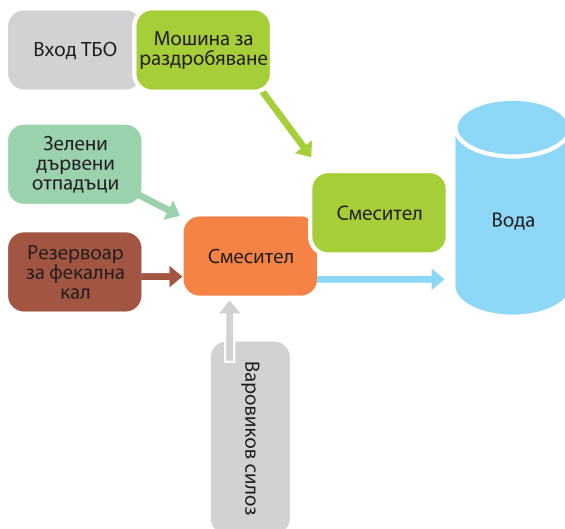
ват някаква специална висока квалификация. Анаеробните методи са по-малко претенциозни по отношение на мястото и големината на биокамерата. Анаеробните процеси изискват по-малка консумация на вода и работна сила, а и получавания добив на компост е по-висок. Загубите на азот също са по-малки. Недостатъци са бавно и непълно разлагане на органичните компоненти, частичното инактивиране на семената на плевелите и на спорите на патогените, зависимост на скоростта на процеса от температурата на околната среда. Това създава определени трудности за контрол на процеса на ферментация. Един от най-големите недостатъци е и генерирането на неприятни миризми.

9.3. Преработване на битовите отпадъци по метода — „OXALOR PROCESS“ (OP)

Технико-технологични характеристики

Във Франция е разработена технология за контролирана химична стабилизация на необработени битови отпадъци, утайки от пречиствателни станции за обработка на битови отпадъчни води, тор от животновъдните ферми и отпадъчни продукти от хранително-вкусовата промишленост. Технологията се основава на екзотермичната реакция на превръщането на калциевия оксид (негасена вар) в калциева основа (гасена вар) при което се постига дезинфекциране, частично свързване на нискомолекулните съединения и частично дехидратиране. Температурата се повишава до 110–120°C и се поддържа в продължение на 2–2,5 h — време напълно достатъчно за унищожаване на патогенните микроорганизми, паразитите и техните яйца. От 2000 г. досега ОП е патентована в много страни, но практическото и приложение е все още ограничено. В нашата страна е започнал процес на внедряване в община Банско. Технологията е обект на френски патент от 28 май 1997 г., но патент на инсталация е получен по-късно — патент 2403608/485465 от 12 юни 2000 г.

По тази технология има изграден завод (Фигура 36) на PSU Industrie с годишен производствен капацитет 60 000 t отпадъци при двусменен и 30 000 t при едносменен режим на работа. Времето за проектиране и изграждане на предприятието, обучение на персонала е максимум 12 месеца.



Фигура 35. Принципна технологична схема на процеса OXALOR

Производственият цикъл включва приемане на битовите отпадъци; разделяне, подготовка, преработване, опаковане, складиране и транспортиране на готовия продукт. Битовите отпадъци, които съдържат около 50 % инертни материали (метал, пластмаси, стъкло, текстил. Около 50 % органични вещества могат да бъдат третирани. Към органичните вещества се прибавят 10 % добавки (основно калциев оксид) за получаване на така наречения „Оксалор“-продукт, чиято маса е около 60% от началната маса на отпадъците.

Общ поглед върху компановането на една промишлена инсталация е представена на Фигура 35. Самосвали транспортират битовите отпадъци, върху три метални транспортъори, като е създадена организация материалът да не остава в приемното поле повече от 8 часа. Отпадъците могат да бъдат битови и сходни отпадъци; остатъчни битови отпадъци (остатъци от сортиране/компостиране/; утайки от пречиствателни станции, животински тор от ферми; зелени отпадъци, ферментируемата фракция от битовите отпадъци; остатъци от метанизация.

Основните операции за реализиране на технологията имат следната последователност:

На затворена площадка камионите за отпадъци разтоварват съдържанието си в три големи метални контейнера, работещи на прин-

ципа FIRST IN, FIRST OUT (излизат по реда на влизането си). Тази инсталация позволява приемането на три камиона за битови или други отпадъци едновременно. Събраните и складираните отпадъци върху контейнерите, преди подаването им за преработване трябва да са освободени от полиетиленови покривала, електродомакински уреди, големи метални предмети и други неподходящи за преработване компоненти. Същите трябва да бъдат насочвани към други инсталации за третиране. За целта оператора извършва контролно пресортиране и събира неподходящите компоненти в три отделни контейнера. По този начин се постига и сравнително постоянно разпределение на третираните компоненти. След извършване на пресортирането компонентите за преработване се насочват към смесителен барабан за хомогенизация.



Фигура 36. Цялостна схема на завода „OXALOR“

Хомогенизираните компоненти се смесват със събраните луги, реактиви, водата от измиването и в зависимост от материалите за третиране, с утайките, мазнините, отпадъчните води, зелените отпадъци или дървесината се подлагат на екзотермично третиране с алкалния реагент от калциев оксид. Третирането се извършва в

барабани реактори в продължение на 1 h. Сместа се разбърква бавно, за да се хомогенизира масата и изравни скоростта на взаимодействие по целия обем. Отделените пари от екзотермичната реакция се улавят и промиват и след това се отвеждат отново в смесителя за обработване на следващата партида. Реагират в барабана смес, получена по партиди се отвежда в термоабсорбатор, където екзотермичната реакция продължава с по-малка интензивност, при което се получаваият продукт продължава да се де-хидратира.

В термо-абсорбатора продуктът постепенно се придвижва към следващия стадий според принципа FIRST IN, FIRST OUT (излиза по реда на влизането си). На изхода от термо-абсорбатора суровият продукт се пресява чрез барабан за частици до 12 mm. Частиците по-големи от 12 mm излизат от барабана като стабилизирани остатъци. Частиците по-малки от 12 mm се насочват към модула за пречистване. Денсиметрична система отделя фракцията 0/12 mm:

- ▶ тежките частици (стъкло, инерти, пластмаси, метали, пластмаси, кръгли батерии);
- ▶ чрез циклон се отделят ултра-леките — пластмасови филми, парченца полистирен;
- ▶ свръх тежките частици от стъкло или метали по малки от 3 mm;
- ▶ крайният продукт се казва OXYOM и е органично калцирана маса.

Частиците по-големи от 12 mm се разделят чрез аеросепаратор на две части: леки и плоски и тежки и обемни. Тежките и обемните частици са сепарират според качеството на продуктите с използване на различен вид сепаратори:

- ▶ черните метали се улавят с магнитен сепаратор;
- ▶ цветните метали се отделят чрез сепаратор на Фуко;
- ▶ пластмасовите бутилки се отделят от спектрален сепаратор;
- ▶ инертните и дървесината се сепарират от балистичен сепаратор;
- ▶ дървесината се връща отново в модула за смесване за да бъде използвана отново в процеса.

Две отделни фракции съставляват продуктите, произлизащи от тази технология:

- ▶ ферментируеми разградени и хигиенизирани материи, които се представят под формата на сух продукт с размер на частиците 0 и 12 mm (най-много 0–4 mm);
- ▶ неферментируеми продукти (филми и флакони, всякакви пластмасови, синтетични или производни материи, черни и цветни метали, тъкани, стъкло, интертни материали, дървесина).

В зависимост от изходния състав на отпадъците и желаните цели, е възможно следното разпределение на генерираните след обработването компоненти:

Подобрител:	40 %
Загуби на вода:	15 % до 20 %
Рециклируеми материали:	20 % до 25 %
Инертни материали:	15%-20%

Инертният остатък във вид на камъчета, стъкълца, варовик, около 7–8 % може да бъде използван като баластра при пътното строителство. Този остатък е безопасен, дезинфекциран, инертен.

Представената концепция на технологията е предназначена да обработва 20 t/h. битови отпадъци и/или подобни отпадъци, т.е. един модул е способен да обработва 50 000 t/y при една работна смяна или 100 000 t/y при две смени.

Крайният продукт — подобрителят OXALOR е сух и поради високото рН и ниска влажност е стабилен. Той може да се складира, мести или насипва в чували за съхранение за дълъг период без неудобство за персонала или околната среда. Той представлява суха пудра, сиво бежов цвят с минерална миризма на вар или цимент. Този продукт е идеален за третиране на кисени почви, особено в зони със силно развита промишленост, където киселинните дъждове замърсяват околната среда.

При насочване към депониране продуктите на технологията водят до алкализирание и понижаване на скоростта на биоразграждане на отпадъците.

Екологични характеристики:

- ▶ Процесът не генерира отпадъчни води и миризми;
- ▶ Оползотворяване на значителна част от компонентите на отпадъците;
- ▶ В зависимост от степента на механизация, процесът позволява да

се отделят и класифицират по-голямата част от веществата и материалите, съставляващи масата на отпадъците;

- ▶ Увеличаване дълготрайността на депата и намаляване на обеми-те;
- ▶ Технологията позволява разграждане на ферментируемите продукти като хартия/картон и сепариране на различните съставки (черни и цветни метали, пластмасови филми и бутилки, стъкло, инерти, дървесина);
- ▶ Ограничаване на застроената площ;
- ▶ Продуктът, излязъл от инсталацията е стабилизирен, той може без проблем да се складира на открито и без специфични конструкции.

Предимствата на технологията ОР:

- ▶ Контролиране на технологичните процеси: всички процеси са обект на непрекъснат контрол, което осигурява високо качество на получавания продукт при липса на опасности за замърсяване на околната среда;
- ▶ Непрекъснатост на процеса: технологията се предлага в два варианта — за едносменен и за двусменен режим на работа, като се постига висок капацитет — 80 000–100 000 t преработване на битови отпадъци годишно;
- ▶ Стабилност на получавания продукт: полученият продукт е с високо съдържание на сухо вещество, не съдържа болестотворни или гнилоствни микроорганизми, поради което е възможно неговото съхранение в складове за продължителен период от време;
- ▶ Редуциране обема на сметта: при сепарирането се получават инертни продукти, които са годни за рециклиране и 60 % от продукта (ОВ), който по същество е източник на биогенни химични елементи и енергия (съдържаща се в химичните връзки на органичните съединения) и е подходящ за третиране на кисели почви. При неговото внасяне в агроценозите се възстановява кръговратът на материята в екосистемите.

Експлоатационните разходи са сравнително ниски — обработването на 1 t отпадък възлиза на около 40 €. Инсталация с капацитет

60 000 t/y струва около 10 mln €. Технологията изисква ограничен брой работници — 4-ма на брой в смяна. Оборудването е надеждно, просто, изпитано и неенергоемко. Пускането в експлоатация не изисква много време. Инсталация с капацитет 50 000 t/y се реализира (без административните забавяния) за период от 10 до 12 месеца, в зависимост от мястото на изграждане.

Полученият продукт се реализира на цена 30 € в Африка и 80 € в Европа. Себестойността, изчислена на база на работещ във Франция завод е 23 €/t и се формира от цената на реагента (11,2 €/t), производствени разходи (7,5 €/t) и останалото е за амортизация.

9.4. Метод на фирмата „VOMM“

Фирмата е разработила собствена система за сушене и пастьоризация на органични частици от битовите отпадъци, при която намаляването на количеството отпадъци е около 40%. Предлаганото от фирмата решение позволява непрекъснат режим на работа при отсъствие на негативно въздействие. Технологията на системата включва следните етапи:

- ▶ Сепариране на постъпващите отпадъци;
- ▶ Раздробяване и пресяване на органичните частици;
- ▶ Постъпване на раздробените органични частици в турбо-сушилня чрез равномерно подаване;
- ▶ Центрофугиране на органичните частици за постигане на тънък слой (няколко mm) по вътрешната страна на сушилнята;
- ▶ Изсушаване за около две минути чрез непряк топлинен обмен чрез топлинен кожух, в който циркулира термично масло и горещ газ при ниско налягане;
- ▶ Подгръването става посредством електроенергия;
- ▶ Унищожаване на микробиалната флора чрез топлинни шокове;
- ▶ Разделяне на влажния въздух от изсушения продукт в циклон;
- ▶ Смесеният с пара въздух се пречиства и кондензира в турбо-скрубър;
- ▶ Охладеният въздух, освободен от парата, се връща обратно в нагревателя и постъпва в турбо-сушилнята;

Крайният продукт е добре изсушен и пастьоризиран. Подходящ е за приложение в селското стопанство, изгаряне като гориво, моделиране на терени и др.. Системата е модулна, като всеки модул може да обработи по около 40 000 t/y отпадъци или 10 t/h. Необходимата площ за изграждане на два модула е 5 дка. Системата може да работи непрекъснато 24 h, 330 days/y. Технологичният процес изисква 0.1 l/s вода и 300 KWh електроенергия за един килограм отпадъци. Системата на фирмата VOMM се характеризира със следните възможности:

- ▶ Възможност за адаптиране на инсталацията към различните физични характеристики на отпадъците;
- ▶ Унищожаване на микробналната флора чрез висока турбуленция и поредица от топлинни шокове;
- ▶ Веригата на сушене на въздуха е затворена и не създава риск за замърсяване на околната среда;
- ▶ Няма риск от опасно прегряване, горене или спонтанно избухване;
- ▶ Ниска консумация на вода и енергия;
- ▶ Липса на горивен процес;
- ▶ Размерите на инсталацията са приспособими според изискванията на клиента и може да работи според обема и режима на постъпване на отпадъците;
- ▶ Системата може да изсушава утайки от пречиствателни станции, както и болнични отпадъци.

9.5. Метод на фирмата „Швартинг“

Фирмата предлага две различни концепции за механично-биологично третиране.. Концепциите се предлагат в зависимост от желанията на клиента с оглед на конкретните икономически условия. Съгласно аеробната концепция, отпадъците след подходяща механическа обработка се подлагат на интензивно гниене. В някои случаи може да използва компостиране в павилион или тунел. Процесът завършва с открито доизгниване. Получената висококалорична фракция се подготвя съобразно изискванията за последващо термично оползотворяване.

В рамките на анаеробната концепция се прилага технологията за мокра ферментация. Въз основа на характеристиките на анаеробното разграждане може да се наложи адаптиране на технологичната концепция (например чрез филтриране) към циркулирането на трудно-разградими вещества.

9.6. Метод на фирмата „Тьони“

Фирма „Промислени предприятия Тьони“ ООД предлага така наречената концепция за разделяне по фракции. Първата, и в научно отношение най-изследвана микробиологична инсталация (МБИ), се намира в центъра за третиране на отпадъци в Куфщайн, където отпадъците, след предварително едноседмично аерируемо третиране, се разтрошават и след това насочват към станция за грубо ситово сепариране (ситов барабан, ситова мрежа 50x50 mm). Магнитните метални компоненти се отделят от отсявката с помощта на поставен над лентата магнит. Натрошеният отпадък се оставя върху проверяема площадка за по-нататъшно изсушаване и накрая се подлага на термична обработка. Пресятата маса минава през фуния и попада в затворена система за пълнене за интензивно гниене. Отпадъкът, кондициониран с кондензат или вода, автоматично се премества в един от двата модула на гниене (динамични модули на Тьоне ДМТ с производителност около 2 Mg/у всеки от тях), където в продължение на 14 дни протича процес на активно гниене (аериране), като материала същевременно динамично се мести посредством интегрирани конусообразни подвижни дъна. Накрая материала се отвежда за 10 — седмично доизгниване в статични модули на гниене (статичен модул на Тьони СМТ), които се аерират отдолу. След приключване на догниващата фаза, материалът повторно се пресява (барабанно сито със ситов разрез 18x18 mm). Образуващата се фракция, заедно с фракцията от грубото пресяване се подлага на термична обработка. Пресетият материал с горна топлотворна способност < 6000 MJ/Mg на сухо вещество (нормативен показател за депониране) се изнася в депо и се уплътнява.

9.7. Метод на фирмата „Биодегма“

Биодегма ООД работи активно в областта на механично-биологичното третиране на отпадъци от 1995 г. насам. Фирмата развива дейности в сферата на проектирането, планирането и изграждането на инсталации за компостиране и механично-биологични инсталации. Биодегма ООД разработва технологии и поема изпълнението на задачи, свързани с проектиране, планиране и доставка на оборудване.

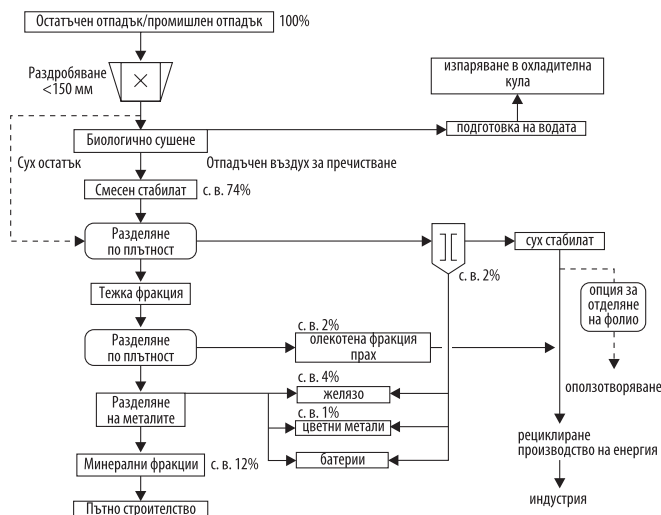
Досега Биодегма ООД е внедрила в Германия 18 инсталации за компостиране на биологични отпадъци с общ капацитет повече от 300 000 t/y и три съоръжения за механо-биологично третиране на остатъчни отпадъци. Прилаганата от Биодегма ООД концепция за реализация позволява да бъдат спазени строгите изисквания за механо-биологични инсталации за битови отпадъци в Австрия и Германия.

9.8. Метод на фирмата „Херхоф“

Фирмата „Екологична техника Херхоф“ ООД има голям опит в строителството и експлоатацията на съоръжения за компостиране на биогенни отпадъци. На базата на метантанкове са изградени голям брой инсталации за компостиране на биоотпадъци с различен капацитет. Развита е и друго направление — третиране и оползотворяването на ТБО и отпадъци от неголеми производства. В началото на 90-те години е разработена система за механично-биологично третиране на отпадъците — т.нар технология „Сух стабилат“. При този метод остатъкът от отпадъците се изсушава и чрез последващо автоматизирано сортиране се разделя на вещества с възможност за повторна употреба и на вещества — енергийни носители. Участъкът за приемане на отпадъци (фиг. 37) се състои от един дълбок бункер за битови отпадъци и един плитък — за индустриални отпадъци, където има възможност за предварително сортиране на отделни фракции подлежащи на механична обработка. С кран отпадъците от дълбокия бункер се подават на трошачните агрегати. След първичното отделяне на железните (метални) компоненти, раздробеният отпадък чрез лентови транспортъори се подава в междинен бункер. След седемдневно биологично изсушаване в сушилни клетки се постига ниска остатъчна влажност и отпадъци-

те могат да бъдат сепарирани. По време на този процес се извършва микробиологично разграждане на органичните компоненти, а водното съдържание са снижава до под 15 %. След биологичното сушене полученият материал са сортира според полезните и енергийните качества както следва:

- ▶ Сух стабилат (заместител на гориво)
- ▶ метали
- ▶ минерални фракции
- ▶ вредни примеси, напр. батерии



Фигура 37. Принципна схема на процеса на сухо стабилизиране на фирмата Херхоф

Продуктът сух стабилат се използва като заместител на гориво или като вторична суровина. Оползотворяването на металите става чрез продажбата им, като това трябва да бъде гарантирано с дългосрочни договори. Минералните фракции могат да бъдат насочени към съществуващи депа или да бъдат използвани като заместител на строителен материал. Сепарираните батерии се връщат обратно на съответните производители.

Основен момент в концепцията Херхоф е производството на колкото се може по-висококачествени горивни продукти, които до бъдат пригодни за промишлено изгаряне. Тук от една страна важна

роля играят физическите изисквания към свойствата на материалите. Тези изисквания зависят от съответната целева насоченост на енергетичното оползотворяване. Те започват от общите изисквания към хомогенността и големината на фракциите и стигат до изискването за липса на вредни примеси и за горивни характеристики за даден вид инсталация. Тези изисквания освен това включват и химични показатели, като тези за ниски концентрации на някои опасни вещества.

Освен производството на гориво се извършва и подготовката на фракцията от инертни вещества. Тази фракция се оползотворява след допълнително обработване и обогатяване. Благодарение на оптимизиране чрез рецикулация се осигурява съществено намаляване на специфична концентрация на замърсен въздух ($<3000 \text{ m}^3/\text{t}$), който подлежи на пречистване. Пречистването на отпадъчния въздух се извършва посредством термично-регенеративно изгаряне на газовете.

Основен агрегат от технологията „Сух стабилат“ е метантанкът на Херхоф. Той включва вана от стоманобетон и вентилационно-технически агрегати. Аерируемото дъно е сегментирано, за да осигури максимално равномерно вентилиране по цялата дължина на ваната. Конструкцията, както и измервателно-регулировъчната техника са собствени разработки на фирмата Херхоф.

9.9. Метод на фирмата „Хезе“

Концепцията на „Хезе“ относно обезвреждането на домакинската и остатъчната смес се базира върху модулния принцип. Модулността позволява с оглед свойствата на отпадъците да се използват наличните мощности за третиране, както и да се приложат различни начини за оползотворяване или отстраняване на образуващите се продукти. Основните технологична стадии на концепцията Хезе са:

- ▶ модул за първична обработка
- ▶ с модул на компостиране или
- ▶ с модул на ферментиране с цел роизводство на биогаз или
- ▶ с модули за изсушаване и гранулиране.

Комбинация от модулите на Хезе е представена на схемите Модул „Подготовка на отпадъците“ и модул „Ферментация“ (Фигури 38, 39).

9.10. Метод на фирмата „Хорстман“

Фирмата Хорстман предлага не само системни решения, но и отделни агрегати. Редица опити с техника за третиране и обезвреждане на отпадъци, в това число и проведените опити в Шаумбург показват, че тази техника позволява сигурно спазване на действащите в Германия нормативни документи. Предлага се следната технологична концепция в рамките на комплексно решение на обекти като генерален изпълнител:

- ▶ след пресяване и разтрошаване на отпадъците, остатъка се пресява повторно;
- ▶ получената груба фракция с размери над 40–60 mm отива за по-нататъшна обработка за заместител на гориво;
- ▶ фината фракция се пречиства от метални примеси и след това се подава за третиране в биологично стъпало.

Като агрегати за третирането се използват специално разработените за тази цел тунелни метан танкове. На всяка от 1 до 2 седмици материалът в тунелите се мести. След около 5 седмици интензивното третиране е приключило. Накрая в продължение на 6 седмици следва допълнително изгниване без вентилация. Третирания материал може да бъде депониран или да бъде подложен на допълнително обогатяване за произвеждане на втора фракция — заместител на гориво.

9.11. Метод на фирмата „Комптех/Фарвик“

Фирмата „Комптех/Фарвик“ концентрира дейността си предимно върху такива направления като раздробяване, пресяване, сепарирание, смесване, транспортиране, докато за затворените системи за гниене се търси партньор, с който де се кооперира.

Концепцията „Комптех“ отчасти прилага пространствено разделяне на механично и биологично стъпало. По-нататъшното механично третиране след това може да бъде извършено децентрализирано на различни площадки (инсталации за механично разделяне). Инсталациите, работещи на различни децентрализирани площадки могат да се считат за рентабилни за съответната сборна зона на отпадъци, ако имат капацитет до 15 000 t/y. В механичните инсталации се извършва предимно разтрошаване и ситово отделяне на фракции с големина над

60 или 80 mm. В резултат на това се получават две фракции. Висококалоричната груба фракция може да се оползотвори като заместител на гориво. Фирмата Комптех предлага необходимата за това машинна техника. В зависимост от желанията на клиента може да се направи още една операция за преработка като заместител на гориво.

Преминалият през ситото материал се доставя към централна инсталация за биологично третиране и се преработва. Прилага се анаеробно третиране в тунелен метан танк. След привършването на етапа на интензивно гниене следва етап на открито гниене върху проветряеми открити площадки. Продължителността на третирането се избира с оглед на това да се достигне до изискваните за депониране стойности.

За допълване на гамата от предлаганите съоръжения е била закупена и швейцарска фирма BRV (Biowaste technologies АД), която от тук нататък става известна под името Линде BRV. Групата Линде има сега допълнително на разположение технологията за суха ферментация, която при известни условия е по-добре пригодена за третиране на остатъчната смет. Фирма „Линде КСА Дрезден“ ООД изпълнява поръчки като генерален изпълнител, но също така участва и като партньор с други фирми и е в състояние технически да реализира изискванията, които действат в Германия в областта на МБИ.

Фирма „Линде“ планира и реализира инсталации за следните видове отпадъци:

- ▶ биологични отпадъци от разделно събиране, от градини и зелени площи;
- ▶ хранителни и пазарски отпадъци, биогенни производствени и промишлени отпадъци;
- ▶ остатъчна смет, смесена домакинска смет, производствени отпадъци, приравнени към домакинската смет;
- ▶ утайки от пречиствателни станции и течен оборски тор.

Техническите възможности на фирмата се демонстрират върху примера на пет основни варианта за третиране на битови отпадъци и утайки от пречиствателни инсталации.

- ▶ **Биологично третиране на отпадъци преди складиране в депо и производство на гориво**

След първичната механична обработка на отпадъците (разтро-

шаване, пресяване, отделяне на метални примеси) следва вторична преработка, специфична за отделните вещества. Висококалоричната фракция допълнително се раздробява и може да се кондиционира за изгаряне в кипящ слой. Фракция с по-високо съдържание на органика и инертни вещества се хомогенизира и стабилизира с прилагането на технология за гниене (тунелно гниене с или без автоматичен режим), докато материалът достигне нормативните стойности, подходящи за депониране.

► **Анаеробно третиране на отпадъци като алтернатива на технологията за гниене**

При аналогична техническа цел, представена по-горе, като алтернатива за напълно обособен технологичен участък на гниене може да се избере анаеробно третиране на отпадъците, например чрез суха ферментация. Икономическите предимства на добива на биогаз също така зависят от отделни проектни решения.

► **Разделяне на остатъчна смет по фракции (гориво, ценни вещества, фракция за депониране)**

С помощта на селективно разтрошаване може да се постигне сортиране на раздробената маса според свойствата на материала и големината на фракциите, както и концентриране на определени групи вещества (например желязо, цветни метали, някои пластмасови фракции или влакнести вещества). Остатъчните материални потоци представляват гориво и фракция за депониране и подлежат на последващо биологично третиране.

► **Биологично изсушаване и добив на гориво**

След първична механична обработка на отпадъците (разтрошаване, отделяне на метални примеси) следва вторична биологична обработка на цялостния поток. След фазата на гниене, с цел да се разградят органичните съставки и последващо биологично изсушаване (евентуално с подаване на външна енергия), отпадъците се кондиционират за термично оползотворяване. Икономическите предимства зависят от дадено проектно решение и на първо място се състоят в реално намаляване на масата, която подлежи на транспортиране и оползотворяване.

► **Получаване на гориво**

След първична механична обработка на отпадъците (селективно

разтрошаване, пресяване, допълнително надробяване) отпадъците термично се изсушават (например в барабанна сушилня). За специфични случаи на приложение след изсушаването се прибегва до предимството, което предлага селективното раздробяване с цел ефективно отделяне на инертните вещества. Получените леки фракции могат да бъдат безпроблемно вторично преработени (например чрез гранулиране или ситно смилане).

9.12. Метод на фирмата „Лурги“

Фирма „Лурги“ не се занимава с експлоатация, а само предлага машини и съоръжения, технологични схеми и концепции, както следва:

Концепция 1: Механично-биологична технология „Стабилат“

Посредством биологични методи за кратко време съществено се намалява водното съдържание в остатъчната смет. Задачата се състои в получаването на продукт, който може да се съхранява дълго време. Полученият продукт може да бъде подложен на по-нататъшно диференциране по материал или като цяло подаден в термична инсталация за обезвреждане. Фирмата предлага алтернативни възможности — биологичното третиране да се извършва за целия входен поток или само на част от материалния поток.

Концепция 2: Механично-биологично гниене

Маханично-биологичните методи на гниене, които се наричат още технология на частично или крайно гниене се отличават с относително дълъг период на гниене. Целта, която се поставя в тази концепция е да се постигне максимално пълно разграждане до въглеродороди. Оставащите вещества се изнасят в депо или се отвеждат за термично третиране. В рамките на първичната подготовка има възможност за отделяне както на ценни, така и на опасни вещества. Освен това добитата висококалорична фракция може да бъде термично или материално оползотворена.

Концепция 3: Механично-биологично-физично третиране

Тази система допълва механично-биологичните процеси със „физично“ стъпало за третиране на отпадъците. Тук се има предвид разделяне на веществата въз основа на разликите в плътността на отпадъчната маса. Разделянето може да се прави и в течна среда (хидроциклон, суспензер). По желание физичното стъпало може да бъде включено след механичното такова или да бъде интегрирано в пър-

вична или последваща механична обработка. По този начин могат да бъдат сепарирани ценните и опасните вещества, както и евентуално да бъде получавана висококалорична фракция.

Освен това, за тази технология е характерно получаването на фракция от инертни вещества. Целта е да се отделят пясъка, камъните, стъклото и други, които да бъдат използвани като строителни материали или складирани на депо за инертни отпадъци. Чрез използването на мокро разделяне, органичният (глинен) шлам отива за мокра ферментация, за да се преработи остатъчният шлам като се добива енергия (производство на метан) и чрез алтернативно допълване на схемата — за утаяване на тежки метали.

9.13. Метод на фирмата „М-У-Т“

Фирма М-У-Т изпълнява комплексни решения като генерален изпълнител на австрийския и немския пазар. Фирмата не приема функции на експлоатационно предприятие и затова при подобни търгове си търси подходящ партньор. Стандартната концепция на М-У-Т е инсталация за разделяне по фракции, с която се постигат предписаните за Германия нормативни изисквания. Доставените отпадъци се сортират, след това де разтрошават, като в съответствие с технологията на М-У-Т за тази цел се използва раздробяващо устройство на бързи обороти (ударно-отражателна мелница). Агрегатът за разтрошаване изпълнява много важна роля, защото разтрошаването с ударно-отражателна мелница става селективно (за разлика от режеща мелница). В края на процеса се отделят примеси от желязо и цветни метали и се прави пресяване със сито със среден диаметър на отворите от 50 mm (барабанно сито). Отсявка от ситото се пресова и като висококалорична фракция отива за енергетично оползотворяване. Преминалата през ситовия отвор фракция, минавайки през сепаратор за твърди вещества, отначало се пречиства от пластмаси. След това пречистения от синтетични примеси материал се подлага на двуседмично интензивно гниене и накрая се прави отсявка на фракции над 10 mm. Отсявката подлежи на открито доизгниване. Накрая двете фракции се обединяват и се насочват за депониране. Особеността на тази технология се състои в управлението на процеса на гниене чрез определяне на образуваната технологична топлина, като по този начин се създава възможност за балансиране и разграждане на органичната суха субстанция и калорийната стойност. Някои от

основните количествени параметри на част от разгледаните по-горе системи са показани в Таблица 18.

Таблица 18. Количествени параметри на част от представените системи

Системи	Капацитет на 1 модул	Количество необходимо гориво	Количество необходима ел. енергия	Количество произведена ел. енергия	Необходима площ
Херхоф	200 000 t/y	700 KW/h kg	110 KW/h kg	Няма данни	Няма данни
VOMM	40 000 t/y	Не се използва гориво	1 KW/h kg изп-рена вода	Няма данни	~ 5 dka за 80000 t/y
APЛИС	2 t/day	Няма данни	Няма данни	Няма данни	~ 55 m ² /dka
KINSEI	36 000 t/y	Няма данни	Няма данни	120 000 MGW/h газ за енергия	~ 20 dka
Brookes	5-15 t/day	5500 KW/h day	114 KW/h day	10 MGW/h (от 10 модула)	~ 35 dka

Анализираните технологии са с различна степен на подробност (в зависимост от различния обем информация, предоставена от различните фирми) по отношение на някои технически параметри и необходимите за изграждането им капитални вложения. Най-ниски са цените, предложени от фирма VOMM — съгласно предоставените материали, за изграждане на два модула, които обработват 80 000 t отпадъци на година са необходими 9,8 mln €, в което не се включват транспортни разход, митническите такси и транспортни разходи. За изграждането на Brookes ще са необходими 850 000 € за един модул, като общата цена възлиза на около 45 mln €. Цените на системата Херхоф за обработване на 180 000 t са около 42 mln €.

Площите, необходими за реализиране на отделните технологии се движат от 5 до 45–50 dka. Най-малко площ (5 dka) е необходима за изграждане на инсталацията VOMM (за обработка на 80 000 t/y).

10. Преработване до горива

10.1. Същност и основания за получаване на горива

Използването на ТБО като гориво датира от 30 години. Горивото, получено от отпадъци се разглежда като евтин заместител на традиционните горива, въпреки че то не е безрезервно прието на пазара. В последните 10 години се наблюдава нарастващ интерес от страна на циментовата, варова, металургичната и енергийната индустрии към горивото, получено от отпадъци, основно на икономически съображения. Целите на Европейската енергийна политика в

управлението на отпадъците стимулира използването на горива, получени от неопасни отпадъци. Тези горива, със средно съдържание на биогенни вещества 50–60%, могат значително да допринесат за намаляване емисиите на CO_2 и удвояване делът на възобновяемата енергия. Дори още повече — поради либерализацията на пазара и необходимостта от намаляване на цените, индустрията става все по-заинтересована от по-евтините, хомогенни заместители на горивата, и то с висок енергиен потенциал. В момента крайните потребители са циментовата и варовата индустрия. В бъдеще вероятно пазарния дял енергийно-генериращия сектор ще бъде най-голям.

В политиката по управление на отпадъците като основна цел е заложено намаляване депонирането на биоразградими отпадъци, което се отразява директно върху получаването на горива от отпадъци. Също така, високите такси за депониране са движещ механизъм в страните членки на ЕС. Противоположно на наложените преди 30 години промени, свързани с петролната криза, производителите на гориво от отпадъци са поели инициативата за осигуряване на качествена система, която да гарантира екологосъобразното използване на горива, получени от ТБО и да ги направи по-надежден и желан продукт. Понастоящем в голяма част от страните членки на ЕС съществуват такива качествени системи.

10.2. Метанова ферментация на органични отпадъци

Технико-технологични характеристики

Биогазът е горивен газ, който се получава от ферментационни процеси в анаеробна среда на биологични продукти. В природата биогаз се продуцира по естествен начин (т.н. блатен газ). Съставът на биогаза (табл. 9) зависи от редица фактори, като най-често е в границите:

Таблица 19. Състав на биогаза

Метан (CH_4)	45-75 %
Въглероден двуокис (CO_2)	25-50 %
Азот (N_2)	0-7 %
Кислород (O_2)	0-2 %
Водород (H_2)	0-1 %
Сероводород (H_2S)	0-1 %

При тези параметри енергийната стойност на биогаза е 4,5–7,5

kWh/m³. За сравнение енергийната стойност на дизеловото гориво е приблизително 12 kWh/m³, на дървата — 4,5 kWh/m³, на брикетите 5,5 kWh/m³, на природния газ — 8,3 kWh/m³. Първите биогазови инсталации са направени в Индия през 1859 г. Биогазът е продукт, получен при ферментационни процеси в органичната маса под действието на метановите бактерии. Тези микроорганизми са строго анаеробни. Работният им диапазон е в границите от 0 до 70°C. Скоростта на ферментационните процеси, а от там и количеството на получения газ, зависи силно от температурния режим. Основният елемент в една биогазова инсталация е ферментаторът. Използват се различни видове ферментатори — хоризонтални, вертикални, стоманобетонени и др. При всички видове ферментатори трябва да се спазват определени условия — анаеробна среда, гарантиран температурен режим, леко отвеждане на получения биогаз и на ферментиралата маса, поддържане на хомогенност на масата при престоя и във ферментатора. Най-често като суровина за производството на биогаз се приемат екскрементите от селскостопанските животни и птици. Природата предлага обаче още много, някои дори като неочаквани ресурси. В Таблица 20 са дадени характеристиките на различни видове субстрати, които са най-често използвани за производство на биогаз, както и количеството биогаз, което може да се получи от тези суровини.

Таблица 20. Характеристики на някои суровини за производство на биогаз (за 1 т суровина)

Суровина	СВ*	ОСВ**	Газова продуктивност l/kg ОСВ	Биогаз m ³
Течен тор от говеда	10	81	400	32,4
Пресен тор от говеда с постеля слама	22	83	420	76,7
Свински тор	7	81	450	25,5
Пресен овчи тор	27	80	750	162,0
Пресен птичи тор	15	77	465	53,7
Конски тор	28	25	580	40,6
Бирена каша	25	66	700	115,5
Ябълкова каша	3	95	500	14,2
Ябълкови джибри	25	86	700	150,5
Зелени тревни отпадъци	15	76	450	51,3
Нарязана зелена маса***	42	90	780	294,8
Картофени стъбла	25	79	840	165,9
Гроздови и плодови джибри	45	93	670	280,4
Царевичак	86	72	900	557,3
Ечемичена слама	85	85	500	361,2

* сухо вещество в %; ** органично сухо вещество в % от количеството СВ

*** средно за всички видове отпадъци, свързани с производството в цветарството, градинарството, оранжерийното производство

Отпадъците, посочени в таблица 20 в никакъв случай не изчерпват цялата гама отпадъчна маса, от която може да се получи биогаз. Там са представени само онези отпадъци, които пряко се отнасят към земеделското производство и животновъдството. Когато говорим за биогаз обаче не можем да пренебрегнем големия потенциал на следните видове органични отпадъци (Таблица 21).

**Таблица 21. Средна газова продуктивност
на някои биологични отпадъци**

Вид отпадък	Средна газова продуктивност m ³ /kg ОСВ
Кланични отпадъци	0,34-0,71
Отпадъци от преработка на риба	~ 0,5
Отпадъци от хранителната и фуражната промишленост	0,32-0,8
Свежи утайки от отпадъчни води	0,39-0,41
Остатъци след екстрахиране на билки	0,2-0,75
Отпадъци от хартиената и картонената промишленост	0,2-0,3
Биоотпадъци от домашните стопанства	0,4-0,58
Биологични мазнини и смазки	>0,5
Биологически преработваеми опаковъчни материали	~0,64
Отпадъци от обезмасляване, мазнини от големи кухни и гастрономически предприятия	0,7-1,3

Всичко това показва, че ресурс за производство на биогаз има и винаги ще има, защото всичко от което същият може да бъде получен, е свързано с основни производства, обуславящи не само благополучието, но и съществуването на човека. В практиката най-често за основна суровина за производството на биогаз се използват говежди или свински тор, като към тях се прибавят другите видове отпадъци. При такова смесване на различни материали значително нараства ефективността на биогазовото производство. Произведеният биогаз е носител на енергия и крайната цел е нейното оползотворяване. Най-общо оползотворяването на произведения биогаз може да стане по следните начини:

- а) директното му изгаряне за производство на топла вода;
- б) производство на електроенергия, като за целта се използва двигател, работещ с биогаз, към който е куплиран генератор. При този начин успоредно с произвежданата енергия се получават и големи количества топла вода. Електроенергията може да бъде реализирана по различни начини, част от които са:
 - произведената електроенергия се продава на електропреносните предприятия. Законово няма проблем от реализацията на тази

идея, но за производителя в момента тя не е икономически изгодна;

- ▶ производство на електроенергия, с която се задоволяват изцяло собствените нужди;
- ▶ производство на електроенергия, с която се покриват само собствените нужди през деня, а през нощта се използва евтина външна енергия. В този случай към биогазовата инсталация се включва и буферен резервоар от непропускливо фолио, в който се съхранява произведения през „мъртвия“ период биогаз.

Екологични характеристики

При производството на биогаз се получава газово гориво и частично минерализирани органични отпадъци, които са известни като биошлам. Биошламът е продукт, който не съдържа патогенни микроорганизми, яйца на паразити, токсични паразити и неприятно миришещи вещества и поради минерализацията около 50 % позволява ефективно да се използва като подобрител на почвите. Като се изключи намаляването на количеството на въглерод, кислород и водород (химични елементи, които не са лимитиращи за растенията) в биошлама се съхраняват всички необходими за растенията макро и микроелементи.

Проучваният показват, че биошламът е подходящ и за производство на биологична продукция (това е регламентирано в Наредба № 22/2001), както и за подобряване структурата на почвата.

10.3. Метод ВТА-process

Проучванията за сравнение са проведени в завод за преработка на отпадъци, построен в гр. Торонто, Канада, в който се прилага патентованата в Германия технология за производство на биогаз ВТА-process. Технологията включва смилане и хомогенизиране на органичните отпадъци с високо съдържание на сухо вещество, разреждане на хомогенизирания субстрат с оборотна вода, управляваща метанова ферментация, при която се получава газово гориво — биогаз и продукт биошлам, който е с висока стойност за повишаване на плодородието на почвата. Особеност на патентованата разработка е екологосъобразността, която се заключава в обратното използване на водата и херметизирането на всички технологични

звена, което позволява пречистване на излизация от помещенията въздух.

Битовите отпадъци се транспортират със специален транспорт, пакетирани в пластмасови опаковки. В патентованата технология ВТА-process не се изисква стандартизиране и контрол на битовите отпадъци на вход. За да се постигне максимална степен на минерализация е необходимо спазването на следните технологични параметри: 10 t битови отпадъци или тор се смесват с 17 m³ вода. Субстратът, разреден с вода се хомогенизира, след което се смила в продължение на 4 min. Течната фракция се изпомпва през дъното като преминава през решетка с големина на отворите 9 mm. Специална механизация отстранява пластмасовите торбички, които плуват на повърхността, след което те се стифират, пресоват и балират. Останалите върху решетката частици се отвеждат в контейнер за тежки частици. Течната фракция се транспортира до цистерна, където отново се хомогенизира и се смесва с допълнително вода, за да достигне съдържание на сухо вещество 7–9 %. Хомогенатът се транспортира по тръбопровод до хидроциклон, в който се отстраняват дребните метални частици, преминали през филтъра.

Течната фракция се отвежда във ферментор за анаеробна ферментация, който е с обем 3200 m³. Сравнителни проучвания показват, че е целесъобразно прилагането на непрекъснат режим на ферментация при следния технологичен режим: запълване на 90 % от обема ферментора със субстрат, подмяна през всяко денонощие на 300 m³ от субстрата чрез внасяне на суровина и отливане на същото количество отработен продукт (биошлам). Сравнителни проучвания показват, че максималната температура на метановата ферментация е 36°C и този температурен режим се постига с допълнително отопление с енергоносител биогаз. Поддържането на температурния режим, както и на рН във ферментора е автоматизирано и се регистрира и регулира в залата за контролно-измервателни прибори и автоматика. Хомогенизирането на субстрата във ферментора се постига чрез компресирано подаване на получения биогаз. При такава натовареност на ферментора се получава до 700 m³/h газово гориво, което съдържа 55 % метан, 40 % въглероден диоксид и 5 % вода. В резултат на метановата ферментация сухото вещество намалява от 7–9 % до 3,4–5 %. Полученият биогаз се използва за получаване на електрическа енергия и на топлина, не-

обходима за загряване на ферментатора и за нуждите на производствените помещения. Течният биошлам след метановата ферментация се подава на шнекови преси, които сепарират течността на две фракции. Твърдата фракция е със съдържание на сухо вещество 30–36 %, без характерната неприятна миризма на органични отпадъци и с консистенция подобна на тази на минералните торове. При тези технологични параметри се постига максимална степен на минерализация — 70 %. Химичният състав се характеризира с високо съдържание на основните биогенни химични елементи К, Р и N е оптимално съотношение между въглерода и азота (23,50). Изследваните 11 токсични елементи са в количества, които са под регламентираните за Канада допустими количества в продукти, които се използват за повишаване на почвеното плодородие. При преценка на биологичните показатели бяха използвани нормативите на Канада. Установява се наличие на до 10 коли бактерии в 1 г сухо вещество (при норма до 1000 в органични торове), липса на салмонели и фекални стрептококи. Независимо от тези микробиологични показатели, за да се осигури допълнителна микробна деконтаминация, твърдата фаза се товари на мобилни бункери с голяма вместимост (5 m^3), където престоява 48 часа. През това време биошламът престоява още 3–4 седмици, след което се използва за повишаване на почвеното плодородие в т.ч. и на площи за производство на биологична продукция. Водата след сепарирането се отвежда в резервоар, където се утаяват микрочастиците, а надстоящата течност се използва отново за разреждане на субстрата и по този начин се осигурява обратно водоснабдяване.

Всички технологични процеси с изключение на метановата ферментация се осъществяват в едно хале, което е херметизирано. Въздухообменът е 8–10 въздухосмени на час, като отработения въздух преминава през два биологични филтъра с площ 30 m^2 . Филтрите представляват решетки, върху които е насипан талаш, който се обработва с дезодорираща течност, химичният състав на която е фирмена тайна. Степента на пречистване е толкова висока, че е възможно изграждането на завода в един от кварталите на Торонто без да се създава конфликт с живеещите в района поради замърсяване на въздуха.

Проведените проучвания показват, че технологията ВТА-process осигурява екологосъобразна преработка на органични отпадъци.

Според техните качества като суровина за производство на биогаз, на първо място са отпадъчните продукти от хранителната промишленост, следвани от органичния тор, получаван при сухо почистване на помещенията и битовите органични отпадъци. Последната суровина е с най-хетерогенен състав, но независимо от тази особеност, приложената технология позволява да се стабилизират технологичните процеси.

Стойността на завода в Торонто струва 8–10 mln CAD (Canadian dollars), а стойността на най-големия подобен завод в Канада — Newmarket ltd. , който е в експлоатация от 2000 г е 40 mln CAD. Заводът се обслужва от 12 човека, в т.ч. и административно-управленски кадри. Той е енергийно автономен, тъй като полученото газово гориво задоволява енергийните потребности на инсталациите. Независимо, че все още не са уточнени сроковете за възстановяване на направените капитални вложения, прогнозата е, че този срок е около 6 години. Енергийната автономност е от изключително значение, тъй като при енергийната катастрофа на 14 август 2003 г, класическите пречиствателни станции за битови отпадъчни води поради липса на енергия прекратиха своята работа и непреработени отпадъци бяха директно зауствани в езерата.

Предимствата на процеса са:

- ▶ При метановата ферментация на органичните битови отпадъци (ОБО) се получава газово гориво биогаз, който по енергийна характеристика е съпоставим на природния газ. В завод за преработка на 150 000 t ОБО годишно се произвежда 25 000 000 m³ биогаз, който позволява през цялата година да се получава електрическа енергия от електроцентраля с мощност 5 MW и толкова топлинна енергия;
- ▶ От същото количество ОБО се получава 60 000 t биошлам годишно, който е със съдържание на сухо вещества 30–35 % и степен на минерализация около 70 %. Проучванията показват, че в биошлама се съдържат всички биогенни макро и микроелементи, а количеството на токсичните е под регламентираните в Наредба № 22/2001. Този биошлам е подходящ за производство на биологична продукция;
- ▶ Процесът е анаеробен, което изисква затворена система на про-

изводство, което изключва замърсяване на въздуха, водите и почвата;

- ▶ След метановата ферментация биошламът не съдържа болестотворни микроорганизми и яйца на паразити, както и неприятно миришещи и токсични органични вещества.

Процесът има следните недостатъци:

- ▶ Процесът на метановата ферментация е продължителен. В конкретната технология процесите са моделирани за 10 денонощия, което означава, че всеки ден се подменя 10 % от субстрата;
- ▶ При производството на биогаз до 70 % от органиката се минерализира като се получава газово гориво, а останалата част е основно под формата на усвоими от растенията соли;
- ▶ Биогазовите инсталации са относително скъпи. Тяхната стойност е около 30 % от стойността на животновъдната ферма;
- ▶ За експлоатацията на големите биогазови инсталации са необходими висококвалифицирани кадри, тъй като съществува опасност от възпламеняване на биогаза при недостатъчна компетентност на работещите в инсталацията;
- ▶ За изграждане на биогазовите инсталации от типа ВТА-process са необходими значителни площи: за инсталация преработваща 150 000 t ОБО е необходима площ от 2,209 ha.

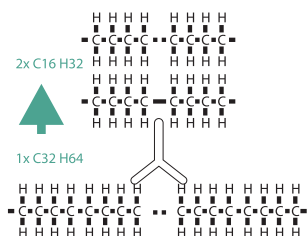
Досегашният опит показва, че в страни като България е целесъобразно изграждане на сравнително малки биогазови инсталации, които ще осигурят енергийна автономия на фермите и ще предоставят необходимото количество биошлам за производство на биологична продукция и подобряване структурата на почвите в районите с ерозия на почвата. Пример в това отношение е Австрия, но следва да се отбележи, че в Дания, Швеция, Канада са изградени и работят и големи биогазови инсталации, с което се решават екологични и енергийни проблеми. За изграждането на тези инсталации от съществено значение са субсидиите, които всяка държава предоставя.

10.4. Метод на фирмата „ALPHA KAT“

Въпреки наличието на модерни методи за добив световните нефтени резерви са ограничени и при днешното му потребление ще стигнат за около 50–60 години. Към това се добавя критичното нарастване на световното потребление, особено в Индия и Китай. Растящата цена на енергията и горивата е един от най-големите икономически и екологични проблеми на съвременния свят. Това е причината за експанзивното развитие на производството на алтернативни енергии. Трансформирането на биомаса в гориво е една от основните алтернативни изследователски области. Методът на каталитичната деполимеризация без налягане, заложен в технологията ALPHA KAT е патентована в цял свят. Технологията е приложима в различни области, като при това могат децентрализирано технологично ефективно да се преработват отпадъци в твърдо и течно състояние:

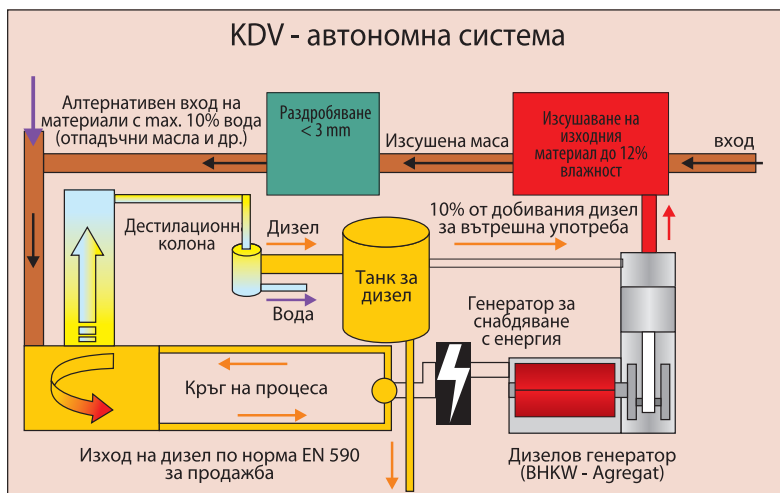
- ▶ Пластмаси от всякакъв вид;
- ▶ Гумени отпадъци и автомобилни гуми;
- ▶ Стари масла, смазки и масла от всякакъв вид, в т. ч. от трафопостове и хидравлика;
- ▶ Развалени хранителни продукти, селскостопански и животински отпадъци;
- ▶ Болнични отпадъци, стерилизирани, обезводнени и изсушени;
- ▶ Отпадъци от рафинерии, битуми, смоли и др.

Принципът на каталитичната деполимеризация без налягане се състои в следното:



В един затворен технологичен кръг, в маслена суспензия с температура около 280–340°C въглеводородните молекули на изходните материали се разрушават с помощта на катализатора. Получават се дизелови пари, които се сепарират в дестилационна колона. Блок-схемата е представена на Фигури 40 и 41. Остатъците,

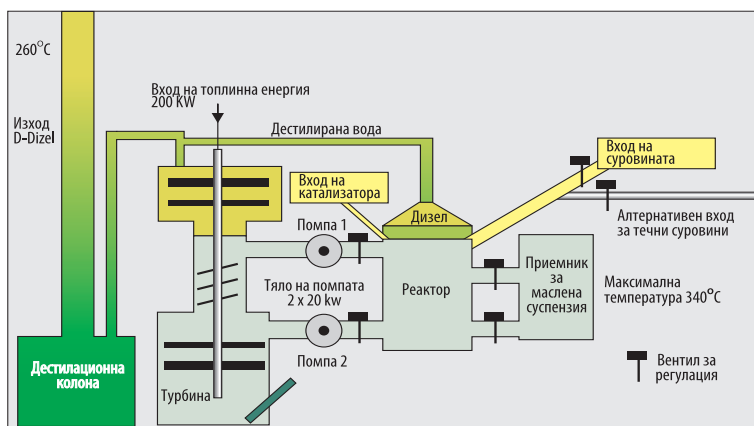
които не могат да се трансформират в дизелови фракции се извеждат от процеса под формата на безвредни соли. Оползотворява се над 80% от съдържащия се в изходните материали въглероден диоксид.



Фигура 40. Блок-схема на KDV системата

Особено внимание заслужава факта, че всички съдържащи се в изходните суровини опасни компоненти с помощта на катализатора се трансформират, неутрализират се и се депонират като безвредни.

Отпадъчните компоненти и биологичните възпроизводими суровини са една разрастваща се алтернатива за децентрализирано производство на нефтепродукти. В бъдеще, те ще спомагат все повече за компенсиране на недостига от природни горива на основата на нефта и природния газ.



Фигура 41. Принципно технологична схема на KDV системата

Основното съоръжение се състои от една вътрешна активна част и една периферна част. Реакторът е с диаметър около 12 m и височина 6 m. Общата височина на дестилационната колона с кондензатора е 9,5 метра. По съображения за сигурност цялото съоръжение е разположено във вана (подобно на обваловките), която в случай на пропуски може да задържи съдържащата се течна фаза. Като се вземат предвид всички изисквания за безопасност, отстояния от вратите и стените, цялото съоръжение изисква не повече от 200 до 250 m². Тази площ би следвало поне частично да е покрита. Инсталацията позволява гъвкавост, разделяне на отделения чрез преграждане и в зависимост от климатичните особености, частично да се разполага на открито или закрито. Това се отнася до основните съоръжения, включително и дестилационната колона. Периферните части на инсталацията включват:

- ▶ един 230 kW ВНКW топлинен блоков генератор за доставяне на необходимата енергия за инсталацията;
- ▶ Един регулируем в зависимост от условията на реакция в съоръжението транспортър за смесените въглеводородни отпадъци;
- ▶ Хранилища за преработваните материали, както и за произведеното дизелово гориво и генерираните отпадъци и странични продукти;
- ▶ Резервоар за вода за охлаждане на дестилационната колона;
- ▶ Резервоар за катализатора с капацитет 600 литра и този за варовика, необходим за химичната неутрализация с капацитет 300 литра;
- ▶ Резервоарът за катализатор е снабден с бързо затваряща се система и се доставя за по-голяма сигурност в т. нар. „големи чували“;
- ▶ Електронно-електрическо управляващо и контролиращо система, която непрекъснато отчита променливите параметри на съоръжението, оптимизира процесите на реакция и осъществява перманентно дистанционно наблюдение чрез интернет връзка.

Произвежданото в KDV системата дизелово минерално масло е с най-високи качества (цетаново число 59). При дизела качеството се определя като „Ketan“ и при нормалния дизел е 52, а при предлагания на пазара „Superdiesel“ е 56, а при продукта на KDV е над 59. Като минерален дизел този продукт не се нуждае от одобрение от производи-

телите на двигатели и превозни средства, тъй като трябва да отговаря на ЕУ-норми. Произвежданият дизел е устойчив във времето и може да бъде съхраняван за дълго време без да носи опасности за двигателите. При използването на биологични изходни материали KDV произвежда биодизел, за който в ЕУ се предвиждат данъчни облекчения.

От KDV съоръжението след преобразуване се получава остатък — така наречената въглищна паста, която се състои от въгледороди, остатъчни материали и използваното като разтворител масло. Балансът на общата маса зависи много силно от химическия състав на входящите материали. Добивът на въглищна паста при някои материали може да е еквивалентен на добива на дизел. Тази маса обикновено се пресова на брикети и служи като източник на енергия, тъй като те имат по-висок коефициент от дървесните брикети. В резултат на деполимеризацията се образува също така и дестилирана вода, получена от остатъчния кислород и водородните атоми. Около 2–7% от изходните суровини се преобразуват в инертни, неактивни и нетоксични остатъци под формата на соли. Те се използват най-често за саниране на стари депа за отпадъци. KDV системата дава и тежка дизелова фракция, около 10% от общото количество дизел, която се използва за хранване на цялата система и по този начин я прави енергийно независима. Технологията е патентована в много страни. Първото съоръжение KDW 500 заработва в Мотерей, Мекико и произвежда дизел (Фигура 42).



Фигура 42. Общ вид на първата инсталация

Поради високото КПД на съоръжението (над 80%) технологията дава положителен енергиен баланс, осигурява се в енергийно отношение и няма вредни емисии (те са сведени до минимум. Производствените разходи са около 0,23 € за 1 литър дизел. Методът, сравнен с директното производство на нефтопродукти е икономически изгоден при съоръжение с капацитет от 500 литра на час дизелово гориво. При по-големи съоръжения производствените разходи са още по-ниски. По този начин синтетичното гориво, отделяни от топлинния блок генератор е конкурентноспособно. Разглежданата технология се отличава със следните предимства:

- ▶ След дългогодишни интензивни изследвания в областта на катализаторите най-после е възможно да се възпроизведе технически процеса на образуване на нефта в природата;
- ▶ Новооткрити катализатори позволяват преобразуването на отпадъчни продукти и остатъчни суровини в нефтопродукти;
- ▶ Времето за реакция е само три минути;
- ▶ Методът дава възможност да се произвежда минерално дизелово гориво;
- ▶ Качеството на произвеждания дизел превъзхожда норма 590 на ЕС при почти всички използвани отпадъчни материали;
- ▶ Производствените разходи са около 0,23 € за 1 литър дизел;
- ▶ Няма замърсяване на околната среда поради неорганичното свързване на вредните материали в соли и кристали;
- ▶ Защитена е околната среда в два аспекта — като суровини и като място за производство;
- ▶ Технологията решава въпроса с почистването на проблемните замърсители;
- ▶ Това е един нов път за производство на дизел в технически и стопански мащаб.

11. Депониране

11.1. Същност

Депонирането се разглежда като опция за крайно съхранение. Препоръчва се предварително третиране на всички отпадъци преди депонирането и само инертните отпадъци и тези, които не подлежат на оползотворяване би трябвало да бъдат депонирани.

Европейската йерархия при управление на отпадъците служи като обща насока, разработена през последните две десетилетия в различни страни членки на Европейския съюз и дава предпочитаното подреждане на приоритетите при избор и вземане на решения относно практиките за управление на отпадъците:

- ▶ Избягване на отпадъци (предотвратяване) намаляване — минимизиране на използването на ресурси и намаляване на количествата и/или опасните свойства на генерираните отпадъци;
- ▶ Повторно използване — използване на продуктите или частите отново за същите или други цели;
- ▶ Рециклиране — преработване на отпадъчни материали за използване като суровина при производството на същия или различен продукт;
- ▶ Оползотворяване — извличане на полза от отпадъците чрез компостиране, оползотворяване на енергия или други технологии;
- ▶ Депониране — Ако няма друго подходящо решение, депониране на отпадъка в депо с или без предварително третиране (изгаряне, механично-биологично третиране).

Досега, предпочитания метод за обезвреждане на отпадъците в България е депонирането на отпадъци. Настоящият приоритет ще се фокусира също и върху въвеждането на нови модели за управление на битови, строителни и отпадъци от разрушаването на сгради в България, които също ще спомогнат за намаляване на общото количество депонирани отпадъци, както и за тяхното екологосъобразно оползотворяване.

Понастоящем значителна част от съществуващите в страната депа за битови отпадъци, обслужващи населените места с организирано събиране на отпадъци, не отговарят на изискванията на нацио-

налното и Европейското законодателство. Изключение правят тези, които са изградени, реконструирани, модернизирани и въведени в експлоатация след 1997 г. Поради потенциалния риск, произтичащ от съществуващите депа, от първостепенна важност е те да бъдат рехабилитирани, с цел обезпечаване на бъдещата им експлоатация или да бъдат закрити и изградени съответни нови съоръжения, така както това е предвидено в „Програмата за прилагане на директива 1999/31/ЕС за депониране на отпадъците“. Директива 99/31/ЕС за депониране на отпадъци е една от най-важните директиви за организиране на системите за управление на битовите отпадъци. Тя се състои от две основни части:

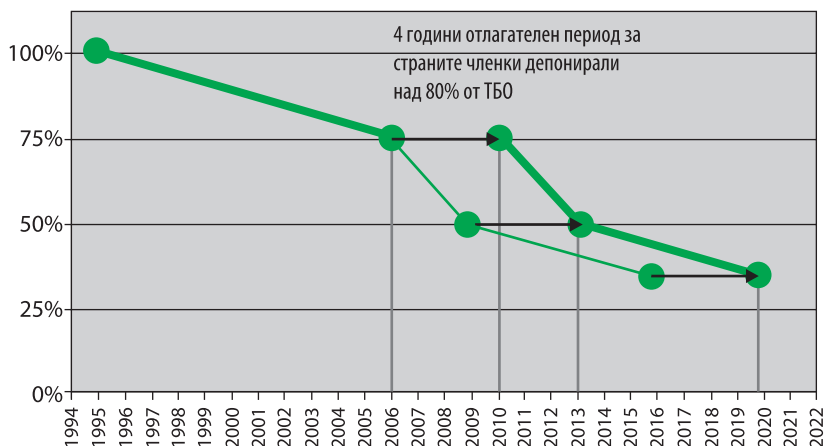
- ▶ една част, базирана на цели, които задават планирани резултати за намаляване на количеството на биоразградимите съставки в твърдите битови отпадъци, постъпващи в депа, в национален мащаб;
- ▶ втора част, дефинираща техническите стандарти на депата и последващите мерки след депонирането, както и начина на финансиране на последващите мерки.

Частта, базирана на цели, изисква широкообхватни промени в управлението на битовите отпадъци. Планираните резултати изискват големи промени в системата на събиране, както и в съоръженията за обезвреждане. В сравнение с базовата линия от 1995 г., установена от Директивата в страните-членки на ЕС количеството биоразградими твърди битови отпадъци, постъпващо за депониране, трябва да бъде намалено до:

- ▶ 75 % до 2010 година;
- ▶ 50 % до 2013 година;
- ▶ 35 % до 2020 година.

Тези срокове отразяват четиригодишното отлагане (Фигура 43), предвидено в Директивата за страните, които през 1995 г. са депонирали повече от 80 % от твърдите битови отпадъци. Самата Директива за депониране на отпадъци изисква в член 5 (1) планираните резултати по намаляването да се постигнат основно чрез рециклиране, компостиране, производство на биогаз или получаване на енергия. Директивата за депониране на отпадъци фактически изисква (в Член 6) в депата да постъпват за депониране само обезвредени остатъчни

твърди битови отпадъци, но не дефинира подробно какво се разбира под „обезвреждане“.

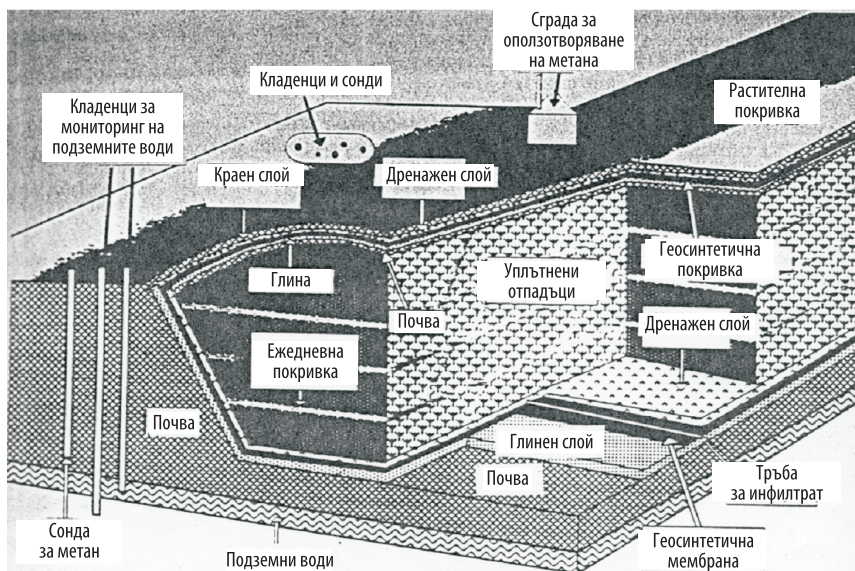


Фигура 43. Планирани резултати, предписани от Директивата за депониране на отпадъци на ЕС

Не се допуска депонирането на:

- ▶ излезли от употреба гуми — цели и нарязани гуми;
- ▶ отпадъци, които не са предварително третирани, освен ако не се докаже, че предварителното третиране няма да допринесе съществено за намаляване на количеството или опасните свойства на отпадъците, за намаляване на риска за човешкото здраве и околната среда, причинени от депонирането през целия жизнен цикъл на депото (от 2007 г.);
- ▶ отработени масла и отпадъчни нефтопродукти.

Контролираното депониране (Фигура 44) става на предварително оформени площадки с хидроизолирани дъна и стени, с дренажни системи за събиране и отвеждане за пречистване на течната фаза, с охранителни канали за отклоняване на повърхностните води от района на отпадъците, със системата за отвеждане на образуващия се биогаз. Отпадъците се уплътняват и периодично се покриват с пръст, състоянието на подземните води непрекъснато се контролира, а уловеният биогаз се изгаря в специални устройства за оползотворяване на топлинната енергия.



Фигура 44. Принципна схема на съвременно депо

Основният негативен процес, протичащ в тялото на депонираните отпадъци е разлагането на органичните отпадъци в анаеробни условия, които са свързани с промени в условията и необходимостта от предприемане на предпазни действия като:

- ▶ активно действие на анаеробни микроорганизми, чието действие се определя от уплътняването на отпадъците;
- ▶ отделяне на 105 Kcal/kg топлина, която е 25 пъти повече от аеробното разлагане;
- ▶ температура в слоя отпадъци — 30–37 °C;
- ▶ запръствяване между слоевете отпадъци с дебелина на уплътнения слой земя от 0,15 до 0,25 m;

В резултата на протичащите в тялото на депото биохимичните процеси се генерират и отделят:

- ▶ газове — метан, сероводород, водород, меркаптани (CH_3HS) и др.;
- ▶ течности — различни органични киселини с различно агрегатно състояние в отделните сезони в зависимост от конкретните климатични условия, които влияят и на растежа на анаеробните микроорганизми. Възможно е в резултат на това процеса да бъде прекратен.

Химическите процеси на разлагане на органичните вещества са много бавни. При тях се извършва минерализация на органичните вещества, която при височина на слоя отпадъци от 2–3 m, на седмата година се постига минерализация от 1 m. Установено е, че при височина на слоя отпадъци — 2–3 m, анаеробни условия, време на разлагане — 25 години, минерализацията по години от повърхността в дълбочина на тялото протича така:

I год. – 12 cm; II год. – 21 cm; III год. – 27 cm; IV год. – 38 cm; V год. – 45 cm; VI год. – 75 cm; VII год. – 100 cm. [13]

Съгласно Приложение № 2 за изискванията към проектните решения на тялото на депото към чл. 23 на Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г., то трябва да отговаря на различни изисквания. Тялото на депото като основна част на комплексния обект, трябва да осигурява такова обезвреждане на отпадъците, което:

- ▶ не застрашава здравето на населението и на работещите в депото;
- ▶ не създава риск от замърсяване на атмосферния въздух, повърхностните и подземните води, почвата и за увреждане на растителния и животинския свят;
- ▶ не създава условия за наднормен шум и за отделяне на прах и неприятни миризми;
- ▶ не създава условия за вредни последици върху защитените природни обекти, недвижимите паметници на културата и ландшафта.

При проектиране на депото се спазват изискванията на:

- ▶ Закона за управление на отпадъците;
- ▶ Закона за устройство на територията;
- ▶ нормативните актове за натоварвания и въздействия и за проектиране на фундирането, на строителните конструкции и на мрежите и съоръженията на техническата инфраструктура;
- ▶ противопожарните строително-технически норми;

- ▶ нормите за допустими емисии и за качество на околната среда;
- ▶ санитарно-хигиенните норми;
- ▶ геоложките и хидрогеоложките изисквания за геоложката основа на депата, определени въз основа на инженерно-геоложките проучвания;
- ▶ правилата и нормите за проектиране, поставящи изисквания към проектните решения на отделните елементи на депата, съгласно това приложение.

Геоложката основа се оформя с надлъжни и напречни наклони, които осигуряват събиране на инфилтратата в дренажна мрежа, елемент на долния изолиращ екран, както и неговото оттичане при осигуряване стабилността на тялото на депото. Когато естествената геоложка основа не удовлетворява тези изисквания, при проектиране на фундирането на долния изолиращ екран се предвиждат необходимите технически мероприятия за постигане на еквивалентна защита срещу вредното въздействие на отпадъчното тяло на депото, в т.ч.:

- ▶ заздравяване на геоложката основа чрез уплътняване, заместване на неустойчивата геоложка основа с подложен пласт (частично или под цялата площ на тялото на депото), укрепване на неустойчивата геоложка основа, вкл. скатовете, насипите и другите негативни земни форми, чрез полагане на геомрежа, вещества и методи за консолидиране (заздравяване) на почвата и др.;
- ▶ включване в системата на долния изолиращ екран на минерален запечатващ пласт, изолационна геомембрана и защитен слой на изолационната геомембрана.

Видът, съставът, размерите и технологиите на полагане на подложния пласт се определят въз основа на резултатите от геоложките и хидрогеоложките проучвания и изискванията за носеща способност и устойчивост на тялото на депото както и за предотвратяване на слягания, които могат да нарушат функциите на минералния запечатващ пласт. Средногодишното ниво на подземните води в геоложката основа, под тялото на депото, трябва да бъде на дълбочина най-малко на 1 m под котата на фундиране.

При депа за опасни и неопасни отпадъци, за които това изискване не е изпълнено, преди полагане на долния изолиращ екран, се предвиждат мероприятия (дренажна система, повишаване котата

на фундаменти и др.) за ограничаване на достъпа на подземни води до него. Допуска се при депата за инертни отпадъци дълбочината да бъде по-малка от 1 m.

Долен изолиращ екран на депото

Долният изолиращ екран на депото в комбинация с геоложката основа трябва да удовлетворява изискванията за пропускливост и дебелина, да предпазва почвата, повърхностните и подземните води от вредното въздействие на отпадъчното тяло на депото и да осигурява стабилитета на тялото на депото като цяло.

Минерален запечатващ пласт

Минералният запечатващ пласт трябва да осигурява защита срещу просмукване и дифузия на вредни вещества; да има висока степен на водоплътност, да е устойчив срещу излужване, да притежава способност за задържане на тежки метали, да сляга в определените с проекта граници и да притежава способност за самозаздравяване чрез подходящ избор на материалите по пластичност и зърнометричен състав, при изменение на хидрогеоложките условия деформациите да остават в определените с проекта граници. Минералният запечатващ пласт се изгражда с дебелина минимум 0,5 m. Той се полага върху подготвената повърхност на геоложката основа или подложния пласт.

Изоляционна геомембрана

Изоляционната геомембрана трябва:

- ▶ да поема деформациите от слягането в минералния запечатващ пласт и геоложката основа;
- ▶ да осигурява заедно с минералния запечатващ пласт и геоложката основа защита на почвата и подземните води срещу течове и просмуквания на образувалия се инфилтрат от отпадъчното тяло на депото;
- ▶ да е химически и биологически устойчива срещу въздействието на образувания в отпадъчното тяло на депото микроорганизми, газове и инфилтрат;
- ▶ да е устойчива на въздействието на ултравиолетовите (UV) лъчи и на стареене при атмосферни условия.

Защитен слой на изолационната геомембрана

За предпазване на изолационната геомембрана се предвижда защитен слой от геотекстил или от друг подходящ материал. Геотекстилт, използван за механична защита на геомембраната, трябва да бъде произведен от първични полимерни влакна от полиестер (полиетилентерефталат), полиетилен, полипропилен, полиамид 6, полиамид 6,6 или комбинация от тях и да съответства на БДС EN 13257 и на посочените в наредбата общи изисквания.

С инвестиционния проект за изграждане на депото трябва да бъде предвидено своевременното покриване на геотекстила, съобразно посочения от неговия производител, клас на устойчивост на стареене при атмосферни условия.

Дренажна система за инфилтрат

Дренажната система на долния изолиращ екран се проектира за събиране и отвеждане на инфилтрата от тялото на депата и включва:

- ▶ площен дренаж, с дебелина най-малко 0,50 m, от промита баластра, със зърнометричен състав, осигуряващ коефициент на филтрация $\geq 1.10^{-3} \text{ m/s}$, който се поддържа стабилен при дълготрайна експлоатация на депото;
- ▶ мрежа от дренажни тръби за събиране и отвеждане до събирателна шахта на получения в тялото на депото инфилтрат;
- ▶ събирателна/и и ревизионни шахти;
- ▶ тръбопровод (отвеждащ колектор) за отвеждане на инфилтрата извън тялото на депото;
- ▶ ретензионен басейн;
- ▶ помпена станция и/или пречиствателно съоръжение;
- ▶ оросителна система.

Горен изолиращ екран на депата

Горният изолиращ екран се проектира като система за повърхностно запечатване на депата, която може да включва: газов дренаж; минерален запечатващ пласт; изолационна геомембрана; защитен слой; дренажна система; рекултивиращ пласт.

Видът и съставът на отделните елементи на системата за повърх-

ността запечатване се определят в зависимост от класа на депото, свойствата на депонираните отпадъци или по предписание на компетентния орган, издал разрешението за извършване на дейности с отпадъци или комплексното разрешително при условията на чл. 20 от наредбата.

Горният изолиращ екран на депата трябва да осигурява:

- ▶ защита от проникване на повърхностните води в отпадъчното тяло на депото;
- ▶ опазване на атмосферния въздух и повърхностните води от замърсяване от отпадъчното тяло;
- ▶ удовлетворяване на изискванията на нормативната уредба за рекултивация на нарушени терени;
- ▶ удовлетворяване на условията за използване на рекултивирания повърхностен слой на депото след приключването на неговата експлоатация.

Минерален запечатващ пласт

Минерален запечатващ пласт на горния изолиращ екран се предвижда за защита на отпадъчното тяло на депото от проникване на повърхностни води и като бариера срещу газовите емисии.

Допуска се използването на бентонитови хидроизолации (GCL's) в комбинация с минералния запечатващ пласт на горния изолиращ екран или като алтернативно решение. При използване на бентонитови хидроизолации като елемент на горния изолиращ екран се спазват изискванията съдържанието на бентонит при депа за неопасни отпадъци да е $\geq 3.5 \text{ kg/m}^2$, а при депа за опасни отпадъци - $\geq 4 \text{ kg/m}^2$. Минералният запечатващ пласт се осигурява със защита срещу замръзване и срещу проникване на корени, вследствие на предвидената биологична рекултивация.

Изоляционна геомембрана и защитен слой на изоляционната геомембрана

Изоляционна геомембрана и защитен слой на изоляционната геомембрана се предвижда при депа за опасни отпадъци и в случаите, когато с минералния запечатващ пласт не може да се осигури необходимата защита на депата за неопасни отпадъци от проникване на повърхностни води. Изоляционната геомембрана и защитният ѝ

слой трябва да удовлетворяват изискванията, като се допуска дебелината на геомембраната да е по-малка от 2 mm.

Дренажна система

Дренажна система на горния изолиращ екран се предвижда за събиране и отвеждане на повърхностните води извън тялото на депото. Дренажната система се състои от:

- ▶ площен дренаж, удовлетворяващ изискванията за дренаж на долния изолиращ екран;
- ▶ система от дренажни тръби, която да осигурява събирането и отвеждането на повърхностните води от рекултивиращия пласт.

Дренажната система трябва да поема натоварванията и въздействията от рекултивиращия пласт. Дренажната система трябва да удовлетворява изискванията за:

- ▶ поемане на повърхностен отток, формирал се от интензивен валеж с обезпеченост 10 %;
- ▶ устойчивост на течението;
- ▶ устойчивост на износване;
- ▶ незатлачване на канала и съоръженията;
- ▶ зимен режим на работа на съоръженията;
- ▶ отвеждане на водата до водоприемника.

Около терена на депото и по протежение на пътищата, по които се доставят отпадъците, се изграждат охранителни канали за улавяне на повърхностните атмосферни води и отвеждането им извън тялото на депото.

Рекултивиращ пласт

Рекултивиращият пласт се проектира в съответствие с предвиденото използване на територията на депото след приключване на неговата експлоатация (за рекреационни цели, земеделско ползване, горскостопанско ползване и др.). Проектът за рекултивация се изработва в съответствие с предвиденото ползване на територията на депото по при съобразяване с изискванията на наредбата по чл. 16 от Закона за опазване на земеделските земи. Техническата и биологичната рекултивация трябва да осигурява билото и откосите срещу ветрова и дъждова ерозия.

Газоотвеждаща система

При наличност на газови емисии, същите се улавят и отвеждат извън тялото на депото до инсталация за тяхното оползотворяване или изгаряне във факел, посредством газоотвеждаща система.

Газоотвеждащата система включва:

- ▶ газов дренаж, описан по-горе;
- ▶ вертикални газоотвеждащи кладенци;
- ▶ контролни шахти;
- ▶ газоотвеждащи тръби;

Уловените газови емисии се отвеждат до инсталация за тяхното оползотворяване или изгаряне във факел посредством система от хоризонтални и вертикални газоотвеждащи тръби. В мястото на тяхното свързване се предвиждат контролни шахти, с цел осъществяване на ревизия на газоотвеждащата система. В проекта на депото задължително се предвижда съоръжение за изгаряне във факел или инсталация за оползотворяване на газовите емисии.

Осигуряване на стабилност на отпадъчното тяло на депото

За осигуряване стабилност на отпадъчното тяло за всяко конкретно депо се изследва балансът на отпадъците и се определя технологията за тяхното депониране. Разполагането на отпадъците в депото трябва да се организира така, че да се осигури стабилност на отпадъчната маса и свързаните с нея масиви, за да се избегне образуването на свличания. За осигуряване на вътрешна стабилност на отпадъчното тяло, отпадъците с ниски якостни и деформационни характеристики се депонират на безопасно разстояние от проектната повърхност на депото, което осигурява недопускане на допълнителни напрежения в екраните на депото, вследствие на диференциални слягания извън допустимите граници на напреженията. За осигуряване на вътрешна стабилност на отпадъчното тяло към периферията му (откосите) се насочват отпадъци с по-високи якостни и деформационни характеристики, с което се осигурява предизвикване на начални и странични деформации в долната част и слягания — в горната част на откосите. За депата се съставят специализирани (работни) карти, регистри и информационни системи за състоянието на изграждане и окончателното местоположение и оформяне на отпадъчното тяло по реда и

при условията на глава четвърта „Специализирани карти, регистри и информационни системи. Допълнителни кадастрални данни“ от Закона за кадастъра и имотния регистър.

11.2. Депонирането в България

Депонирането е единствен метод за обезвреждане на битови отпадъци в страната и основен метод за всички останали видове отпадъци.

► 2000 г.

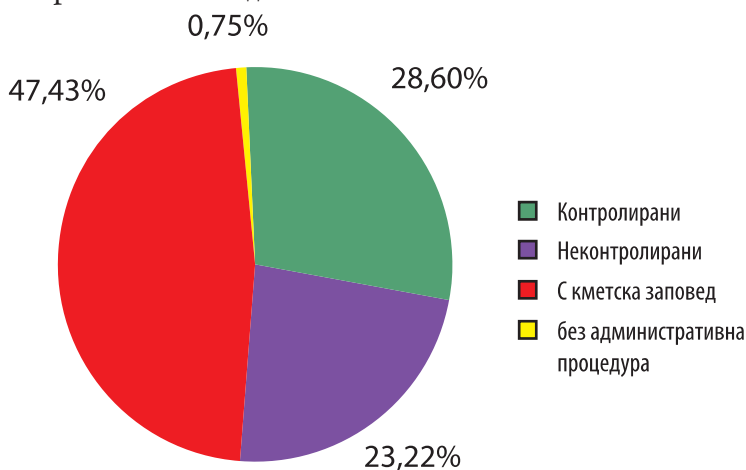
За 2000 г. има информация за 275 депа и 9 стари замърсявания, заемащи обща площ от 832.8 ha. През отчетния период са събрани 2884.8 kt битови отпадъци, които са депонирани на 242 общински депа, с обща площ от 543 ha. Седемдесет и седем процента (77%) от населението на страната е обхванато в организирана система за сметосъбиране и сметоизвозване. На депата за битови отпадъци са депонирани и 176 хил.t строителни отпадъци и земни маси.

► 2001 г.

За 2001 г. са докладвани 3037.96 хил. t битови отпадъци, събрани от 6 673 146 жители (постоянно живеещи и временно пребиваващи в страната). Това количество съответства на 455 kg на жител и е с 8 kg по-малко, в сравнение с 2000 г. Събраните отпадъци са депонирани на 278 депа, с обща площ от 563.2 ha. По-голяма част от депата са докладвани като депа за битови отпадъци, но на практика на тях се депонират смесено битови, строителни, производствени, а в някои случаи и опасни отпадъци. Все още има практика за депониране на болнични отпадъци на общинските депа. За първи път за 2001 г. са докладвани технологични данни за 135 депа, които включват наличие на ограда и охрана; кантари за измерване на количествата отпадъци, постъпващи за депониране; технология на депониране; изпълнение на изискванията по Наредба № 10/1998 г. и Наредба №13/1998 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа за отпадъци. Анализът на данните показва, че 22 % от докладваните действащи депа са изцяло или частично оградени и 25 % са охраняеми. На 5 % от депата има кантари за измерване на количествата постъпващи отпадъци. Ежедневно запръствяване на депонираните отпадъци се извършва на 6 % от депата. Седмично се запръствят отпадъците на 5

% от депата. Най-голям е броят на депата, при които запръстване на отпадъците се извършва 1–2 пъти годишно (на около 18 % от депата). На около 4 % от депата се извършва мониторинг на подземни води и инфилтрати, но само за 5 депа са разработени планове за собствен мониторинг в съответствие с изискванията на Наредба № 13/1998 г. На 18 % от депата се осъществява входящ контрол на отпадъците, но само на 20 депа се водят отчетни книги по изискванията на Наредба № 10/1998 г.

За 2001 г. отново с най-голям дял по брой (172 броя) и по заети площи (267.1 ha) са депата, отредени с кметска заповед (Фигура 45), на които са депонирани 1127.53 kt битови отпадъци. През 2001 година има доклади за 58 депа, обслужващи население над 20 000 жители. Те заемат площ от 308 ha. На 12 от тях има кантари за измерване на количеството на постъпващите отпадъци. На докладваните 58 депа са събрани 2166.9 kt битови отпадъци от 311 населени места, формирани от 5 377 616 постоянно живеещи и туристи. Събраните отпадъци съответстват на годишна норма на натрупване от 403 kg на жител. Този показател нараства с 10 kg спрямо 2000 г., което се дължи на недостатъчно коректно отчитане на отпадъците, поради липса на кантари на повечето депа.



Фигура 45. Площи, заети от депа за битови отпадъци в зависимост от категорията на узаконеност

Най-големи количества битови отпадъци са събрани на 23 депа по отчетите на РИОСВ в Благоевград, Велико Търново, Пазарджик,

Плевен и Хасково, но само на депото в гр. Гоце Делчев количество на постъпващите отпадъци се измерва. В Табл. 22 са представени данни за депата, обслужващи население над 20 000 жители, разпределени по териториалния обхват на РИОСВ.

Таблица 22. *Депа, обслужващи население над 20000 жители, разпределени по РИОСВ*

Код	РИОСВ	Депа	Заета площ	Обслужвани населени места	Население		
		Брой	ha	Брой	Жители брой	Общо t	Kg/ жител
01	Благоевград	6	17.2	43	250959	131743	525
02	Бургас	5	24.9	33	371712	117182	315
03	Варна	3	36.0	13	476212	175218	368
04	Велико Търново	5	30.3	13	259423	151113	582
05	Враца	1	1.1	1	76596	11419	149
06	Монтана	3	8.7	4	151177	48690	322
07	Пазарджик	4	12.4	12	210313	111830	532
08	Плевен	3	15.4	23	254390	142137	559
09	Пловдив	3	31.5	10	458491	135588	296
10	Русе	3	35.0	6	278170	104826	377
11	Смолян	1	1.8	14	38867	11687	301
12	София	8	48.3	105	1638543	646726	395
13	Стара Загора	5	24.5	17	498016	147354	296
14	Хасково	5	15.7	11	237700	164880	694
15	Шумен	3	5.2	6	177047	66533	376

В таблица 23 са представени докладваните данни по години за периода 1997–2001 г. за битовите отпадъци и заетите площи от депата.

Таблица 23. *Заети площи от депата за битови отпадъци за периода 1997-2001*

Година	Заети площи	Население	Събрани битови отпадъци	
	ha	Брой жители	Общо, kt	kg/cap
1997	739	6350000	3600.00	565
1998	435	5971454	3074.80	515
1999	525	6531053	3203.70	491
2000	543	6233831	2884.80	463
2001	563.2	6673146	3037.96	455

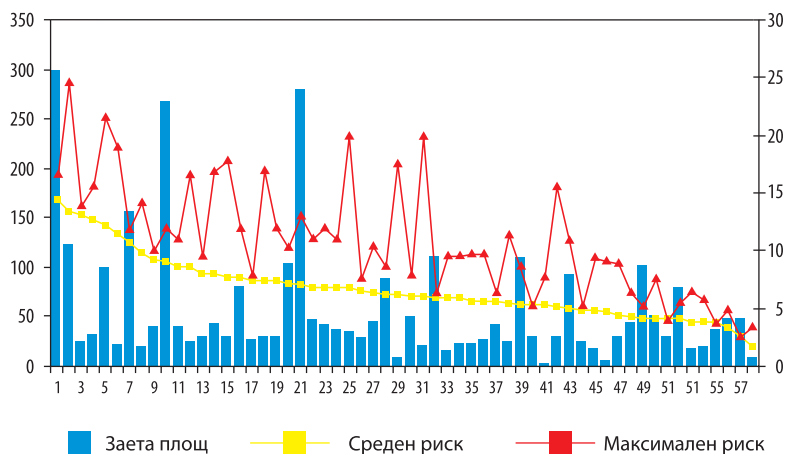
Резултатите от инвентаризацията и оценяването на 58 големи общински депа показват, че всички изследвани депа представляват потенциална опасност за околната среда. На Фигура 46 са представени данни за обследваните депа — заети площи и стойности за оценения

среден и максимален риск, а на Фигура 47 — съотношението на заетите площи в зависимост от оценения среден риск. Голяма част от действащите депа не отговарят на съвременните изисквания за организация и експлоатация. За да се оценят конкретните оздравителни действия за всяко депо е необходимо провеждане на допълнителни проучвания и предприемането на подходящи мерки.

► 2002 г.

Системата на организирано сметосъбиране и извозване през периода се разширява, като делът на обхванатото население се повишава от 77.6% през 1999 г. до 81.1% през 2002 г. Не може да се отрече, че през последните години общинските администрации се стремят да прилагат изискванията на законодателството в областта на управление на отпадъците. Към 2002 г. на 68 депа е реализиран входящ контрол на отпадъците. Охраняеми са 94 от общинските депа. Във връзка с изпълнение на изискванията на *Наредба № 10/98 за реда за оформянето на документите относно отчета и информацията за управлението на дейностите по отпадъци*, на 84 депа вече се поддържат отчетни книги. Количествата на постъпващите отпадъци се измерват на 18 депа. За въздействието на депата върху околната среда може да се съди по резултатите от мониторинга на тези съоръжения. На 17 от депата в страната се изпълнява пълен или частичен мониторинг. Болшинството от общинските депа за битови отпадъци не отговарят на съвременните изисквания. Изключение правят тези, които са изградени, реконструирани, модернизирани и въведени в експлоатация след 1999 г. За постигане на действащите норми и стандарти е необходимо общинските администрации да оценят и докладват депата, които могат да бъдат приведени в съответствие и да ревизират крайния срок на експлоатация за депата, подлежащи на закриване. Към 2002 г. са докладвани 106 депа с краен срок на експлоатация след 2010 г.

В периода 1999–2002 г. са изградени, реконструирани и въведени в експлоатация 12 депа (Антоново, Враца, Горна Малина, Гоце Делчев, Карлово, Мадан, Рудозем, Сандански, Троян, Суходол, Ца-лапица и Варна), които отговарят на изискванията на Директива 1999/31/ЕС за депониране на отпадъци и националното законодателство.

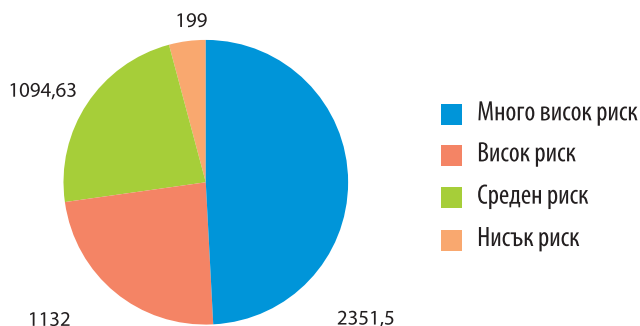


Фигура 46. Заети площи и оценен риск за депа, обслужващи население от 20 000 жители

► 2003 г.

През 2003 г. общото количество образувани отпадъци нараства с 9.5 % спрямо 2002 г. Основен дял заемат отпадъците, които не притежават опасни свойства — средно 11 468 kt за година. Количествата битови отпадъци, отнесени към обслужваното население през периода, се запазват на ниво около 500 kg на жител годишно. Битовите отпадъци почти изцяло се депонират. Изгарянето на отпадъци има ограничено приложение. За периода 1999–2003 г. се наблюдава тенденция към увеличаване на количествата предадени за рециклиране и преработване производствени отпадъци, като дялът им спрямо образуваните е най-висок през 2003 г. — около 7.5%. През 2003 г. 32 % от опасните отпадъци са предадени за оползотворяване, докато за 2002 г. те са около 27 % от образуваните. През последните 3 години се забелязва тенденция към намаляване дела на депонирането на опасни отпадъци спрямо останалите методи за третиране.

Количествата на събираните битови отпадъци чрез системите за организирано събиране и транспортиране остават сравнително постоянни за разглеждания период — около 3 200 000 t/y. През 2003 г. чрез системите за организирано събиране и транспортиране са събрани 3 209 000 t/y. Около 65 % от събраните битови отпадъци в страната се обезвреждат в депа, обслужващи население над 20 000



Фигура 47. Заети площи (дка) от депа в зависимост от оценения риск за околната среда

жители. Общото количество депонирани битови отпадъци на тези депа през 2003 г. (2106 kt) намалява от една страна с повишаване качеството на отчитане и докладване, а от друга — с намаляване на населението на страната.

През 2003 г. се наблюдава увеличаване на площите (790 ha), заети от депа за битови отпадъци. Увеличението с 6 % спрямо 2002 г. може да се обясни с изграждане на нови регионални депа и разширяване на системите за организирано събиране и транспортиране на отпадъци, като делът на обхванатото население се повишава от 77.6 % през 1999 г. до 82 % през 2003 г. През последните години общинските администрации полагат все повече усилия за прилагане на политиката на МОСВ в областта на управление на отпадъците. Към 2003 г. на 87 депа е реализиран входящ контрол на отпадъците. Охраняеми са вече 100 от общинските депа. Във връзка с изпълнение на изискванията на Наредба № 10/98 г. за реда за оформянето на документите относно отчета и информацията за управление на дейностите по отпадъци, на 96 депа се поддържат отчетни книги. Количествата на постъпващите отпадъци се измерват на 18 депа. На 17 от депата в страната се изпълнява пълен или частичен мониторинг. Резултатите от мониторинга вече дават представа за въздействието на депата върху околната среда. Повечето от общинските депа за битови отпадъци обаче все още не отговарят на съвременните изисквания. Изключение правят тези, които са изградени, реконструирани, модернизирани и въведени в експлоатация след 1999 г.

► **2004 г.**

По данни на Националния статистически институт през 2004 г. са образувани 3 673 000 t битови отпадъци. Действащите системи за организирано събиране и транспортиране на отпадъците в страната обслужват 1801 населени места с население 6551181 жители, или 84% от населението на България. Чрез тези системи са събрани 3092 kt битови отпадъци, което съответства на 472 kg на жител през отчетната година. В резултат на новата политика по управление на отпадъците нараства делът на населението, обхванато от системите за организирано сметосъбиране — от 78.6% през 2000 г. до 84.2% през 2004 година. Налице е тенденция за обособяване на регионални депа, които обслужват организирано по-голям брой населени места.

Събраните количества битови отпадъци през 2004 г. са с около 4% по-малко от тези през 2003 г. За периода 2000–2004 г. се наблюдава трайна тенденция към намаляване на събраните битови отпадъци независимо, че делът на обслужваното население за същия период се е увеличил с 6%. Намалението на количествата събрани битови отпадъци може да се обясни основно с промяна в методологията и прецизиране на показателите в статистическото изследване.

През 2004 г. е продължило поетапното изграждане на система от 55 регионални депа. Продължи строителство на нови клетки, с цел разширяване и увеличаване на капацитета на 4 от въведените в експлоатация регионални депа (Варна — с. Вълген, Пловдив — с. Цаланица, Петрич и Харманли).

Продължи строителството на 10 броя регионални депа, в т.ч. 6 броя, финансирани по линия на Програма ИСПА на ЕС (Монтана, Перник, Русе, Севлиево, Силистра, Созопол) и 4 броя, финансирани от ПУДООС и ДБ (Добрич-с. Богдан, Ловеч, Разград и Ямбол). Фигури 48–55 са представени състоянията на депата преди и след предприемане на мерки, което потвърждава постигнатия напредък.



Фигура 48. Депото в Севлиево преди началото на програмата



Фигура 49. Депото в Севлиево през 2007 г.



Фигура 50. Депото в Перник преди началото на програмата



Фигура 51. Депото в Перник през 2007 г.



Фигура 52. Депото в Силистра преди Началото на програмата



Фиг. 54 Депото в Силистра през 2007 г.



Фигура 54. Депото в Монтана преди началото на програмата



Фигура 55. Работна клетка на депото в Монтана през 2007 г.

На етап предстоящо работно проектиране и стартиранена строителството през 2005 г. са 5 регионални депа (Смолян, Елхово, Ботевград, Костинброд и Габрово). Към края на 2004 г. по данни на РИОСВ в страната са изградени и функционират 5 инсталации за предварително третиране на отпадъците преди депониране. По данни на регионалните инспекции по околна среда и води, през 2004 г. са закрити 1326 броя нерегламентирани сметища на територията на цялата страна, при планирани 768. Извършени са работи по рекултивация на депата, използвани от организирани системи за събиране и транспортиране на битовите отпадъци в общини Шумен, Троян и Карлово. През 2004 г. са закрити 26 депа за производствени и/или опасни отпадъци и 3 депа за битови отпадъци. През 2004 г. 86.5% от общото количество образувани отпадъци са депонирани (Таблица 24):

Таблица 24. Количества депонирани отпадъци в периода 1999-2004 г. в хил. t

Показател	Мярка	Години					
		1999	2000	2001	2002	2003	2004
Битови	хил. t	3197	3318	3211	3199	3209	3092

Източник: НСИ за битови, строителни и производствени отпадъци, ИАОС за опасни отпадъци

По данни на НСИ (2004 г.), броят на общинските депа за битови отпадъци е 633, които заемат 780 хектара и в тях са депонирани 3 092 хил. t битови отпадъци. Петдесет и девет от посочените депа обслужват населените места с население над 20 000 жители, т.е. приблизително 70% от населението в страната. Към 2004 г. на 110 депа има входящ контрол за отпадъците. Повечето от общинските депа за битови отпадъци не отговарят на съвременните изисквания. Изключение правят тези, които са изградени, реконструирани, модернизирани и въведени в експлоатация след 1997 г.

Съгласно поетите от страната ангажименти, във връзка с Директива 1999/31/ЕС, до 16.07.2009 г. в страната трябва да е изградена система от общо 54 регионални депа, което налага реконструкция на съществуващи и изграждане на нови регионални депа за обезвреждане на всички битови отпадъци, генерирани в страната. В същия срок поетапно, с въвеждането в експлоатация на съответното за общината регионално депо, следва да бъдат закрити всички съществуващи общински депа за битови отпадъци, които не отговарят на норматив-

ните изисквания и на съвременните технически стандарти. Към края на 2004 г. 20 от предвидените регионални депа за битови отпадъци са изградени и въведени в експлоатация, 12 са в процес на строителство, а останалите са в различен етап от подготовка за реализацията им.

През периода 2000–2004 г. чрез депониране са обезвредени средно 87% от производствените отпадъци. За 2004 г. са депонирани 72% от образуваните производствени отпадъци. Към момента в страната са в експлоатация 18 депа, на които се депонират опасни отпадъци, като те не отговарят на нормативните изисквания. Те изцяло се експлоатират от предприятията — генератори на отпадъци. В страната няма съоръжение за депониране на опасни отпадъци на търговски начала. В периода 2000–2004 г. се депонират около 60% от общото количество образувани опасни отпадъци. Средногодишно в страната се депонират около 390 000 t опасни отпадъци. През 2004 г. са депонирани около 316 000 t опасни отпадъци, което е с 8 % повече от количеството за 2003 г.

Изводи от анализа на депонирането на отпадъци в страната

Понастоящем, значителна част от съществуващите депа за битови отпадъци не отговарят на изискванията на националното и Европейското законодателство. Изключение правят тези, които са изградени, реконструирани, модернизирани и въведени в експлоатация след 1997 г. Поради потенциалния риск, който носят, от първостепенна важност е те да бъдат рехабилитирани, с цел обезпечаване на бъдещата им експлоатация или да бъдат закрити и изградени съответни нови съоръжения, както това е предвидено в „Програмата за прилагане на директива 1999/31/ЕС за депониране на отпадъците“.

В резултат на изпълнение на „Националната програма за намаляване на броя и опасността от депата и старите замърсявания с отпадъци“ бе създаден „Регистър на депата и старите замърсявания с отпадъци“, поддържан от ИАОС, и в него е въведена вече информация за над 275 депа. Разработена бе методика за приоритизация, която вече се използва за обследване, инвентаризация, оценка и категоризация. На базата на тази методика е изготвена оценка на риска за околната среда за 59 от съществуващите депа за битови отпадъци, обслужващи населените места с население над 20000 жители (т.е. за приблизително 70% от населението в страната). Резултатите показ-

ват, че от една страна основната част от депата за битови отпадъци не отговарят на съвременните изисквания като технически съоръжения, а от друга страна, че те са така ситуирани в пространството, че създават повишен риск. Инвентаризираните депа са категоризирани по степен на риск за околната среда в четири групи:

- ▶ I-ва група много голям риск 12 депа;
- ▶ II-ра група голям риск 17 депа;
- ▶ III-та група среден риск 28 депа;
- ▶ IV-та група минимален риск 2 депа;

От съществуващите депа за битови отпадъци, обслужващи населените места с население над 20000 жители до края на 2006 г. се очаква да бъдат закрити 12 депа (3 бр. с много голям риск, 2 бр. с голям риск и 7 бр. със среден риск). Необходимите мерки за останалите 47 депа, които са разположени на обща площ от 3763 дка могат да бъдат предмет на оперативна програма за различни действия. Освен това в страната съществуват и 170 депа за битови отпадъци, които обслужват населените места с население под 20000 жители. Необходимите мерки за тези 170 депа, които са разположени на обща площ от 3482 дка трябва да бъдат предмет на действия също на оперативната програма.

Все още е голям броят на нерегламентираните сметища в страната. През 2001–2002 г. в страната са идентифицирани 5135 броя нерегламентирани сметища и площи, замърсени с битови отпадъци на територията на страната. От тях до края на 2004 г. са закрити общо 3554 броя (през 2002 г. — 551 бр., през 2003 г. — 1677 бр. и през 2004 г. — 1326 бр.).

От изнесените данни за третирането на битовите отпадъци в 15-те страни — стари членки на ЕС, само Гърция е близка до състоянието на проблема в Република България. Най-развитите страни на ЕС използват по-разнообразни методи на третиране и преработване на битовите отпадъци. Това ясно показва, че депонирането не може да остане повече приоритетна практика за третирането на битовите отпадъци. Това не е оправдано от гледна точка на съвременните приоритети в управлението на битовите отпадъци в ЕС и от еколого-технико-икономическа гледна точка. За страна като нашата, която зависи в голяма степен от вноса на енергоносители е недопустимо да не се използва енергийния потенциал на битовите и други отпадъци.

IV. Сравнителна оценка на техники и технологии за третиране на ТБО

1. НДНТ за третиране на ТБО чрез инсинериране

1.1. Инсинерирането като метод за третиране на отпадъци

Инсинерирането се прилага като подходящ начин за третиране на широка гама отпадъци най-вече в скандинавските страни, Дания, Белгия, Германия и Франция. Обикновено то е част от системата за комплексно третиране на отпадъците, която като правило включва и предварително или на място сепариране и оползотворяване на полезни компоненти от битовите отпадъци. В някои случаи това оползотворяване е на толкова високо ниво, че не се налага депониране.

Инсинерирането като технология претърпя бързо технологично развитие през последните 10–15 години. Една от причините за това бе въвеждането на специфични строги нормативни изисквания, отнасящи се до опазването на чистотата на атмосферния въздух и респективно до ограничаване на съдържанието на замърсители в генерираните емисии във въздуха. Непрекъснатия процес на развитие продължава със сега развиващите се техники, чрез които се намаляват разходите и подобряват екологичните показатели.

Целта на инсинерирането на отпадъците, заедно с останалите процеси на третиране на отпадъците е като краен резултат да се намали крайния обем на отпадъците за депониране, да се оползотвори енергийния им капацитет и да се осигурят възможности за оползотворяване на някои от компонентите на битовите отпадъци, включително и крайния остатък. Процесът може да се осъществи в един или няколко стадия и във всички случаи включва термично окисление в крайната фаза, по което най-много прилича на процеса на изгаряне, който също може да се използва като начин за възобновяване на енергията, минералните и/или химични компоненти на отпадъка. Най-общо казано, изгарянето представлява окисление, основно на горимите компоненти, съдържащи се в отпадъка. Тъй като битовите отпадъци са многокомпонентна хетерогенна смес, то не всички ком-

поненти на отпадъка са активни по време на горивния процес и за загряването на някои от тях само се изразходва топлина за загряването им. По време на изгарянето се образуват димни газове, в които се съдържа основното количество от енергията на отпадъка под формата на топлина. Органичните субстанции в отпадъка изгарят, когато достигнат необходимата температура на запалване и са в контакт с кислорода. В преобладаващата си част процесът на изгаряне се осъществява в газовата фаза в порядъка на части от секундата и само малка част на границата твърдо-газ. Процесът на изгаряне се усложнява, когато компонентите са голяма разлика в температурите на запалване. В някои случаи процесът включва множество верижни реакции, при което отделяната топлина от едни реакции позволява повишаване на температурата на третираната маса и започването на други реакции, свързани с окислението на термично по-стабилни компоненти на отпадъците. Когато калоричната стойност на горимите компоненти на отпадъка и количеството на кислорода са достатъчни това позволява генерираната топлина да повиши температурата на масата да се повиши до нива над необходимата за самоподдържащо се горене, т.е. няма нужда от добавяне на други горива. Повишаването на температурата на масата зависи в голяма степен и от влагосъдържанието на отпадъка. При обща влага над 40% много трудно се постигат температури на самоподдържащо горене, тъй като голяма част от топлината се изразходва за изпарение на водата от отпадъците. Ето защо понижаването на влагосъдържанието на отпадъците е изключително важно за достигане на висока ефективност на термичните методи на третиране. На основата на публикуваните данни за прилагането на термичните методи за третиране на битовите отпадъци в ЕС могат да се направят следните констатации за настоящето състояние:

- ▶ Около 20–25 % от твърдите битови отпадъци генерирани в ЕС-15 се третират чрез изгаряне (общото количество на генерираните ТБО е около 200 million t/y);
- ▶ Процентът на ТБО, третирани чрез изгаряне в отделните страни членки от ЕС-15 варира от 0 до 62 %;
- ▶ Общият брой на инсталациите за термично третиране на ТБО в ЕС-15 е над 400;
- ▶ Годишният капацитет за изгаряне на ТБО в отделните Европей-

ски страни варира от 0 kg до над 550 kg на глава от населението;

- ▶ В страните от ЕС средният капацитет за изгаряне на ТБО е около 200000 т/год.;
- ▶ Отделният капацитет на инсталациите за изгаряне на ТБО във всяка страна членка също е различен. Най-малките по размер заводи са с капацитет 60000 т/год., а най-големите — с близо 500000 т/у;
- ▶ Около 12 % от опасните отпадъци, генерирани в ЕС-15 се изгарят (общото им количество е близо 22 million t/y).

Планираните и изграждани нови инсталации за термично третиране на ТБО в ЕС, както и въведените ограничения за депонирането на биоразградими компоненти на БТО определят по-широкото приложение и може би лидерско място на тези технологии в близко бъдеще. В Япония вече около 80% от горимите компоненти на генерираните БТО се третират термично с оползотворяване на енергийния потенциал. При избора на техническо решение за третирането на ТБО в София, където потреблението на енергийни ресурси за битови нужди е най-голямо, тези факти и тенденции трябва да бъдат отчетени. Това би било положителен пример и за страната.

Потенциалните негативни въздействия от инсталациите за инсинериране могат да бъдат групирани в следните основни категории:

- ▶ Общи емисии във въздуха и водите (включително миризми);
- ▶ Общо количество на генерирания остатък след третирането;
- ▶ Шум и вибрации при опериране на инсталациите;
- ▶ Консумация и генериране на енергия;
- ▶ Консумация на реагенти;
- ▶ Неорганизираните емисии — основно от съхранение;
- ▶ Намаляване на риска при съхранение, манипулиране и третиране на опасни отпадъци.

Други възможни негативни въздействия върху околната среда по цялата верига на мениджмънта на отпадъците) произлизат от:

- ▶ Транспорта на събираните твърди битови отпадъци и транспорта на продукти и твърд остатък след третирането на отпадъците;
- ▶ Начина на предварително третиране при събирането на битови-

те отпадъци (напр. извличането на горива).

Влизането в действие на новите строги емисионни норми, както и развитието и прилагането на нови високо-ефективни технологии за термично третиране и контрол на замърсяването на въздуха позволиха посочените негативни въздействия да бъдат минимизирани до нива, които позволяват изграждането на инсталации за инсинериране в населените места. По този начин се минимизират и транспортните разходи и емисиите от транспорта на ТБО (Виена, Женева). В Брюксел инсинераторът е също в територията на големия град, като за минимизиране на транспортните разходи и осигуряване на предварително сепариране на голяма част от оползотворимите компоненти се използват 12 претоварващо-сепариращи и уплътняващи станции, разположени равномерно по територията на града. Тези практики също могат да бъдат отчетени при реализиране на стратегията за управление на битовите отпадъци в Столична община и страната. Натрупаният практически опит в много големи градове показва, че около 70–80% от енергийните потребности могат да бъдат задоволени чрез ефективно прилагане на най-добрите техники за инсинериране на горимите компоненти на генерираните битови отпадъци. Тази възможност бе потвърдена и у нас при третирането на болничните отпадъци на Александровска болница в София. Това показва, че една от целите на стратегиите за управление на битовите отпадъци трябва да бъде превръщането на част от битовите отпадъци във възобновяем източник на енергия.

Очевидно е, че за постигане на максимален положителен ефект при минимални негативни въздействия върху околната среда и осигуряване подкрепата на обществеността общинските власти следва не само да отчитат съответното ниво на най-добрите налични техники в тази област, но и внимателно да анализират и оценяват специфичните локални фактори, към които се отнасят:

- ▶ Локалните параметри на околната среда, например фоновото състояние на околната среда, което може да повлияе най-вече върху качеството на атмосферния въздух в приземния слой; в този случай изискванията към генерираните емисии от избраната технология трябва да гарантират необходимите съдържания на замърсители;
- ▶ Морфологичният и химичният състав на генерираните битови

отпадъци и влиянието на инфраструктурата върху ефективността на преработване и въздействието върху околната среда и здравето на хората;

- ▶ Цената и техническата възможност за внедряване на определена технология във връзка с потенциалните и предимства — възможност не само за възвръщане на вложените инвестиции, но намаляване на данъците и разходите на жителите за третирането на отпадъците и отопление.

1.2. Общи изисквания на НДНТ „Инсинериране на различни видове отпадъци“

Чрез указанията за НДНТ (Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006)¹, в ЕС са въведени редица общи изисквания за инсинерирането на битовите отпадъци, които подпомагат избора на най-доброто решение за всеки конкретен случай. Документът позволява да се приложат най-добрите практики не само в процеса на избор на площадка и техническо решение за дадена инсталация, но и да се предвидят подходящи действия по време на самата експлоатация на обектите. Някои от основните елементи на описаните изисквания са както следва:

- ▶ Изборът на конкретна технология и проектът на инсталацията трябва да е съобразен с конкретните характеристики на отпадъка;
- ▶ Производствената площадка да се поддържа чиста и да отговаря на конкретните изисквания за такива производства;
- ▶ Цялото оборудване да се поддържа в добра експлоатационна изправност и да се провеждат инспекции по поддръжката и извършват превантивни ремонти, които да осигуряват постигането на необходимите норми за емисии и ефективност;
- ▶ Да се създаде и поддържа качествен контрол върху приеманите битови отпадъци съгласно типа на отпадъците, които може да преработва инсталацията, например:
 - ▷ Установяване на лимит на приеманите отпадъци за преработ-

¹ За краткост в текста не се отбелязва точната номерация от Референтния документ на ЕС

ване за определен период от време отпадъци и идентифициране на основните рискове от съответните компоненти на отпадъците;

- ▶ Осъществяване на постоянна комуникация с доставчиците на отпадъците, с цел осигуряване на ритмична работа на инсталацията и осъществяване на необходимия контрол върху получавания отпадък;
- ▶ Контролиране на качеството на подаване на отпадъците в инсинератора;
- ▶ Осигуряване на проверка, пробовземане и тестване на приеманите отпадъци;
- ▶ Осигуряване на детектори за радиоактивни материали.
- ▶ Съхраняване на отпадъците, съгласно оценката на риска на техните качества, така че рискът от потенциално замърсяване да се минимизира;
- ▶ Да се използват техники и процедури, които да ограничават и управляват времето за съхраняване на отпадъците (да се намали риска от емисии от съхранение на отпадъци) и увреждане на контейнерите, включително и по време на експлоатация.
- ▶ Да минимизира емисиите на миризми и други замърсители от помещенията и съоръженията, където се съхраняват обеми отпадъците (включително танкерите и бункерите, но без малките обеми отпадъци, съхранявани в контейнерите) и областите за преработка на отпадъците в инсинератора).

Съгласно изискванията за НДНТ трябва да се осигурява контрол на миризмите и други потенциални неорганизирані емисии, когато инсинераторът не работи (напр. по време на ремонт) чрез:

а. избягване складирането на свръх големи количества отпадъци, и/или

б. извличане на замърсения въздух посредством алтернативна система за контрол на миризмите.

- ▶ Разделянето на склада за съхранение на отпадъците, съгласно оценката на риска на химичните и физичните характеристики на компонентите на отпадъците, с цел да се осигури безопасно съхранение и преработка

- ▶ Ясно етикетиране на съхраняваните в контейнерите отпадъци, така че в продължителен период да могат да бъдат идентифицирани
- ▶ Разработването и прилагане на план за предотвратяване, констатиране и контрол на пожарните опасности в инсталацията, по-конкретно за:
 - ▷ Площите за съхранение и преработка на отпадъците
 - ▷ Площите за захранване на пещта
 - ▷ Електрическите системи за контрол
 - ▷ Ръкавните и електростатичните филтри

По принцип за завод, съгласно НДНТ това включва употребата на:

а. автоматични пожаро-детекторни и предпазни системи;

б. прилагането на ръчна или автоматична система за намеса и контрол в случай на пожарна опасност, както изисква направената оценка на риска.

Смесването (напр. чрез кран в самия бункер) или по-нататъшната преработка (напр. смесването на някои течни и пастообразни отпадъци) на хетерогенните отпадъци до степен, отговаряща на проектните спецификации на приемащата инсталация. Когато се отчита степента на прилагане на смесване/преработка, от изключителна важност е да се отчетат кумулативните ефекти (напр. консумация на електроенергия, шум, миризми или други емисии) от по-мощните преработки (напр. шредирание). По-вероятно е преработването да се изисква в случай на инсталация, проектирана за точно определени хомогенни отпадъци.

- ▶ Прилагането на практически и икономически целесъобразни техники за отстраняване на цветните и нецветните рециклируеми метали за тяхното възстановяване или:

а. след изгарянето от остатъците дънна пепел или

б. където отпадъкът е шредирен (напр. когато се използват определен тип горивни системи) от шредираните отпадъци преди изгарянето им.

- ▶ Назначаването на оператори, които да наблюдават визуално, директно или посредством монитори, областите за съхранение и

зареждане на отпадъците;

- ▶ Минимизирането на неконтролираното постъпване на въздух в горивната камера при подаване на отпадъците;

Прилагането на моделиране на дебита, което да помогне при навъждането на информация за нови или съществуващи заводи по отношение на изгарянето или техниките за третиране на димните газове, така че да осигури информация, необходима за:

а. оптимизиране геометрията на пещта и парния котел за подобряване на изгарянето;

б. оптимизиране подаването на въздух в горивната камера, така че да се подобри изгарянето;

в. където се използва селективна некаталитична редукция или селективна каталитична редукция, да се оптимизират позициите на подаване на реагента, така че да се подобри ефективността на процеса за намаляване на NO_x като се минимизира генерирането на азотни оксиди и минимизира консумацията на реагент.

- ▶ С цел да се намалят емисиите като цяло, да се установят работни режими и да се въведат процедури (напр. непрекъснат режим вместо режим на работа на смени, превантивни поддържащи системи) с цел да минимизират при планирано или непланирано спиране и пускане в експлоатация;
- ▶ Установяване на точно определена методология за контрол на изгарянето и спазването на основните критерии на изгарянето; използването на система за контрол на изгарянето, която да следи и поддържа тези критерии в рамките на подходящи гранични условия, с цел да се поддържа ефективно изгаряне. Техниките за контрол на изгарянето могат да включват използването на инфрачервени камери или други техники, като ултразвуково измерване и диференциален температурен контрол;
- ▶ Оптимизация на контрола на условията на горене чрез комбинация от:

а. контрол на подаването, разпределението и температурата на въздуха (кислорода), включително смесване на газа и окислителя;

б. контрол на нивото и разпределението на температурата на изгаряне и

в. контрол на времето на престой на суровия газ.

Подходящите техники за осигуряване на тези условия включват:

- ▶ Оптимизация на стехиометрията на подаване на въздух;
- ▶ Оптимизация и разпределение на подаването на първичен въздух;
- ▶ Вторично подаване на въздух, оптимизация и разпределение;
- ▶ Оптимизация на време, температура, турбуленция на газове в горивната зона и концентрации на кислорода;
- ▶ Мерки за повишаване на турбулентността във вторичната горивна камера.

Прилагането на НДНТ в експлоатационни условия (температура, време на престой и турбулентност) трябва да съответствува на изискванията, уточнени в Параграф 6 на Директива 2000/76/ЕС. Прилагането на експлоатационните условия над нормата на изискванията за ефективна деструкция на отпадъка по принцип трябва да се избягва. Прилагането на други експлоатационни условия може също да бъде НДНТ — ако чрез тях се постига подобно или по-добро ниво по отношение на опазване на околната среда и здравето на хората. Например, при работна температура под 1100 °С (както се изисква за определени опасни отпадъци съгласно Директива 2000/76/ЕС), за да се постигне подобно или по-добро ниво на емисиите в околната среда, прилагането на такива ниски температури е счетено за НДНТ. Предварителното подгриване на първичния въздух за горене на отпадъци с ниска калорична стойност, чрез използването на топлина, получена в инсталацията, при условие, че това може да доведе до по-добро изгаряне (напр. в инсталация, където се изгарят отпадъци с ниска калорична стойност и високо влагосъдържание). По принцип, тази техника е неприложима за инсинератори за опасни отпадъци. Изисква се използването на спомагателна горелка за пускане, спиране и за поддържане на необходимите за горенето работни температури (за съответния отпадък) във всички случаи, когато в горивната камера има неизгорял отпадък.

В съответствие с НДНТ се препоръчва използване на комбинация от топло-отнемане близо до пещта (напр. използването на водни стени в пещи с решетка и/или вторични горивни камери) и изолация на пещта (напр. огнеупорни области или друга облицовка на стените на пещта), която съгласно нетната калорична стойност и корозив-

ността на изгаряния отпадък осигурява:

а. адекватно задържане на топлината в пещта (отпадъците с ниска нетна калорична стойност изискват по-дълго задържане на топлината в пещта)

б. пренасянето на допълнително количество топлина за възвръщане на енергията (отпадъците с висока нетна калорична стойност могат да позволят/наложат по-ранно отнемане на топлината от пещта).

При прилагането на различните техники се препоръчват и други условия и подходи, които следва да се използват при третирането на различните по състав отпадъци като:

- ▶ Използване на пещ (вкл. вторичните горивни камери) с достатъчно големи размери за да осигури ефективна комбинация от време на престой на газа и температура, така че реакциите на горене на протекат възможно най-пълно и в резултат да се намалят емисиите от стабилни и летливи органични замърсители
- ▶ Когато се използва газификация или пиролиза, с цел да се избегне генерирането на опасен отпадък, се препоръчва:

а. етапът на газификация или пиролиза да се комбинира с последващ етап на изгаряне с възвръщаемост на енергията и третиране на димните газове, което осигурява ниски нива на емисиите във въздуха и/или

б. възвръщаемост или осигуряване на възможност за използване на веществата (твърди, течни или газообразни), които не са изгорели.

- ▶ С цел да се избегнат експлоатационни проблеми, които могат да бъдат причинени от влажни летливи пепели с по-високи температури, да се използват котли с топлообменници, които позволяват температурата на газа да се понижи достатъчно бързо, така че да не се позволи вторично генериране на опасни замърсители в газовите емисии; температурата на газовете на изход трябва да бъде съобразена с конкретния състав и свойства на третираните отпадъци; по принцип за твърди битови отпадъци, тя обикновено е 600–750 °C и по-висока при третиране на утайки от пречистителни станции
- ▶ Цялостната оптимизация на енергийната ефективност на инсталацията и енергийната възвръщаемост, вземайки предвид техни-

коикономическата изпълнимост (във връзка и с високата корозионна активност на димните газове) трябва да осигурява:

а. Намаляване на енергийните загуби с димните газове, използвайки комбинация от техники

б. използването на котел, който да оползотворява енергията на димните газове за производство на електричество и/или осигуряване на пара/топлина с ефективност на термична конверсия за:

- ▶ за смесени битови отпадъци най-малко 80%;
- ▶ за преработени битови отпадъци (или подобен отпадък), третиран в пещи с втечнено легло, 80 до 90 %;
- ▶ за опасни отпадъци, повишаваи риска от корозия на котела (главно поради хлорно/флуорно съдържание), над 60 до 70 %;
- ▶ за други отпадъци ефективността от превръщане трябва да бъде в границите от 60 до 90 %.

в. за процесите на газификация и пиролиза, които са комбинирани с последващ етап на изгаряне, използването на котел с ефективност на термична конверсия най-малко 80%, или използването на газов мотор или друга технология за генериране на електроенергия

- ▶ Да гарантира, където това е възможно, с дългосрочен договор изкупуването на топлината/парата от големите потребители, така че да съществува по-редовно търсене на възвръщаемата енергия и по този начин да може да бъде използвана по-голяма част от енергийната стойност на изгорения отпадък
- ▶ Разположението на нови инсталации по такъв начин, че използването на топлината и/или генерираната пара да могат да бъдат най-ефективно оползотворени чрез:

а. генериране на електричество с доставка на топлина или пара за използване;

б. доставка на топлина или пара за използване в района на топло-разпределителните мрежи;

в. доставка на пара за различни, включително и индустриални приложения;

г. доставка на топлина или пара за използване като движеща сила за охладителни/климатични системи.

Следователно изборът на най-подходяща площадка за разполо-

жение на нова инсталация за преработване на отпадъците трябва да включва отчитането на много местни фактори, засягащи не само фоновото състояние, генерирани емисии, но и транспорт на отпадъците, намиране на потребители на енергията и други.

- ▶ В случаите на генериране на електричество, оптимизацията на параметрите на парата (предмет на изискванията на потребителите за произвежданите топлина и пара), включва зачитане на:

а. използването на по-високи параметри на парата за да се повиши генерирането на електричество и

б. защита на материалите на котела, като се използват подходящи устойчиви такива (напр. облицовки или специални материали)

в. Анतिकорозионни защити на оборудването и съоръженията

- ▶ Избор на турбина, пригодена към:

а. режим на доставка на електричество и топлина

б. висока енергийна ефективност

- ▶ В нови или преустроени инсталации, където генерирането на електричеството е приоритет пред доставката на топлина, е необходимо минимизиране на налягането на кондензатора

- ▶ Минимизиране на енергията, необходима за експлоатационното обслужване на инсталацията, като се отчита:

а. за изискваното ниво на работа, изборът на техники с по-ниско общо потребление на енергия пред тези, изискващи повече енергия

б. където е възможно, разполагане на системи за третиране на димните газове, по такъв начин, че да се избягва допълнително загряване на димните газове (т.е. тези с най-висока работна температура пред тези с по-ниски температури)

в. където се използва селективна каталитична редукция

- ▶ да се използват топлообменници, които да загреят димния газ на входа на селективната каталитична редукция с енергията на димния газ на изхода на селективната каталитична редукция
- ▶ обикновено се избира система за селективна каталитична редукция, която за изискваното ниво на функциониране има по-ниски работни температури

г. където е необходимо допълнително загряване на димния газ, да се използват топлообменни системи, които да намалят необходимостта от енергия за загряването

д. избягване употребата на първични горива, чрез използване на собствено произведена енергия, а не енергия от външни източници.

- ▶ Където се изискват охладителни системи, изборът на такава охладителна кондензираща парата система, която в най-голяма степен е съвместима с местните условия на околната среда, като се обърне специално внимание на потенциалните кумулативни въздействия
- ▶ Използване на цялостна система за третиране на димните газове, която комбинирана с инсталацията като цяло отговаря на емисионните нива
- ▶ Когато се избира между влажна, полу-влажна и суха система за третиране на димните газове, да вземат предвид основните критерии, представени в Референтния документ за НДНТ.
- ▶ Намаляването на консумацията на реагенти от системата за третиране на димните газове и получаването от нея на междинни продукти и крайни остатъци

За намаляване на общите емисии на устойчиви хлорсъдържащи органични замърсители в околната среда се препоръчва използването на:

а. техники за подобряване на познанията за и контрола на отпадъците, включващи в частност характеристиките им на изгаряне, чрез прилагане на подходяща селекция от техники

б. първични (свързани с изгарянето) техники за разграждане и унищожаване на замърсители в крайния остатък

в. използването на инсталации с такъв дизайн и оперативно управление, че да се избягват тези условия, при които могат да се образуват тези замърсители

г. използването на подходяща комбинация от една или повече от следните допълнителни мерки за намаляване на съдържанието на тези замърсители в димните отпадъчни газове:

- ▶ адсорбция чрез инжектирането на активен въглен или други подходящо дозирани реагенти
- ▶ адсорбция във флуидизиран слой с подходяща скорост на подаване на адсорбента
- ▶ многослойна селективна каталитична редукция, с адекватни параметри осигуряващи деструкция на замърсителите

- използването на каталитични ръкавни филтри (но само в случаите, когато са взети други мерки за ефективен контрол на металния и елементния Hg.

При използването на мокри (скрубери) системи за пречистване на димните газове оптимизирането включва минимизиране на разхода на свежа вода чрез използване на затворени водооборотни цикли на водите. При инсталации с генериране на отпадъчни води е задължително тяхното третиране до достигане на допустимите норми. Всички твърди остатъци под формата на пепели, сгурии и други от термичните процеси подлежат на тестване, анализ и контрол с цел оценка на възможностите за използването им като вторичен ресурс или определяне на условията за депониране. Експлоатацията на инсталациите за преработване на битовите отпадъци е свързано с прилагането на съвременни системи за управление на околната среда (EMAS и EN ISO 14001:1996). Този тип инсталации изискват и разработването и прилагането на специфични подходящи планове в случай на аварии. В Таблица 25 е представено сравнение на различните техники за изгаряне на отпадъци.

1.3. Специфични изисквания на НДНТ „Инсинерирание на битови отпадъци“

Различията в състава и типа на третираните отпадъци налага използването на различен тип инсталации за термично третиране, които могат да бъдат групирани в следните подкатегории на инсталации за:

- смесени битови отпадъци — типично смесено третиране на несортирани битови отпадъци, но понякога могат да бъдат добавяни и някои производствени и търговски отпадъци (последните два вида също се изгарят поотделно в специално пригодени за тях инсинератори);
- предварително третирани битови или други отпадъци — това са инсталации за третиране на отпадъци, които не са разделно събирани, предварително третирани или подготвени по някакъв начин, така че характеристиките им да се различават от тази на смесените отпадъци. В този под-сектор попадат инсинераторите със специално получено от отпадъци гориво;
- опасни отпадъци — включва изгаряне в индустриални обекти и в

Таблица 25. Сравнение на различните техники, съгласно НДНТ за изгаряне на отпадъци

Техника	Ключови характеристики на отпадъците и приложимост на методите	Капацитет	Експлоатационна/екологична информация		Качество на дъната пепел	Обем на димните газове	Информация за цената
			Предимства	Недостатъци/ограничения			
Подвижни решетки с въздушно охлаждане	малко до средно количество топлина (калоричност, включваща влагосъдържанието 5 -15 GJ/t) битови и други хетерогенни твърди отпадъци към битовите отпадъци може да бъдат прибавени в определена пропорция канализационни утайки и/или медицински отпадъци прилага се в най-модерните инсталации за изгаряне на твърди битови отпадъци	1 до 50 t/h, в повечето случаи от 5 до 30 t/h. В повечето индустриални приложения — не повече от 2.5 до 3 t/h.	доказан в големи мащаби метод ниско струваща поддръжка добре познат метод може да се прилага за хетерогенни отпадъци, без те да бъдат предварително обработвани	Не е приложим за частици, течности и материали, които се разтапят през решетката	Ощърганичен въглерод от 0.05 до 3 %	Входящ поток отпадък — от 4000 до 7000 Nm ³ /t. Зависи от калоричността, включваща влагосъдържанието. Обикновено 5200 Nm ³ /t.	Големият капацитет намалява специфичните разходи за тон отпадък.
Подвижни решетки с течностно калоричностно охлаждане	Както при решетките с въздушно охлаждане, с изключение на: калоричност, включваща влагосъдържанието: 10-20 GJ/t	1 до 50 t/h, в повечето случаи от 5 до 30 t/h. В повечето индустриални приложения — не повече от 2.5 до 3 t/h.	Както решетките с въздушно охлаждане, но и: По-висока калоричност на третираните отпадъци Възможен по-добър контрол на изгарянето	Както решетките с въздушно охлаждане, но и: Риск от увержестяване на решетката Поголеми сложност	Ощърганичен въглерод от 0.05 до 3 %	Входящ поток отпадък — от 4000 до 7000 Nm ³ /t. Зависи от калоричността, включваща влагосъдържанието. Обикновено 5200 Nm ³ /t.	Малко по-големи капиталовложения, отколкото при решетките с въздушно охлаждане.
комбинация от пещ с подвижни решетки и ротационна пещ	Както другите решетки, с изключение на: Може да поеме много хетерогенни отпадъци и все още се постига ефективно изгаряне Не е широко използван метод на пещ	1 до 10 t/h	Възможно е по-добро изгаряне на оставащата на дъното пепел	Капацитетът е по-малък в сравнение с метода само с решетка Поддържане на въртящата се пещ	Ощърганичен въглерод от 0.05 до 3 %	Входящ поток отпадък — от 4000 до 7000 Nm ³ /t. Зависи от калоричността, включваща влагосъдържанието. Обикновено 5200 Nm ³ /t.	По-високи капиталови и приходи цени

Техника	Ключови характеристики на отпадъците и приложимост на методите	Капацитет	Експлоатационна/екологична информация		Качество на дънна-та пепел	Обем на димните газове	Информация за цената
			Предимства	Недостатъци/ограничения			
Неподвижна решетка с механизъм за транспортване на пепелта /отпадъците	Битовите отпадъци се нуждаят от селекция и наситняване По-малко проблеми с праха, отколкото при подвижните решетки	Обикновено по-малко от 1 t/h	По-лесна поддръжка — няма движещи се части	Само за селектирани или претърпели някаква преработка отпадъци По-малък капацитет Някои неподвижни решетки изискват допълнително гориво	< 3 % с предварително подготвени отпадъци	Малко по-малък отколкото другите решетъчни системи, в които е използвано фиксирано изгаряне	Цената е сравнима с тази на подвижните решетки за малки обеми (по-малко от 100 000 t/y).
Ротационна пещ	Може да поема течности, шламове и течности Подаването на твърди отпадъци е по-ограничено, отколкото при решетките (поради повреждане на вътрешните стени на пещта) Често се прилага за опасни отпадъци	< 10 t/h	Добре изпитана техника Приложима за най-разнообразни отпадъци Добро изгаряне, дори и при опасните отпадъци	Капацитетът е по-малък в сравнение с метода само с решетка	Оцб органичен въглерод < 3 %	6-10000 m³/t входящ поток отпадък	Висока специфична цена, дължаща се на по-ниския капацитет
Ротационна пещ с охлаждаща изолация	Както при въртящата се пещ, но: Възможна е по-голяма calorific стойност на отпадъците, дължаща се на по-големия температурен интервал	< 10 t/h	Добре изпитана техника Могат да се допуснат по-високи температури на изгаряне По-издръжливо покритие на вътрешните стени на пещта в сравнение с пещта без охлаждаща изолация	Капацитетът е по-малък в сравнение с метода само с решетка	Слабо излугваща се остъклена шлака	6-10000 m³/t входящ поток отпадък	Висока специфична цена, дължаща се на по-ниския капацитет

Техника	Ключови характеристики на отпадъците и приложимост на методите	Капацитет	Експлоатационна/екологична информация		Качество на дъната пепел	Обем на димните газове	Информация за цената
			Предимства	Недостатъци/ограничения			
Флуидизиран кипящ слой	Само фино разделени отпадъци. Ограничено приложение за твърди битови отпадъци. Често се прилага за утайки	1 до 10 t/h	Добро смесване Летливи пепели с добри излугващи свойства	Изисква се внимателна експлоатация за да се избегне запушване Повече газови емисии	Ощб органичен въглерод < 3 %	Сравнително по-малък отколкото при решетъчните	Третирането на димните газове може да бъде по-евтино. Разходи за разделяне на отпадъците
Флуидизиран въртящ се слой	Широк интервал енергийни стойности (7-18 MJ/kg) Могат да бъдат третирани грубо наситнени отпадъци Комбинирано изгаряне на утайки	3 до 22 t/h	Добро смесване) висока турбулентност Широк интервал на калоричността, включваща влаго-съдържанието Висока степен на изгаряне, остатък суха пепел	Изисква се наситняване на твърдите отпадъци Повече газови емисии отколкото при решетките	Ощб органичен въглерод < 3 % Често 0.5-1 %	4000-6000 Nm ³ /t	
Флуидизиран циркулиращ слой	Само фино разделени отпадъци. Ограничено приложение за твърди битови отпадъци. Често се прилага за утайки	1 до 20 t/h, в повечето случаи над 10 t	Добро смесване По-голяма гъвкавост откъм гориво отколкото при кипящ флуидизиран слой Летливи пепели с добри излугващи свойства	Необходими са циклиони Повече газови емисии	Ощб органичен въглерод < 3 %	Сравнително по-малък отколкото при решетъчните	Третирането на димните газове може да бъде по-евтино. Разходи за разделяне на отпадъците.

Техника	Ключови характеристики на отпадъците и приложимост на методите	Капацитет	Експлоатационна/екологична информация		Качество на дъната пепел	Обем на димните газове	Информация за цената
			Предимства	Недостатъци/ограничения			
Въртяща се пещ	Твърди битови отпадъци Хетерогенни отпадъци	1 до 10 t/h	Лесна поддръжка Добре позната техника Малко количество NOx	По-големи термични загуби, отколкото при рещетчатите пещи калоричност, включваща влагосъдържанието под 15 GJ/t	Ощб ограничени въглерод от 0.5 до 3 %	Няма информация	Подобно на другите технологии
Pulsed hearth	Само високо калорични отпадъци (калоричност, включваща влагосдържанието > 20 GJ/t) Прилага се главно за клинични отпадъци	< 7 t/h	Може да се използва за течни и праховидни отпадъци		Зависи от типа отпадък	Няма информация	Висока специфична цена, дължаща се на по-ниския капацитет
Стъпаловидна статична пещ	Само високо калорични отпадъци (калоричност, включваща влагосдържанието > 20 GJ/t) Прилага се главно за клинични отпадъци	Няма информация	Може да се използва за течни и праховидни отпадъци		Зависи от типа отпадък	Няма информация	Висока специфична цена, дължаща се на по-ниския капацитет
Spreader – stocker combustor	Гориво, получено от отпадъци Птичачи отпадъци	Няма информация	Проста рещетчатна конструкция По-малко чувствителна отколкото флуидизирания слой	Прилага се само за добре разделени едносъставни потоци	Няма информация	Няма информация	Висока информация
Газификация във фиксиран слой	Смесени пластмасови отпадъци Други потоци отпадъци с подобна структура Газификацията е по-малко използвана/доказана, отколкото изгарянето	до 20 t/h	Малко инфилтрирани отпадъци Добро изгаряне при подаване на кислород Syngas available Намалено окисление на рециклируеми материали	Ограничен капацитет за поемане на отпадъци Непълно изгаряне Изисква голяма компетентност Катран в неотрабените газове По-малко доказан метод	По-малко инфилтриране на дънна пепел Добро изгаряне с кислород	По-малък от директното изгаряне	Високи разходи за обслужване и поддръжка

Техника	Ключови характеристики на отпадъците и приложимост на методите	Капацитет	Експлоатационна/екологична информация		Качество на дъната пепел	Обем на димните газове	Информация за цената
			Предимства	Недостатъци/ограничения			
Газификация – entrained flow	Смесени пластмасови отпадъци Други потоци отпадъци с подобна структура Методът не е подходящ за предварително необработени твърди битови отпадъци Газификацията е по-малко използвана/доказана, отколкото изгаряне	до 10 t/h	По-малко инфилтрирана шлака Намалено окисление на рециклируемите материали	Ограничен капацитет за поемане на отпадъци Непълно изгаряне Изисква голяма компетентност По-малко доказан метод	По-малко инфилтрирана шлака	По-малък от директното изгаряне	Високи разходи за обслужване и поддръжка, както и високи разходи преди пускане в действие
Газификация във флуидизирания слой	Смесени пластмасови отпадъци Наситнени твърди битови отпадъци Наситнени остатъци Утайки Богати на метал отпадъци Други, подобни по консистенция отпадъчни потоци Газификацията е по-малко използвана/доказана от инсинерацията	5-20 t/h	Температурите в реактора могат да бъдат понижени, например при пълно възстановяване Разделение на основните негорими материали Може ефективно да се комбинира с стопяване на пепелта Намалено окисление на рециклируемите метали	Ограничения в размера на отпадъците (< 30 см) Катран в неотработените газове Високи стойности на горната температура Плина стойност на неотработените газове По-малко доказан метод	Ако се комбинира със стапяне на остатъчна пепел в горивната камера, то тя се превръща в стъкловидна шлака	По-малък от директното изгаряне	С по-ниска цена от другите газификатори
Пиролиза -short drum Пиролиза -medium drum	Наситнени твърди битови отпадъци Много инертни метали Наситнени остатъци (пластмаси) Пиролиза е по-малко използвана/доказана от инсинерацията	5-10 t/h	Металите не се окисляват Няма енергия за изгаряне на метали/инертни Възможна е неутрализация на киселинността в реактора Възможност за получаване на синтез-газ	Ограничени отпадъци Критичен контрол на процеса Изисква се висока компетентност Не е широко доказан метод Необходим е паразитен синтез-газ	Зависи от температурата, при която се води процеса Полученият остатък изисква по-нататъшна обработка, понякога се налага изгаряне	Много малък обем поради малкия излишък на въздух, необходим за изгаряне на газовете	Високи разходи преди пускане в действие и по време на работа

заводи, в които се генерират различен тип отпадъци);

- ▶ утайки от пречиствателни станции — в някои случаи утайките се изгарят отделно от другите отпадъци в специални инсталации, а в други случаи утайките се смесват с другите отпадъци (например битови) и след това се третират;
- ▶ Изгаряне на отпадъци от хуманното и ветеринарното здравеопазване — в специални инсталации за изгаряне на отпадъци от болници и други здравни заведения. Съществуват като централизирани съоръжения или като отделни във всяка болница. В някои случаи определени клинични отпадъци се третират в други инсталации, например смесени с битови или опасни отпадъци.

Към основните мерки, описани в предишния раздел, за термичното третиране на битови отпадъци НДНТ по принцип се включват:

- ▶ съхраняване на всичкият отпадък (с изключение на отпадъците, приготвени за специално съхранение или компоненти от отпадъка с нисък замърсяващ потенциал, напр. мебели) на уплътнени повърхности с контролиран дренаж.
- ▶ когато отпадъкът се складира за временно съхранение (типично, когато ще последва изгаряне), той обикновено трябва да бъде балиран или по някакъв друг начин приготвен за съхранение, така че да бъде съхраняван по начин, при който ефективно да бъдат контролирани рисковете от миризми, паразити, запалване и инфилтриране
- ▶ да се осъществи предварително третиране на отпадъка, с цел да се подобри хомогенността му, а оттам и характеристиките на горене и изгаряне чрез:

а. смесване

б. нарязване или раздробяване на обемни отпадъци, напр. мебели, които ще бъдат изгаряни, до степен, изгодна за използваната горивна система. По принцип решеткови и ротационни пещи изискват по-малка преработка (напр. смесване на отпадъците с наситняване на обемните отпадъци), докато системите с флуидизиран слой изискват по-добра селекция и обикновено включваща шредирание на всички твърди битови отпадъци.

- ▶ използването на решетъчен дизайн на пещния агрегат, който включва необходимото охлаждане на решетката и по този начин

позволява вариране в дозирането на първичния въздух за основната цел — контрол на изгарянето, а не толкова за самоохлаждане на решетката. Въздушно охлаждащите решетки с добре разпределен охлаждащ въздушен поток обикновено са подходящи за отпадъци със средна нетна калорична стойност до около 18 MJ/kg. Отпадъците с по-висока нетна калорична стойност могат да изискват охлаждаща вода (или друга течност) с цел да се предотврати необходимостта от първичен въздух в излишък;

- ▶ разполагането на нови инсталации да бъде по начин, позволяващ използването на комбиниран топлосилов цикъл и/или оползотворяване на топлината и/или парата да е в максимална степен.

1.4. Специфични изисквания на НДНТ „Инсинерирание на предварително третиран или сортирани битови отпадъци“

В допълнение на основните мерки, изброени в Раздел 5.1, за изгарянето на предварително третиран или сортирани битови отпадъци (включително горива, получени при третирането на битови отпадъци), за НДНТ се считат:

- ▶ временно складиране на отпадъците:
 - а.** в затворени контейнери или
 - б.** в запечатани обеми чрез временни опаковки с контролиран вътрешен отток, покрити и затворени сгради.
- ▶ когато отпадъкът се съхранява в ограничени обеми (обикновено с цел последващо изгаряне), за да бъде балиран или подготвен за такова съхранение по друг начин, така че да може да бъде съхраняван като бъдат предприети мерки за ограничаване на миризми, паразити, разпиляване, запалване и излугване
- ▶ в нови и съществуващи инсталации, ефективността на инсталациите да гарантира генериране на повече от:
 - а.** средногодишно най-малко 0.6–1.0 MWh/t отпадъци (на базата на средна нетна калорийна стойност 4.2 MWh/t), или
 - б.** средногодишното електропотребление на цялата инсталация, включително (където се прилага) предварително третиране на мястото на отпадъците и остатъците от горенето да се сведе средно до 0.2 МВч/т третиран отпадък (без да се включва електроенергията,

необходима за предварително третиране на отпадъка и третиране на остатъците от горенето), на базата на средна нетна калорийна стойност 4.2 MWh/t отпадък.

1.5. Сравнителна оценка

Таблица 26. Кратък преглед на на най-успешно прилаганите техники за термично третиране за основните типове отпадъци в определени инсталации.

Техника	Нетретира-ни битови отпадъци	Предварително третирани ТБО и гориво, получено от отпадъци	Опасни отпадъци	Утайки от преч. станции	Болнични отпадъци
Решетка – разклащаща	Широко се прилага	Широко се прилага	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Решетка – подвижна	Прилага се	Прилага се	Рядко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Решетка – люлееща се	Прилага се	Прилага се	Рядко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Решетка – въртяща се	Прилага се	Широко се прилага	Рядко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Решетка с водно охлаждане	Прилага се	Прилага се	Рядко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Решетка + ротационна пещ	Прилага се	Обикновено не се прилага	Рядко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Ротационна пещ	Обикновено не се прилага	Прилага се	Широко се прилага	Прилага се	Широко се прилага
Ротационна пещ с водно охлаждане	Обикновено не се прилага	Прилага се	Прилага се	Прилага се	Прилага се
Пещ със статично дъно	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се	Обикновено не се прилага	Широко се прилага
Статична пещ	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага	Широко се прилага	Обикновено не се прилага	Прилага се
Флуидизиран кипящ слой	Рядко се прилага	Прилага се	Обикновено не се прилага	Прилага се	Обикновено не се прилага
Циркулиращ кипящ слой	Рядко се прилага	Прилага се	Обикновено не се прилага	Широко се прилага	Обикновено не се прилага
Ротационен кипящ слой	Прилага се	Прилага се	Обикновено не се прилага	Прилага се	Прилага се
Пиролиза	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага
Газификация	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага	Рядко се прилага
Забележка: тази таблица разглежда приложението на описаните технологии в определени инсталации. Не се разглежда случая, когато се третира повече от един тип отпадък.					

Източник: Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration August 2006

2. Сравнителен анализ (SWOT анализ)

SWOT представлява акроним на вътрешните за дадена система (в случая технология) **силни страни** (Strengths) и **слаби страни** (Weaknesses), както и на външните за системата **възможности** (Opportunities) и **заплахи** (Threats). Възможностите са най-благоприятните елементи на съответните методи, технологии и техники, от които бихме могли да се възползваме. Заплахите са най-неблагоприятните елементи, които поставят бариери пред реализирането на съответната технология. SWOT анализът за първи път е разработен за целите на стратегическото планиране на бизнес организациите. След известно адаптиране, извършено от различни изследователи, намира приложение в широк спектър от дейности. В таблици 27–49 са посочени и систематизирани елементите на основните силни и слаби страни, както и на възможностите и заплахите на разгледаните различни методи, технологии и специфични третирувания при преработване на битовите отпадъци, което би могло за отделните случаи да подпомогне избора на най-добро техническо решение.

Таблица 27. SWOT анализ на горивни системи

Силни страни	Слаби страни
▶ без раздробяване на отпадъците; ▶ малко остатъчна пепел; ▶ висок коефициент на полезно действие; ▶ 100% изгаряне на горими компоненти; ▶ спазване на екологичните нормативи.	▶ големи първоначални инвестиции; ▶ необходимост от пречистване на генерирани димни газове и в някои случаи генерирани отпадъчни води; ▶ необходимост от депониране на твърд остатък след термичното третиране (в някои случаи възможно оползотворяване).
Възможности	Заплахи
▶ с ТБО съвместно могат да се изгарят и други отпадъци, напр. утайки, масла; ▶ възможност за използване на отделената при изгарянето топлина.	▶ генериране на различни замърсители в емисии, основно в атмосферния въздух.

Таблица 28. SWOT анализ на метода на изгаряне на фирмата Von Roll Inova

Силни страни	Слаби страни
▶ намалява обема на отпадъка до 90%; ▶ спазване на екологичните нормативи на Европейското законодателство; ▶ висока ефективност на разграждане на УОЗ (над 99.99 %).	▶ големи първоначални инвестиции; ▶ необходимост от допълнително пречистване на отпадъчните води; ▶ необходимост от специализирано депо за отпадъците след изгарянето.
Възможности	Заплахи
▶ с ТБО съвместно могат да се изгарят и други отпадъци, напр. утайки, масла; ▶ възможност за използване на отделената при изгарянето топлина.	▶ възможност за генериране на замърсители, включително УОЗ, създаващи потенциален риск за въздействие върху околната среда и хората.

Таблица 29. SWOT анализ на „Масово изгаряне върху подвижна решетка“

Силни страни	Слаби страни
▶ намаляване на обема с до 90%; ▶ намаляване теглото с до 80%; ▶ инертни остатъци; ▶ заменя крайни природни суровини; ▶ приходи от продажба на енергия.	▶ големи капиталовложения; ▶ повишена опозиция в обществото; ▶ значителни оперативни разходи.
Възможности	Заплахи
▶ третиране на широка гама от отпадъци; ▶ този вариант ще покрие не само нуждите на столицата, но и на близките населени места.	▶ възможност за генериране на замърсители, включително УОЗ, създаващи потенциален риск за въздействие върху околната среда и хората.

Таблица 30. SWOT анализ на изгаряне чрез „втечнено легло“

Силни страни	Слаби страни
▶ намаляване на обема с до 90%; ▶ намаляване теглото с до 80%; ▶ инертни остатъци; ▶ заменя крайни природни суровини; ▶ приходи от продажба на енергия.	▶ големи капиталовложения; ▶ повишена опозиция в обществото; ▶ значително високи оперативни разходи; ▶ предварителна подготовка.
Възможности	Заплахи
▶ третиране на широка гама от отпадъци; ▶ този вариант ще покрие не само нуждите на столицата, но и на близките населени места.	▶ възможност за генериране на замърсители, включително УОЗ, създаващи потенциален риск за въздействие върху околната среда и хората.

Таблица 31. SWOT анализ на газификационна горивна система KINSEI SANGYO

Силни страни	Слаби страни
▶ постига се пълно изгаряне; ▶ не се образуват диоксини; ▶ генерира се малко прах; ▶ контрол на диоксини, температура и на време за изгаряне; ▶ не се изисква предварителна подготовка.	▶ Високи начални капитални вложения; ▶ по-високи експлоатационни разходи за единица маса от отпадъка; ▶ висока квалификация на персонала.
Възможности	Заплахи
▶ третиране на негорими материали и остатъчна пепел, които се пиролизират до газове в суха дестилационна камера; ▶ използване на отделената енергия.	▶ Преодолени във висока степен; ▶ По-тежки последици при евентуални аварии.

Таблица 32. SWOT анализ на технологията Envikraft

Силни страни	Слаби страни
▶ няма предварително шредирание; ▶ остатъчна пепел <3%; ▶ система за енергийно възстановяване; ▶ висока термична ефективност; ▶ намален риск от корозия на котела; ▶ минимален риск от реформация на диоксини; ▶ пълно съответствие с Директива 2000/76/ЕС.	▶ големи първоначални капитални вложения; ▶ допълнително почистване на отпадъчните води; ▶ необходимост от специализирано депо за депониране на твърдите отпадъци след изгарянето и на утайките след почистването на отпадъчните води.
Възможности	Заплахи
▶ възможност за инжектиране на течни отпадъци към твърдите.	▶ преодолен във висока степен.

Таблица 33. SWOT анализ на пиролизната технология „Hoval“

Силни страни	Слаби страни
▶ по-ниска концентрация на диоксини и фурани, отколкото при инсинерането; ▶ 15 % по-ниски инвестиции от тези при инсинерането.	▶ необходимост от предварително сортиране на отпадъците; ▶ високи капитални вложения.
Възможности	Заплахи
▶ оползотворяване на генерираната топлина за получаване на електроенергия.	▶ преодолен във висока степен; ▶ по-тежки последици при евентуални аварии.

Таблица 34. SWOT анализ на метода за газификация АРЛИС

Силни страни	Слаби страни
▶ рационална подготовка на отпадъците — чрез балиране; ▶ оползотворява се 80–90% от общата енергия на отпадъците; ▶ тежките метали се отделят под формата на сулфиди; ▶ не се образуват пиротоксини.	▶ необходимост от предварително сортиране на отпадъците; ▶ високи капитални вложения.
Възможности	Заплахи
▶ позволява третирането и на токсични отпадъци и отпадъци от други горивни процеси; ▶ третиране на метали, стъкло, камъни и пясък, строителни отпадъци, които се стапят до материал, подобен на вулканично стъкло, което може да бъде използвано в пътното строителство.	▶ генериране на прахогазови емисии и потенциална опасност от замърсяване на околна среда при аварии.

Таблица 35. SWOT анализ на метода за газификация Brookes

Силни страни	Слаби страни
▶ не отделя на замърсители във въздуха и водите; ▶ бързо възвръщаеми капитални вложения; ▶ ниски експлоатационни разходи; ▶ драстично тегловно и обемно редуциране на внесените отпадъци.	▶ необходимост от предварително сортиране на отпадъците; ▶ високи капитални вложения.
Възможности	Заплахи
▶ третира освен битови отпадъци, и замърсена от нефтени разливи почва, болнични отпадъци, течни отпадъци, някои пестициди и други; ▶ използване на остатъчната пепел като средство за обогатяване на почвата или като суровина.	▶ възможност за генериране на емисии в атмосферата при аварии.

Таблица 36. SWOT анализ на плазмената технология PACT
(Plasma Arc Centrifugal Treatment)

Силни страни	Слаби страни
▶ получаване на плазмено преобразуван газ за електроенергия; ▶ не се изисква предварително разделяне на отпадъците; ▶ на принципа на „затворения цикъл“; ▶ няма емисии в атмосферата; ▶ инертен стъкловиден остатък.	▶ висока цена; ▶ сложна и трудна за поддържане технология; ▶ висока квалификация на персонала.
Възможности	Заплахи
▶ могат да се третират отпадъци в твърда, течна или газообразна форма, отделно или едновременно.	▶ потенциален риск от замърсяване при някои аварии.

Таблица 37. SWOT анализ на плазмената технология PLASCON
(In-Flight Plasma Arc System)

Силни страни	Слаби страни
▶ ниска стойност на необходимото оборудване; ▶ генерирани емисии са под нормите определени за емисии във въздуха съдържащи аргон, кислород, водни пари и въглероден диоксид; ▶ образуването на диоксини се избягва чрез експлоатация в пиролизни условия.	▶ висока цена; ▶ сложна и трудна за поддържане технология; ▶ технологията предлага възможност за третиране само на отпадъци в течна и газообразна форма. Твърдите отпадъци могат да се третират при комбинация с други технологии.
Възможности	Заплахи
▶ възможност за събиране и съхранение на генерирания плазмено преобразуван газ и използването му като гориво.	▶ потенциален риск от замърсяване при някои аварии.

Таблица 38. SWOT анализ на плазмената технология STARTECH
(Plasmaelectric Waste Converter)

Силни страни	Слаби страни
▶ висока ефективност на разграждане на УОЗ; ▶ не се генерират отпадъчни емисии във въздуха; ▶ висок и дълготраен социален ефект; ▶ малки размери на инсталацията; ▶ не е необходима допълнителна топлина и кислород в процеса (както при термичното изгаряне).	▶ данните от съществуващите пилотни и експериментални инсталации дават основание за предположения, че технологията е достатъчно сложна, трудна за поддържане и скъпа, което се дължи на използваната електрическа енергия и изграждане на големи силови мощности.
Възможности	Заплахи
▶ плазмената система може да преработва отпадъци в твърда, течна или газообразна форма, поотделно или едновременно; ▶ възможност за събиране и съхранение на генерирания плазмено преобразуван газ и използването му като гориво.	▶ потенциален риск от замърсяване при някои аварии.

Таблица 39. SWOT анализ на плазмената технология на фирмата PyroGenesis (Италия)

Силни страни	Слаби страни
▶ изключително компактни размери в сравнение с инсинератори с подобен капацитет; ▶ не се генерират пепели и диокси-ни; ▶ финансово конкурентноспособна алтернатива на другите методи за третиране на отпадъци; ▶ пълна автоматизация; ▶ по-малки първоначални инвести-ции; ▶ висока енергийна ефективност; ▶ постигане на нормативни изис-квания за околна среда.	▶ сравнително високи експлоатаци-онни разходи; ▶ висока квалификация на персо-нала.
Възможности	Заплахи
▶ третиране на широка гама отпа-дъци, включително промишлени, опасни и болнични; ▶ генерирането не само на енергия за осигуряване на технологичния процес, но и такава, която може да бъде продавана.	▶ потенциален риск от ограничени емисии в случаи на аварии.

Таблица 40. SWOT анализ на плазмената технология PyroArc (Швеция)

Силни страни	Слаби страни
▶ висока термична ефективност; ▶ реактор с изпитана конструкция и дълго издържаща вътрешна облицовка; ▶ генериране на електроенергия; ▶ газовият обем на процеса е само 30–40% от обема на този в инсинератор.	▶ сравнително висока цена при преработването и поддържането на оборудването; ▶ висока квалификация на персонала.
Възможности	Заплахи
▶ възстановяване на металите под формата на стопилка; ▶ третиране на широка гама отпадъци.	▶ ограничен потенциален риск от емисии в случай на авария.

Таблица 41. SWOT анализ на автоклавни съоръжения

Силни страни	Слаби страни
▶ оптимизация на разходите; ▶ редуциране на общия обем до 80%; ▶ гарантирано качеството на стерилизационния процес; ▶ бързина на процеса — 40–60 минути за една процедура; ▶ пълна ватоматизация на процеса.	▶ периодичен процес, който ограничава приложението при големи материални потоци на отпадъците; ▶ работи се при повишени налягания, което налага използването на специфично оборудване;
Възможности	Заплахи
▶ минимизиране и висока степен на контрол на генерираните газове и течни и твърди остатъци.	▶ в някои случаи възможни емисии при аварийно състояние на основния апарат.

Таблица 42. SWOT анализ на микровълнови инсталации

Силни страни	Слаби страни
▶ изходният материал се счита за неопасен и може да се изхвърли с битови отпадъци; ▶ не включва използване на пара, има минимално отпадъчни води; ▶ минимални газови емисии.	▶ не се използва възможността за оползотворяване на генерирания субпродукт; ▶ изразходва много електроенергия.
Възможности	Заплахи
▶ генерираните отпадъчни води могат да се пречистят и се върнат в ситемата.	▶ минимизирани.

Таблица 43. SWOT анализ на метода компостиране

Силни страни	Слаби страни
▶ получава се хумусоподобна субстанция; ▶ минерализиране на органиката, при което субстрата се обеззаразява и дезодорира; ▶ ниска цена; ▶ ниска енергоемкост.	▶ бавен процес (няколко месеца); ▶ необходими са големи площи за съхранение на твърдия остатък или неговото приложение; ▶ губи се 50 до 60 % от енергията, съдържаща се в органиката; ▶ голямо количество на твърдия остатък.
Възможности	Заплахи
▶ повишава се съдържанието на биогенни химични елементи.	▶ възможност за анаеробно гниене; ▶ риск от замърсяване на почвата, подземните и повърхностните води с патогенни микроорганизми и токсични вещества;

Таблица 44. SWOT анализ на процеса „OXALOR“

Силни страни	Слаби страни
▶ бързина на процеса; ▶ непрекъснат контрол на процеса; ▶ стабилност на получавания продукт; ▶ не се генерират отпадъчни води и миризми; ▶ голям капацитет — 80 000 т ТБО/г.	▶ нараства общата маса на твърдия остатък; ▶ не гарантира деструкция или обезвреждане на някои опасни компоненти от отпадъците.
Възможности	Заплахи
▶ могат да се третират: битови и сходни отпадъци, остатъци от сортиране) компостиране, утайки от пречиствателни станции, животински тор от ферми, зелени отпадъци, ферментируемата фракция от битовите отпадъци, остатъци от метанизация; ▶ предлага се в два варианта — за едносменен и за двусменен режим на работа.	▶ потенциален риск от замърсяване на почви и подземни води при съдържание на опасни компоненти в отпадъците, които не са обезвредени или разложени.

Таблица 45. SWOT анализ на метода на фирма VOMM Impianti e Prossesi Srl

Силни страни	Слаби страни
▶ крайният продукт е добре изсушен и пастьоризиран, подходящ е за приложение в селското стопанство, изгаряне като гориво, моделиране на терени и др.; ▶ унищожаване на микробиалната флора чрез висока турбуленция и поредица от топлинни шокове; ▶ ниска консумация на вода и енергия; ▶ отсъствие на горивен процес.	▶ не позволява значимо намаление на масата на отпадъците; ▶ не позволява оползотворяване на енергийния потенциал на отпадъците; ▶ не решава задоволително оползотворяване на всички компоненти на отпадъците.
Възможности	Заплахи
▶ възможност за адаптиране на инсталацията към различните физични характеристики на отпадъците; ▶ размерите на инсталацията са приспособими според изискванията на клиента и обема и режима на постъпване на отпадъците; ▶ могат да изсушават утайки от пречиствателни станции, както и болнични отпадъци.	▶ минимизирани.

Таблица 46. SWOT анализ на метанова ферментация на органични отпадъци

Силни страни	Слаби страни
▶ получава се биогаз; ▶ ресурсите за процеса са практически неизчерпаеми; ▶ крайният продукт е подходящ е за приложение в селското стопанство; ▶ производство на електроенергия, с която се задоволяват изцяло собствените нужди.	▶ сравнително голямо количество на твърдия остатък; ▶ необходимост от големи площи за оползотворяване или депониране.
Възможности	Заплахи
▶ биошламът е подходящ при производство на биологична продукция, както и за подобряване структурата на почвата.	▶ попадане на опасни компоненти в твърдия остатък и оттам замърсяване на почви и води.

Таблица 47. SWOT анализ на метода BTA-process

Силни страни	Слаби страни
▶ получава се биогаз; ▶ получава се биошлам, който съдържа всички биогенни макро и микроелементи, а токсичните са под регламентираните стойности; ▶ затворена система на производство — изключва замърсяване на въздуха, водите и почвата.	▶ продължителност на процеса; ▶ биогазовите инсталации са относително скъпи; ▶ необходими са значителни площи: за инсталация, преработваща 150 000 t ТБО е необходима площадка от 2,209 хектара.
Възможности	Заплахи
▶ получаваният биошлам е напълно подходящ за производство на биологична продукция.	▶ необходимост от гарантиране на отсъствие на опасни компоненти в твърдия остатък.

Таблица 48. SWOT анализ на метода на фирмата ALPHAKAT

Силни страни	Слаби страни
▶ ефективно се преработват отпадъци в твърдо и точно състояние; ▶ новооткрити катализатори преобразуват отпадъците в нефтопродукти; ▶ времето за реакция е само три минути.	▶ висока цена на катализаторите; ▶ необходимост от висока селективност на катализаторите; ▶ необходимост от третиране на отработените катализатори.
Възможности	Заплахи
▶ методът дава възможност да се произвежда минерално дизелово гориво.	▶ при дезактивация на катализаторите опасност от намаляване на ефективност и евентуално попадане на опасни компоненти в твърдия остатък.

Таблица 49. SWOT анализ на депониране

Силни страни	Слаби страни
▶ не се изисква предварително разделяне на отпадъците; ▶ най-евтиният метод; ▶ подходящ за широка гама отпадъци.	▶ заема огромни площи; ▶ няма нито материално, нито енергетично оползотворяване на отпадъците; ▶ анаеробно гниене; ▶ генериране на емисии в атмосферния въздух за повече от 50 години; ▶ образуване на инфилтрат, който трябва да се събира и третира.
Възможности	Заплахи
▶ при правилно конструираните депа — оползотворяване на биогаза за генериране на топло и електроенергия.	▶ разнасяне на зарази и неприятни миризми; ▶ опасност от самозапалване и дори взривно разлагане в някои случаи; ▶ емисии на парникови газове, особено на метан въглероден диоксид.

V. Обобщени изводи

Разгледаните и охарактеризирани чрез техните технико-технологично-еколого-икономически и социални показатели промишлени методи за третиране (обезвреждане, оползотворяване) на ТБО позволиха да бъдат разделени на 9 групи:

- ▶ горивни;
 - ▶ пиролизни;
 - ▶ газификационни;
 - ▶ плазмени;
 - ▶ автоклавни;
 - ▶ микровълнови;
 - ▶ биотехнологични;
 - ▶ преработка до горива;
 - ▶ депониране.
- ▷ голяма част от тях са напълно приложими за генерираните в нашата страна твърди битови отпадъци (ТБО), включително и тези от Столична община;
 - ▷ прилаганото в гр. София „балиране — опаковане“ на ТБО е само един начален временен етап на предварителна обработка с цел последващо екологосъобразно третиране по избрана технология и техническо решение;
 - ▷ по-нататъшното депониране на битови отпадъци, заедно с био-оразградими компоненти следва да се счита за недопустимо, което задължително налага тяхното сепариране от компонентите на ТБО за депониране;
 - ▷ „смесено събиране на ТБО“ и/или „разделно събиране на ТБО“, и/или „разделяне (ръчно или автоматично) на ТБО на площадката за третиране“ не ограничава приложението на разгледаните методи на третиране, които намират все по-широко приложение като начин за оползотворяване на енергийния потенциал на твърдите битови отпадъци и минимизиране на крайния остатък за депониране;

- ▶ сепарирането и рециклирането и оползотворяването на по-голямата част от компонентите на ТБО е реална, организационна, техническа и технологична възможност със социална, икономическа и екологична значимост и е необходим елемент в осъществяването на всяка добра практика за преработване на битовите отпадъци;
- ▶ Представеният сравнителен анализ на силните и слаби страни на разгледаните основни методи за третиране (оползотворяване, обезвреждане) на ТБО показва, че няма „идеално чиста“ технология, независимо, че при някои от термичните методи на преработване се създава възможност за избягване на депониране на твърд остатък. Това налага при вземането на крайно решение за избор на конкретно техническо решение да се прилагат методите на компромисна оптимизация на базаата на конкретни показатели за отпадъците и възможните въздействия върху околната среда, здравето на хората и устойчивото развитие на общината и региона.

VI. Списък на нормативните документи по управление на отпадъците

1. Закон за опазване на околната среда (обн. ДВ, бр.91/25.09.2002 г., посл. изм., бр. 105 от 22.12.2006 г.)
2. Закон за управление на отпадъците (обн. ДВ, бр.86/30.09.2003 г.)
3. Закон за ратификация на Базелската конвенция за контрол на трансграничния превоз на опасни отпадъци и тяхното третиране
4. Наредба № 3 за класификация на отпадъците (издадена от министъра на околната среда и водите и министъра на здравеопазването, обн., ДВ, бр. 44 от 25.05.2004 г.)
5. Наредба за опаковките и отпадъците от опаковки (обн. ДВ, бр.19/09.03.2004 г.)
6. Наредба № 9 от 28 септември 2004 г. за реда и образците, по които се предоставя информация за дейностите по отпадъците, както и реда за водене на публичния регистър на издадените разрешения, регистрационните документи и на закритите обекти и дейности
7. Наредба № 7 за изискванията, на които трябва да отговарят площадките за разполагане на съоръжения за третиране на отпадъци (издадена от министъра на околната среда и водите, министъра на регионалното развитие и благоустройството, министъра на земеделието и горите и министъра на здравеопазването, обн., ДВ, бр. 81 от 17.09.2004 г.)
8. Наредба № 8 за условията и изискванията за изграждане и експлоатацията на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци (издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г.)
9. Наредба за изискванията за третиране и транспортиране на производствени и опасни отпадъци (приета с ПМС № 53 от 1999 г., ДВ, бр.29/1999 г.)
10. Наредба за изискванията за третиране на отработени масла и отпадъчни нефтопродукти (приета с ПМС № 131 от 2000 г., ДВ, бр.59/2000 г.).
11. Наредба за изискванията за производство и пускане на пазара на батерии и акумулатори и за третиране и транспортиране на отпадъци от батерии и акумулатори (обн. ДВ, бр.61/2000 г.)
12. Наредба за изискванията за пускане на пазара на луминесцентни и други лампи, съдържащи живак, и за третиране и транспортиране на излезли от употреба луминесцентни и други лампи, съдържащи живак (обн. ДВ., бр.101/2000 г.)
13. Наредба за изискванията за третиране на отпадъците от моторни пре-

- возни средства (приета с ПМС № 311 от 17.11.2004 г., обн., ДВ, бр. 104 от 26.11.2004 г., в сила от 1.01.2005 г.)
14. Наредба за реда и начина за внасянето, изнасянето и транзита на отпадъците и за случаите, в които се изисква банкова гаранция или застраховка Приета с ПМС № 298 от 8.11.2004 г., обн., ДВ, бр. 102 от 19.11.2004 г.
 15. Наредба № 6 за условията и изискванията за изграждането и експлоатацията на инсталации за изгаряне и инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци (обн. ДВ, бр. 78 от 2004 г.)
 16. Методически указания за издаване на разрешения за извършване на дейности по управление на отпадъци (Одобрени със Заповед № РД-343/11.07.2000 г. на Министъра на околната среда и водите)
 17. Указания за разработване на програми за управление на отпадъците — приети с Протокол №4 от разширено заседание на Колегиум на Министерството на околната среда и водите, проведено на 02.04.1998 г.
 18. Указания за разработване на програми за управление на отпадъците. Част: Фирмени програми. Примерна структура и съдържание
 19. Указания за разработване на програми за управление на отпадъците. Част: Фирмени програми. Примерна класификация на отпадъците
 20. Указания за разработване на програми за управление на отпадъците. Част: Фирмени програми. Образец Регистрационна карта за депо/хранилище за отпадъци
 21. Закон за защита от вредното въздействие на химичните вещества, препарати и продукти (обн. ДВ, бр.10/04.02.2000 г.)
 22. Наредба за реда и начина на внос и износ на опасни химични вещества и препарати на територията на Република България (Приета с ПМС № 161 от 12.07.2004 г., обн., ДВ, бр. 63 от 20.07.2004 г., в сила от 1.01.2005 г.)
 23. Наредба за реда и начина за класифициране, опаковане и етикетиране на съществуващи и нови химични вещества, препарати и продукти с 16 приложения (обн. ДВ, бр.5/03.01.2003 г.)
 24. Наредба за опасните химични вещества, препарати и продукти, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба (обн. ДВ, бр.69/17.07.2002 г.)
 25. Наредба за реда и начина за нотифициране на нови химични вещества (обн. ДВ, бр.67/12.07.2002 г.)
 26. Наредба за окончателната оценка на риска за човека и околната среда от нови химични вещества (обн. ДВ, бр.67/12.07.2002 г.)
 27. Наредба за условията и реда за издаване на разрешителни за изграждане и експлоатация на нови и експлоатация на действащи предприятия и

съоразения, в които се въвежда система за предотвратяване на големи аварии с опасни вещества или за ограничаване на последствията от тях с 11 Приложения (обн. ДВ, бр.38/23.04.2003 г.)

28. Наредба №2 за защита от аварии при дейности с опасни химични вещества, ДВ, бр.100/1990
29. Наредба №17 за норми за съдържание в горивата на олово, сяра и други вредни за околната среда вещества, ДВ 97/1999
30. Програми за управление на дейностите по отпадъците. Проекти, ръководства и указания по управление на отпадъците:
 - ▷ Национална програма за управление на дейностите по отпадъците 2003–2007 г.
 - ▷ Ръководство за разработване на общински програми за управление на дейностите по отпадъците (утвърдено със Заповед № РД — 167 от 24.03.2006 г. на министъра на околната среда и водите)
 - ▷ Ръководство за определяне броя и вида на необходимите съдове и техника за събиране и транспортиране на отпадъци

VII. Литература

1. Разработване на Национална стратегия за намаляване на количеството на биоразградимите битови отпадъците, постъпващи за обезвреждане в депа, Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure, Berlin, SGS Bulgaria Ltd. МОСВ, България, Юни 2005
2. Закон за управление на отпадъците, обн. ДВ, бр. 86/30.09.2003;
3. Програма за управление на дейностите по отпадъците, София, Юни 2005
4. Национален план за действие за управление на дейностите по отпадъците, МОСВ, 1998
5. Оперативна програма „Околна среда 2007–2013 г.“, София, Февруари 2007
6. Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, издадена от министъра на околната среда и водите, обн., ДВ, бр. 83 от 24.09.2004 г., www.moew.government.bg/legislation/index.html
7. www.cewep.com
8. Наредба №6 от 28.07.2004 г. за условията и изискванията за изграждането и експлоатацията на инсталации за изгаряне и инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци, www.moew.government.bg/legislation/index.html
9. Възможности за обезвреждане на залежали и с изтекъл срок на годност ПРЗ (пестициди), БНОЦЕООС, София, 2006
10. www.hoval.com
11. Sistema al Plasma per il Recupero delle Risorse, www.pyrogenesis.com
12. ScanArc Plasma Technologies AB, Sweden, www.scanarc.se
13. Проспектни материали, НИИ им Курчатова, Москва, Русия, 2000
14. Технология на компостирането, Роберто Чиументи, Università della studi di udine dipartimento di produzione vegetale e tecnologie agrarie, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, 2004
15. Комплексен и сравнителен анализ на технологията OXALOR — френски патент за преработка на твърди битови отпадъци — НБУ, Научно изследователски институт по екология, 2005
16. Избор на площадки за оползотворяване и обезвреждане на твърдите битови отпадъци на гр. София, „Екоплан — инженеринг“ ЕООД, София, Юли 2002
17. Годишник за състоянието на околната среда, 2002, 2003, 2004, 2005,

2006

18. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006, www.eippcb.jrc.es
19. С. Недялков, Теория на екологията, т. I и II, Варна, 1994.
20. Г. Петков, Б. Байков, Справочник по екология, С., Наука и изкуство, 1985.
21. Р. Дажо, Основы экилогии, М., изд. Мир, 1985.
22. А. С. Степановских, Общая экология, М., 2000
23. Г. Василев, Химия и опазване на ОС, Университетско издание, С., 2001.
24. Н. Виденов, Ив. Грънчаров и др., Химична технология на неорганичните промишлени отпадъци, С., Икоинформ, 1986.
25. Цв. Димова, Промисленост и околна среда, С., 1983.
26. А. Димов, П. Тороманов, Въведение в химичната и металургична технология и екология, С., Техника, 1998.
27. Ст. Ганев, Съвременна почвена химия, Наука и изкуство, София, 1990
28. Г. Близнаков, Иван Митов, Въведение в химичните проблеми на околната среда и в екологичното право, стандартизация и мониторинг, изд. „Проф. Марин Дринов“, София, 2001
29. А. Германов, Приложна екология, Земиздат, София, 1991
30. С. Мегаета, Ст. Караиванов, Екологична химия и опазване на околната среда, Булвест 2000, София, 2002
31. Торочешников, Н. С., А. И. Родионов, Н. В. Клутин, Техника защиты окружающей среды, Химия, Москва, 1981
32. Бернадинер, М. Н., А. П. Шуригин, Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов, Химия, Москва, 1990
33. Лопатин, В. Н., Менеджмент и маркетинг в экологий и природопользованы, НИА — Природа, Москва, 2001
34. Гольцин, А. Н., Основы промышленной экологий, Академия, Москва, 2002
35. Национален план за управление на болничните отпадъци в България, МОСВ, София, 2002
36. Сметанин, В. И., Защита окружающей среды от отходов производства и потребления, Колосс, Москва, 2003
37. Тотев Ив., Третиране на твърди битови отпадъци, София, 1998
38. White, P., M. Franke, P. Hindle, Integrated Solid Waste Management, 1995
39. Месъл, Х., енергийното бъдеще на човечеството, София, Наука и изкуство, 1985
40. Проценко, А., Энергетика сегодня и завтра, Москва, Молодая Гвардия, 1987
41. Ревелль, П. и др., Среда нашего питания, т.3, Москва, Энергоатомиздат, 1994

42. Ридли, Б., Светът около нас, София, Наука и изкуство, 1988
43. Сьоренсен, Б., Възобновяеми енергийни източници, София, Наука и изкуство, 1989
44. Твайдел, Дж., А. Уеир, Возобновляемые источники энергии, Москва, Энергоатомиздат, 1990
45. Израэль, Ю. А., Экология и контроль состояния природной среды, Ленинград, Гидрометеиздат, 1994
46. Банин, А. П., Эффективность мероприятий по охране природных ресурсов, Москва, Стройиздат, 1977
47. Механджиев, М., Намаляване и минимизиране на отпадъците в мините, обогатителните и металургичните предприятия, София, Флюорир, 1996
48. Тинсли, И., Поведение химических загрязнителей в окружающей среде, Москва, Мир, 1982
49. Бокрис, Дж., Химия окружающей среды, Москва, Химия, 1982
50. Андерсон, Дж., Экология и науки об окружающей среде, Ленинград, Гидрометеиздат, 1985
51. Кътов, А. и др., Речник по екология и опазване на околната среда, София, Партиздат, 1984
52. Федоров, В., Т. Гильманов. Экология, Москва, Изд. МГУ, 1980
53. Г. В. Дуганов, Охрана окружающей природной среды, Киев, Выща школа, 1988
54. Н. С. Торочешников, А. И. Родионов, Н. В. Кельцов, В. Н. Клутин, Техника защиты окружающей среды, Химия, Москва, 1981
55. С. Кальверг, Г. М. Инглунд, Защита атмосферы от промышленных загрязнений, Справочник, Том I и II, Металлургия, Москва, 1988
56. А. Кътов, З. Костова, „Речник по екология“, Наука и изкуство, София, 1983
57. Н. Хеней, Химия твердого тела, Мир, Москва, 1980
58. Д. Блейкмор, Физика на твърдото състояние, Наука и изкуство, София, 1983
59. П. Остапенко, Н. Мясников, Безотходная технология, Недра, Москва, 1988
60. A. Q. et al, The Management of Municipal Solid Waste in Europe, Elsevier, 1994
61. La Grega et al, Hazardous Waste Management, Mc. Graw — Hill, Int, 1994
62. Харалампович Г. Д., Кудряшова Р. И., Безотходные технологические процессы в химической промышленности, изд. Химия, Москва, 1978
63. Ек. Тодорова, Ив. Домбалов, Ръководство за упржнения по технологии за обработка на твърди отпадъци, София, 2005