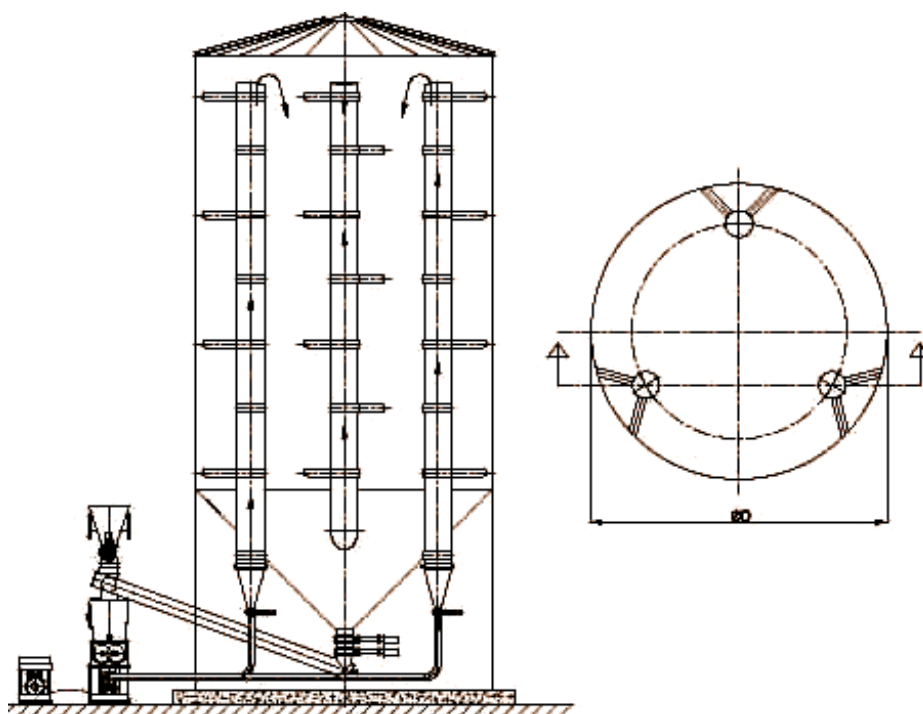


Л.И. Соколов

**ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА
И ПОТРЕБЛЕНИЯ.
РАЗМЕЩЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА**

Учебное пособие



Вологда
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации

Вологодский государственный университет

Л.И. Соколов

**ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА
И ПОТРЕБЛЕНИЯ. РАЗМЕЩЕНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА**

*Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ
в качестве учебного пособия*

Вологда

2014

УДК 628.544+628.4.032(075.8)

ББК 30.69я73

С 59

Рецензент

доктор биологических наук, профессор Вологодского
государственного технического университета, действительный член
Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности
Л.Г. Рувина

Соколов Л.И.

С 59 Отходы производства и потребления. Размещение и переработка:
учебное пособие / Л.И. Соколов. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 123 с.

ISBN 978–5–87851–495–8

В учебном пособии рассматриваются основы управления потоками промышленных и твердых бытовых отходов: от места накопления через переработку к месту складирования на полигонах. Описаны общие подходы, методы анализа и переработки отходов, требования к проектированию, устройству и эксплуатации полигонов.

Учебное пособие адресовано магистрантам и студентам, обучающимся по направлениям подготовки 270800- «Строительство», 022000- «Экология и природопользование» (профиль «Природопользование»). Пособие может представлять интерес для специалистов в области городского управления отходами, проектировщиков полигонов ТБО, технологов по сбору и переработке отходов.

Учебное пособие подготовлено в рамках реализации государственного задания ВоГТУ – проект № 7.2892.2011.

УДК 628.544+628.4.032(075.8)

ББК 30.69я73

ISBN 978–5–87851–495–8

© ВоГУ, 2014

© Соколов Л.И., 2014

Оглавление

Введение	5
1. Понятие об отходах и их классификация	6
1.1. Динамика образования и движения отходов	13
2. Полигоны – накопители отходов	17
1.2. Устройство полигонов	17
1.3. Дренажные устройства полигонов	26
2.2.1. Дренажные устройства поверхностных накопителей	26
2.3. Подземные накопители отходов и их санитарно-защитная зона	35
2.4. Требования безопасности при организации подземных накопителей – хранилищ отходов	40
2.5. Хранение не утилизируемых отходов в подземных накопителях	41
2.6. Выбор места размещения накопителей-хранилищ не утилизируемых отходов	43
2.7. Использование промышленных отходов в качестве заполнителя при рекультивации карьеров	47
2.8. Размещение радиоактивных отходов	48
3. Утилизация твердых отходов различного происхождения	49
3.1. Переработка отходов в высокотемпературной шахте	49
3.2. Переработка отходов на основе сжигания в барботируемом расплаве шлака	50
3.3. Высокотемпературная переработка отходов в электротермическом реакторе	53
3.4. Огневая регенерация	55
3.5. Пиролиз промышленных отходов	56
3.6. Газификация	65
3.7. Технология термоудара	66
3.8. Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы	71
3.9. Обработка нефтешламов	73
4. Биотехнологии	79
4.1. Биологическая переработка органических промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов	80
4.2. Биологическая рекультивация	88
4.3. Биотехнологическая очистка почв от нефти и нефтепродуктов	89

5. Правила учета и оценки отходов.....	94
5.1. Разработка документации по обращению с отходами	95
5.1.1. Образование отходов.....	95
5.1.2. Сбор, накопление и размещение отходов	95
5.1.3. Перемещение отходов за пределы территории предприятия	97
5.1.4. Обезвреживание и использование отходов.....	97
5.2. Получение разрешительных документов на обращение с отходами	98
5.3. Паспортизация отходов.....	99
5.4. Подготовка, оформление и подписание договоров на передачу отходов с целью размещения, обезвреживания и использования	99
5.5. Процедуры учета отходов.....	101
5.5.1. Проведение инвентаризации источников образования отходов.....	101
5.5.2. Проведение инвентаризации объектов размещения отходов	101
5.5.3. Проведение инвентаризации объектов использования и обезвреживания отходов	102
Заключение	103
Библиографический список.....	105
Приложения 1-4.....	106

Введение

Проблема защиты окружающей природной среды – одна из важнейших задач современности. Экологические исследования, проведенные в последние десятилетия во многих странах мира, показали, что всё возрастающее разрушительное воздействие антропогенных факторов на окружающую природную среду привело ее на грань кризиса. Среди различных составляющих экологического кризиса следует назвать истощение сырьевых ресурсов, нехватку чистой пресной воды и её загрязнение сбросами, мощные газообразные выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, возможные климатические катастрофы. При этом наиболее угрожающий характер загрязнения отходами промышленности и транспорта представляют для незаменимых природных ресурсов – воздуха, воды и почвы.

Дальнейшее развитие человечества невозможно без комплексного учета социальных, экологических, технических, экономических, правовых и международных аспектов этой проблемы применительно не только к конкретному производственному циклу, но и в масштабах регионов, стран и всего мира.

Промышленность Российской Федерации включает более 20 тыс. производственных предприятий с довольно развитыми и разнообразными технологиями производства и играет заметную роль, как в загрязнении природной среды, так и в решении природоохранных проблем. При этом многие отрасли промышленности имеют свои особенности, поэтому требуется индивидуальный подход к решению природоохранных задач.

Несмотря на продолжающийся в последние годы спад производств, объем отходов, образующихся на промышленных предприятиях и поступающих в воздух, водные объекты и на почву, не снижается. В частности, миллиарды тонн твердых, пастообразных, жидких, газообразных отходов ежегодно поступают в биосферу, нанося непоправимый урон как живой, так и неживой природе. В глобальных масштабах изменяется круговорот воды и газовый баланс в атмосфере.

Проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается актуальной. Поэтому появилась экономически, технологически и экологически обоснованная необходимость в разработке и внедрении новых прогрессивных и безопасных методов решения проблемы защиты биосферы от за-

грязнения ее отходами производства и потребления. Для выбора рационального пути решения проблемы необходимо предварительно оценить отходы.

1. ПОНЯТИЕ ОБ ОТХОДАХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Негативное воздействие промышленности выражается в воздействии отходов от процессов добычи и переработки природных ресурсов на конкретные части природы и на биосферу в целом. Отходы производства и потребления являются источниками антропогенного загрязнения окружающей природной среды в глобальном масштабе и возникают как неизбежный результат потребительского отношения и непозволительно низкого коэффициента использования ресурсов.

Отходами называются продукты деятельности человека в быту, на транспорте, в промышленности, не используемые непосредственно в местах своего образования, но которые могут быть реально или потенциально использованы как сырье в других отраслях хозяйства или в ходе их переработки.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического (материального) или морального износа.

Бытовые отходы – *материалы, продукты, изделия и вещества, которые образуются в результате или в процессе деятельности человека, удаляются им как нежелательные или бесполезные и оказывают дестабилизирующее воздействие на природную среду.* Это твердые отбросы; не утилизируемые в быту вещества, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей.

К *твердым бытовым отходам (ТБО)* (в западных странах обычно используется термин «муниципальные» или «бытовые» отходы) относят отходы, образующиеся в жилом секторе, в предприятиях торговли, административных зданиях, учреждениях, конторах, дошкольных и учебных заведениях, культурно-спортивных учреждениях, железнодорожных и автовокзалах, аэропортах, речных портах. Кроме того, к муниципальным отходам относят крупногабаритные отходы, дорожный и дворовый мусор. В состав ТБО входят картон, газетная, упаковочная или потребительская бумага, всевозможная тара (деревянная, стеклянная, металлическая), вышедшие из употребления или утратившие потребительские свойства предметы и изделия из дерева, камня, чёрного и цветного металла, кожи, резины, кости, стекла, пластмассы, текстиля, полимерных материалов, сломанные или устаревшие бытовые приборы – мусор, а также сельскохозяйственные и коммунальные пищевые отхо-

ды – отбросы, отсев (мелкие фрагменты, проходящие через 1,5-сантиметровую сетку).

К опасным ТБО относятся: попавшие в отходы батарейки и аккумуляторы, электроприборы, лаки, краски и косметика, удобрения и ядохимикаты, бытовая химия, медицинские отходы, ртутьсодержащие термометры, барометры, тонометры, лампы.

Одни отходы (например, медицинские, ядохимикаты, остатки красок, лаков, клеев, косметики, антикоррозионных средств, бытовой химии) представляют опасность для окружающей среды, если попадут через канализационные стоки в водоемы или как только будут вымыты со свалки и попадут в грунтовые или поверхностные воды. Батарейки и ртутьсодержащие приборы будут безопасны до тех пор, пока не повредится корпус: стеклянные корпуса приборов легко бьются по пути на свалку, а коррозия через какое-то время разъест корпус батарейки. Затем ртуть, щелочь, свинец, цинк станут элементами вторичного загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод.

Токсичные бытовые отходы представляют большую опасность для окружающей среды, в том числе часть неопасных на стадии их появления, которые приобретают токсичные свойства во время хранения.

Бытовые отходы характеризуются многокомпонентностью и неоднородностью состава, малой плотностью и нестабильностью (способностью к загниванию).

По характеру и степени воздействия на природную среду они делятся на:

- производственный мусор, состоящий из инертных материалов, утилизация которых в настоящее время экономически не оправдана;
- утилизируемые материалы (вторичное сырье);
- отходы 3 класса опасности;
- отходы 2 класса опасности;
- отходы 1 класса опасности.

Отходами производства являются остатки материалов, сырья, полуфабрикатов, образовавшиеся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично свои полезные физические свойства. Отходами производства могут считаться продукты, образовавшиеся в результате физико-химической переработки сырья, добычи и обогащения полезных ископаемых, получение которых не является целью данного производства. **Отходы потребления** – непригодные для дальнейшего использования по прямому на-

значению и списанные в установленном порядке машины, инструменты, бытовые изделия (Приложение 1).

Промышленные отходы потребления – машины, станки и другое устаревшее оборудование предприятий. Особую категорию отходов (главным образом, промышленных), не относящихся к категории ТБО, составляют **радиоактивные отходы (РАО)**, образующиеся при добыче, производстве и использовании радиоактивных веществ в качестве горючего для атомных электростанций, транспортных средств (например, атомные подводные лодки) и других целей.

Промотходы зачастую являются химически неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными химико-физическими свойствами. Они представляют токсическую, химическую, биологическую, коррозионную, огне- и взрывоопасность. Существует классификация отходов по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработки и использования. В нашей стране вредные вещества характеризуются по четырем классам опасности, от чего зависят затраты на их переработку и захоронение (Приложение 2). Класс опасности отходов устанавливается с целью определения безопасных способов и условий их размещения, перемещения, обезвреживания и использования.

Предприятия, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, на основании Федерального закона «Об отходах производства и потребления» (ст.14) обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности (**задание студенту –найти выходные данные указанного ФЗ и начать формирование списка литературы по данной теме**).

Класс опасности устанавливается на каждый вид образующихся отходов. Критерии, позволяющие отнести отходы к определенному классу опасности, представлены в документе «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» (**студенту предлагается самостоятельно найти названный документ, его выходные данные и внести в список формируемой литературы**).

Отнесение отходов к классу опасности для ОПС может осуществляться расчетным или экспериментальным путем. Экспериментальный метод отнесения отходов к классу опасности для ОПС осуществляется в специализированных аккредитованных для этих целей лабораториях.

Экспериментальный метод используется в следующих случаях :

- для подтверждения отнесения отходов к 5 классу опасности, установленному расчетным методом;

- при отнесении к классу опасности отходов, в которых невозможно определить их качественный и количественный состав;

- при уточнении класса опасности отхода, полученного расчетным методом (по желанию и за счет заинтересованной стороны).

Отходы также подразделяются по своему происхождению на следующие типы:

- вещества (оксид алюминия, кислота серная, фосфор красный и т.д.) и смеси веществ (шлам водоподготовки, шлак металлургический, осмол производства анилиновых красителей и т.д.);

- материалы (полиэтилен, фторопласт, ткань, бумага и т.д.);

- изделия (кирпич, лампы, кабель и т.д.).

Существует классификация по видам деятельности, в процессе которой образовались отходы:

1. Прием, хранение, транспортировка сырья, материалов и продукции.
2. Переработка сырья и материалов.
3. Очистка материальных потоков.
4. Обслуживание и ремонт технологического оборудования.
5. Обслуживание и ремонт электрооборудования.
6. Обслуживание и ремонт компонентов инженерных приборов и агрегатов.
7. Строительная деятельность и ремонт зданий.
8. Эксплуатация и ремонт автотранспорта.
9. Деятельность аналитических лабораторий.
10. Лечебная деятельность.
11. Хозяйственная деятельность (в т.ч. благоустройство производственных территорий).
12. Эксплуатация зданий.
13. Химчистка и стирка.
14. Общественное питание.
15. Пожаротушение.

При складировании отходы практически не разделяют даже в соответствии с существующей классификацией, смешивают, не учитывая при этом возможность переработки и утилизации из них ценных компонентов и веществ.

Следует признать, что приведённая ниже классификация отходов требует уточнения, доработки и научного обоснования:

1. Отходы органические природного происхождения (животного и растительного):

- 1.1. отходы производства пищевых продуктов,
- 1.2. отходы растительных и животных жировых продуктов,
- 1.3. шламы производства растительных и животных жиров,
- 1.4. отходы переработки рыбы и других морепродуктов,
- 1.5. отходы кожевенной промышленности,
- 1.6. отходы обработки и переработки древесины,
- 1.7. отходы производства и переработки целлюлозы, бумаги и картона,
- 1.8. другие отходы от переработки продуктов животного и растительного происхождения.

2. Отходы минерального происхождения:

- 2.1. отходы минерального происхождения (исключая отходы металлов),
- 2.2. металлургические шлаки, съёмы и пыль,
- 2.3. золы, шлаки и пыль от топочных установок и от термической обработки отходов,
- 2.4. прочие твёрдые минеральные отходы,
- 2.5. минеральные шламы,
- 2.6. отходы горнодобывающей промышленности,
- 2.7. отходы металлов и сплавов,
- 2.8. лом и отходы железа и стали,
- 2.9. лом и отходы цветных металлов и сплавов,
- 2.10. металлические шламы,
- 2.11. другие отходы минерального происхождения,

3. Отходы химического происхождения:

- 3.1. отходы фармацевтической продукции, её производства и приготовления съёмы и пыль,
- 3.2. гальванические шламы,
- 3.3. отходы оксидов, гидроксидов, солей,
- 3.4. отходы органических и неорганических кислот,
- 3.5. отходы средств защиты растений, средств дезинфекции, от фармацевтической продукции,
- 3.6. отходы продуктов переработки нефти, угля и сланцев,
- 3.7. отходы синтетических и минеральных масел,

3.8. прочие отходы нефтепродуктов, продуктов переработки нефти, угля и сланцев,

3.9. отходы органических растворителей, красок, лаков, клеев, мастик и смолы,

3.10. шламы, содержащие растворители, краски, лаки, клеи, мастики и смолы,

3.11. отходы лакокрасочных средств,

3.12. отходы полимерных материалов и резины,

3.13. затвердевшие отходы пластмасс,

3.14. отходы незатвердевших пластмасс, формовочных масс и компонентов,

3.15. шламы и эмульсии полимерных материалов,

3.16. отходы резины, включая старые шины,

3.17. резиновые шламы и эмульсии,

3.18. отходы текстильного производства, производства волокон,

3.19. текстильные отходы и шламы,

3.20. текстиль загрязнённый,

3.21. другие химические отходы,

3.22. отходы взрывчатых веществ,

3.23. отходы, содержащие металлоорганические соединения, не вошедшие в другие пункты,

3.24. лабораторные отходы и остатки химикалий,

3.25. отходы чистящих и моющих средств,

3.26. катализаторы,

3.27. сорбенты, не вошедшие в другие пункты,

3.28. отходы упакованных газов,

3.29. прочие отходы процессов преобразования и синтеза.

4. Отходы коммунальные, включая бытовые отходы:

4.1. твёрдые бытовые отходы,

4.2. отходы из жилищ,

4.3. отходы потребления на производстве, подобные бытовым,

4.4. мусор уличный,

4.5. мусор рыночный,

4.6. растительные отходы садов и парков,

4.7. отходы от водоподготовки, обработки сточных вод и использования воды,

4.8. шламы водоподготовки (очистки),

4.9. нестойкие осадки (шламы) при биомеханической обработке сточной воды,

4.10. стабильные осадки (шламы) при биомеханической обработке сточной воды,

4.11. остатки канализаций и от обработки воды (кроме шламов),

4.12. шлам при обработке сточных вод,

4.13. жидкие отходы очистных сооружений,

4.14. фекалии из выгребных ям,

4.15. инфильтрационные воды объектов размещения отходов,

4.16. жидкие отходы термической обработки отходов и от топочных установок,

4.17. медицинские отходы (больниц и лечебно-оздоровительных учреждений),

4.18. медицинские отходы,

4.19. прочие коммунальные отходы,

5. Отходы крупных производств различных отраслей промышленности:

5.1. стекло,

5.2. стеклопластик,

5.3. резины, автопокрышки,

5.4. биомассы (древесина, солома, навоз и др.),

5.5. отходы швейного и текстильного производства,

5.6. отходы содержащие благородные металлы,

5.7. отходы черных и цветных металлов,

5.8. отходы литейного и металлургического производств,

5.9. металлолом и металлосодержащие отходы,

5.10. строительные отходы,

5.11. отходы химического производства,

5.12. отходы лакокрасочного производства,

5.13. отходы нефтепродуктов,

5.14. отходы горноперерабатывающей промышленности,

5.15. отходы всех видов сельскохозяйственного производства,

5.16. отходы пищевых производств,

5.17. бытовые отходы крупных городов,

5.18. макулатура,

5.19. аккумуляторы.

Как видно, существует несколько классификаций отходов и в дальнейшем они будут совершенствоваться, однако в настоящее время информационная база данных о тенденциях геохимических изменений геологической среды в зоне влияния накопителей отходов производства и потребления отсутствует, недостаточно проанализирована динамика образования и движения отходов в разрезе регионов и по России в целом.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие классы опасности отходов Вам известны и каким документом они закреплены?
2. Дать определение отходов.
3. Какие нормативные и законодательные акты в сфере обращения с отходами Вам известны?
4. Как классифицируются отходы производства и потребления?

1.1. Динамика образования и движения отходов

Более половины ежегодного объема отходов производства и потребления складывается в накопителях, что сопровождается загрязнением окружающей природной среды. Учитывая негативное влияние компонентов отходов на окружающую природную среду, ограниченные возможности по расширению объемов накопителей, а также истощение источников сырья, чрезвычайно актуальными являются задачи разработки новых решений по определению возможности и обоснованию целесообразности вовлечения отходов в ресурсный цикл и совершенствованию методов оценки потенциальной опасности их складирования.

В то же время на объектах размещения складываются и накапливаются отходы смешанного состава, не соответствующие общим требованиям, предъявляемым к качеству отходов при их использовании в различных технологиях (табл. 1).

Таблица 1

Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления

Наименование показателя	Значение показателя 2005-2012 г.			
	в РФ, всего	в т.ч.		
		Сев-Зап. фед. округ, всего	Вологодская область	
			всего	после внедрения мероприятий

Образование отходов производства и потребления, млн. т	2613,5	252,8	17,7	17,7
Степень использования и обезвреживания отходов, % от общего количества образовавшихся за год	51,4	25,2	67,0	85

Выбор и разработка новых технологий утилизации отходов обусловлены особенностями отечественной промышленности, ориентированной на собственную сырьевую базу, что отличает ее от известных зарубежных аналогов. Например, на территории Вологодской области зарегистрировано около 2,5 тысяч природопользователей, осуществляющих деятельность по обращению с отходами. В это число входят также объекты непроемственной сферы деятельности. Состав отходов по классам опасности представлен на рисунке 1.

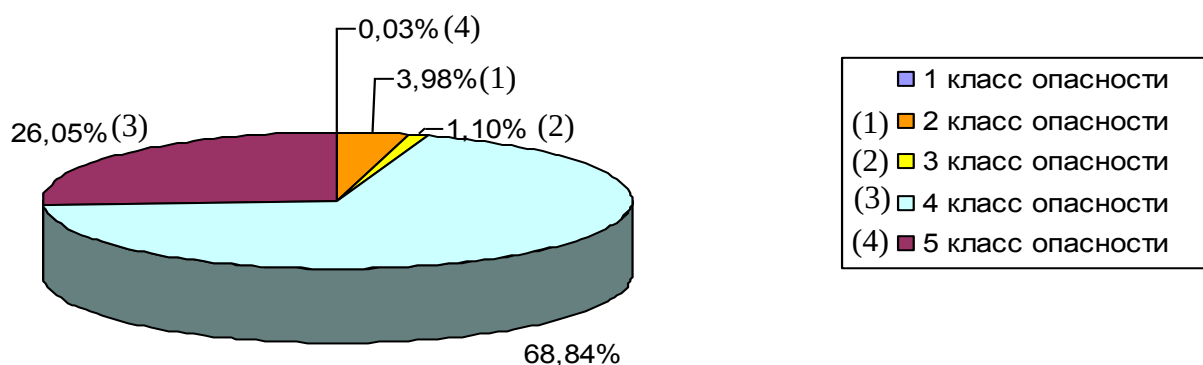


Рис. 1. Состав отходов по классам опасности

В данной работе объектами исследования являются промышленные отходы II- IV классов опасности и бытовые отходы IV класса опасности. Исследуются отходы крупного промышленного комплекса и системы ЖКХ Вологодской области.

От деятельности предприятий на территории Вологодской области скопилось более 135 млн. тонн различных промышленных отходов. Аналогичная ситуация характерна и для других регионов Российской Федерации. Динамика образования и движения отходов в Вологодской области приведена в таблице 2.

Таблица 2

**Динамика образования и движения отходов крупных производств
Вологодской области, тыс. тонн**

Класс опасности отходов для окружающей природной среды	Образование отходов за отчетный год	Использовано, передано другим предприятиям	Размещено	
			на временное хранение	на захоронение

Класс опасности отходов для окружающей природной среды	Образование отходов за отчетный год	Использовано, передано другим предприятиям	Размещено	
			на временное хранение	на захоронение
Всего отходов	16539,34	11108,98	3375,299	2055,061
1 класс опасности, всего:	4947,32	4908,46	38,86	0
в том числе:				
отходы, содержащие ртуть	0,124	0,109	0,015	0
фусы КХП	4816,0	4816,0	0	0
2 класс опасности	656,79	656,761	0,029	0
в том числе:				
кислота аккумуляторная	16,845	16,843	0,002	0
конденсат кислый	141,9	141,9	0	0
щелок	492,0	292,4	199,6	0
3 класс опасности	180,43	137,193	34,22	9,017
в том числе:				
нефтешламы	5,083	0,787	0	4,296
нефтепродукты отработанные	4,245	4,141	0,104	0
окалина замасленная	17,243	16,138	0	1,105
отходы цинка	3,29	3,256	0,034	0
навоз	48,164	48,014	0,150	0
помет куриный	62,249	61,319	0,93	0
4 класс опасности	11361,97	7517,517	3272,413	572,04
в том числе:				
фосфогипс	3905,599	649,8	3256,198	0
шлаки сталеплавильные	2405,977	2072,579	333,398	0
шлаки доменные	2352,316	2352,316	0	0
пиритный огарок	77,465	77,465	0	0
покрышки	3,969	2,599	1,370	0
пустая порода КХП	344,816	344,816	0	0
5 класс опасности	4320,30	2654,332	193,35	1472,618
в том числе:				
отходы лесозаготовки	0,209	0,033	0	0,176
отходы деревообработки	497,398	478,284	2,191	16,923
золышлаки	112,692	16,402	95,951	0,339
лом черных и цветных металлов	1542,747	1542,126	0,621	0
отходы добывающей промышленности	1110,068	149,04	0	961,028

Самые крупные производители отходов – предприятия черной металлургии и химической промышленности. Отходы этих предприятий составляют почти 81% от общего количества отходов.

На предприятиях черной металлургии образовалось 55 % отходов, что составляет 9,03 млн. тонн. Химическая промышленность производит 25,6 % отходов, их годовое образование составляет 4,2 млн. тонн.

Вклад основных отраслей промышленности в образование отходов представлен на рисунке 2.

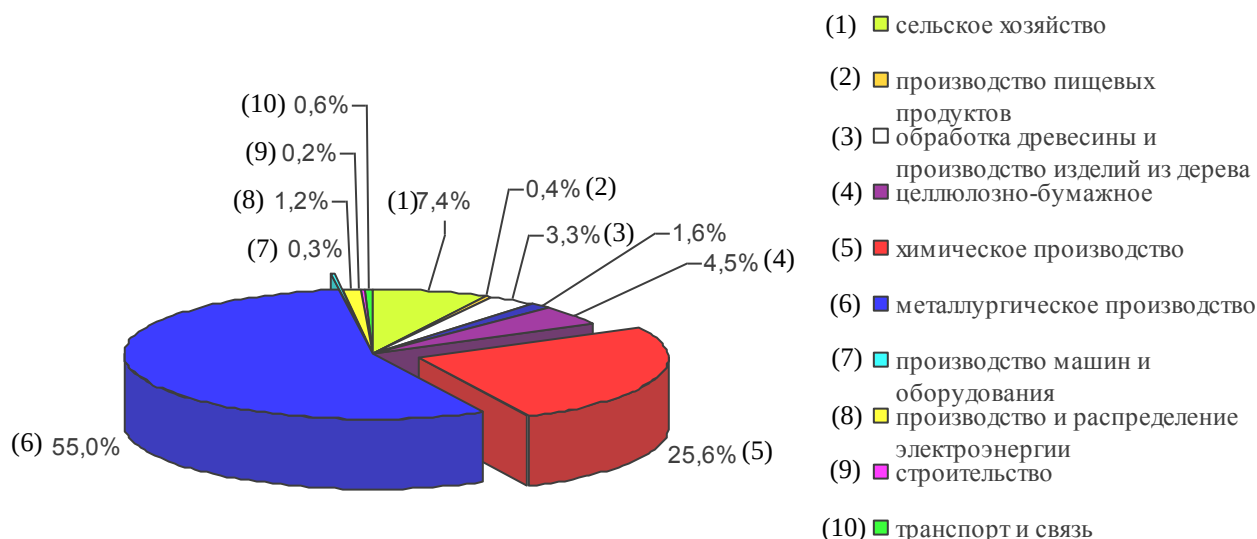


Рис. 2

Анализ состояния проблемы отходов свидетельствует о необходимости разработки и совершенствования системы управления отходами с учетом передового мирового и отечественного опыта и необходимости создания новых технических решений комплексной утилизации и переработки отходов производства и потребления.

Вопросы для самоконтроля

1. Отходы каких производств преобладают в Вологодской области?
2. Влияет ли класс опасности отходов на выбор способа обращения и захоронения отходов?

2. ПОЛИГОНЫ – НАКОПИТЕЛИ ОТХОДОВ

2.1. Устройство полигонов

Полигоны бывают поверхностные и подземные. Они представляют собой земляные емкости, полностью или частично заглубленные и обвалованные. При их проектировании оценивают рельеф местности, геологическое строение и гидрогеологические условия территории. В зависимости от рельефа поверхностные накопители могут быть овражными, равнинными, котлованными и траншейными. Овражные размещают в балках и оврагах с перегораживающей барьерной стеной (плотиной) в низовой их части и со специальными водосборными сооружениями, предназначенными для сбора и пропуска естественного стока дождевых и талых вод. Равнинные накопители устраивают на равнинных участках, обваловывая их по всему периметру насыпью (дамбой), или в искусственно создаваемых выемках — емкостях.

Котлованные накопители устраивают в выработках старых карьеров или резервов. Известны также построенные в прошлом столетии в поймах рек пойменные накопители с обвалованием участка с трех сторон. Таким же образом обустраивались накопители и на косогорных участках, что не всегда обеспечивало экологическую безопасность. При выборе участка для устройства полигона ТБО следует учитывать климатогеографические и почвенные особенности, геологические и гидрологические условия местности.

Устройство полигонов ТБО должно осуществляться в соответствии с «Инструкцией по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТБО». По всей площади участка складирования предусматривается устройство заглубления в виде котлована с целью получения грунта для промежуточной и окончательной изоляции уплотненных ТБО. Грунт из котлованов складывается в отвалах по периметру полигона.

С учетом объема годовых атмосферных осадков, испарительной способности почв и влажности складываемых ТБО учитывается возможность образования в их толще жидкой фазы – фильтрата.

Для полигонов, принимающих менее 120 тыс. м³ ТБО в год, рекомендуется траншейная схема складирования ТБО. Траншеи устраиваются перпендикулярно направлению господствующих ветров, что препятствует разносу ТБО. Грунт, полученный от рытья траншей, используется для их засыпки после заполнения ТБО.

Основание (днище) траншеи в климатических зонах, где возможно образование фильтрата, должно быть не менее чем на 0,5 м заглублено в глинистые грунты.

Длина одной траншеи должна устраиваться с учетом времени заполнения траншей:

- а) в период температур выше 0°C в течение 1-2 месяцев;
- б) в период температур ниже 0°C – на весь период промерзания грунтов.

Складирование ТБО в воду на болотистых и заливаемых паводковыми водами участках не допускается. До использования таких участков под полигон ТБО на них должна устраиваться подсыпка инертными материалами на высоту, превышающую на 1 м максимальный уровень поверхностных или паводковых вод. При подсыпке устраивается водоупорный экран. При наличии грунтовых вод на глубине менее 1 м на поверхность наносится изолирующий слой с предварительным осушением грунта.

При выборе конструкции и основных параметров, ограждающих тело полигона дамб (барьерных стен или ограждающих насыпей), для проверки устойчивости откосов и выполнения фильтрационных расчетов можно руководствоваться нормами проектирования, относящимися к земляным плотинам.

В таблице 3 приведена физическая характеристика грунтов.

Таблица 3

Физическая характеристика грунтов

Грунт	Объемная масса, г/см ³	Плотность, г/см ³	Коэффициент фильтрации Кф, м/сут	Водопроницаемость
Песок Супесь	1,45—1,70	2,66	>1	Водопроницаемый
Суглинок	} 1,35—1,65	2,70	} 1—0,001	Полупроницаемый
Глина	--	2,71 2,74	<0,001	Водонепроницаемый

Коэффициентом фильтрации K_f называется скорость фильтрации через единицу поперечного сечения грунта при гидравлическом градиенте, равном единице. Коэффициент фильтрации является основной характеристикой водопроницаемости грунтов.

Гидрогеологические условия зависят от геологического строения, рельефа местности, климата

При проектировании поверхностных полигонов-накопителей возникает ряд сложных вопросов, связанных с защитой подземных вод и водоемов от загрязнения дренажными водами и фильтрующимися стоками от отходов, в том числе в связи с атмосферными осадками. Назначение и выбор типа мероприятий по защите подземных вод должны проводиться на основе технико-экономического обоснования выбора источника водоснабжения, оценки ущерба от загрязнения подземных и поверхностных вод. При этом необходимо оценивать обеспеченность района подземными водами и учитывать социальные аспекты вопроса, не поддающиеся непосредственной экономической оценке.

Наиболее радикальными средствами, применяемыми для защиты, являются перехват профильтровавшихся стоков дренажем с последующей их очисткой и устройство противофильтрационных завес. Используемые в накопителях ограждающие противофильтрационные устройства подобны плотинам и дамбам.

Противофильтрационные устройства предназначены для снижения фильтрации вод через тело ограждающих стен дамб (рис. 3) и повышения их устойчивости, исключения опасных деформаций грунта и обеспечения полной задержки сточных вод.

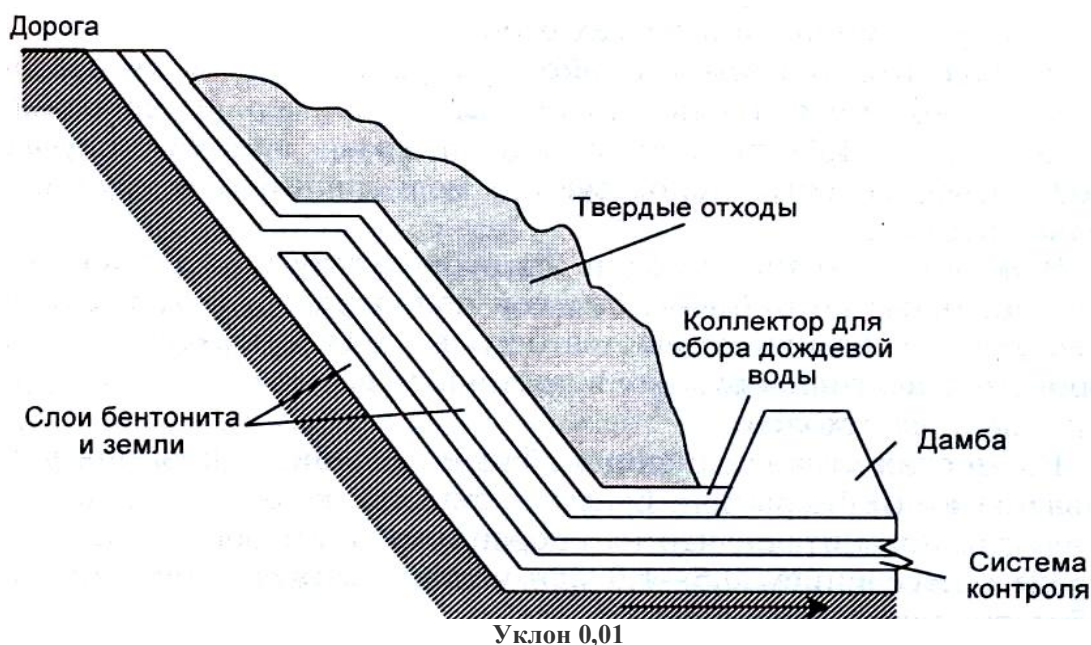


Рис. 3. Схема захоронения отходов

Для их сооружения используют покрытия слабопроницаемыми грунтами (глиной, суглинками), битумом, бетоном, полимерными пленками и др.; за-

полняют цементными, глиноцементными и глинистыми смесями и пастами специальные барражные щели; инъецируют в массив различные закрепляющие растворы.

В чаше накопителя при неглубоком залегании водоупорных пород (глины, суглинка и др.) фильтрационные устройства выполняют в виде кольцевой совершенной завесы (рис. 4, а), перерезающей всю толщу сильнофильтрующих грунтов (песчаных, супеси), и сопутствующего дренажа или кольцевого непроницаемого экрана с сопутствующим дренажем (рис. 4, б). Сопутствующий дренаж выполняют в виде горизонтальной дрены, обеспечивающей такое понижение депрессионной кривой в береговой толще перед завесой, при котором полностью исключается утечка жидкости из накопителя при всех возможных отметках его заполнения. Дренаж может быть также двухлинейным: одну линию укладывают под экраном для дренирования грунтовых вод, а другую – с верховой его стороны для дренирования влажных отходов.

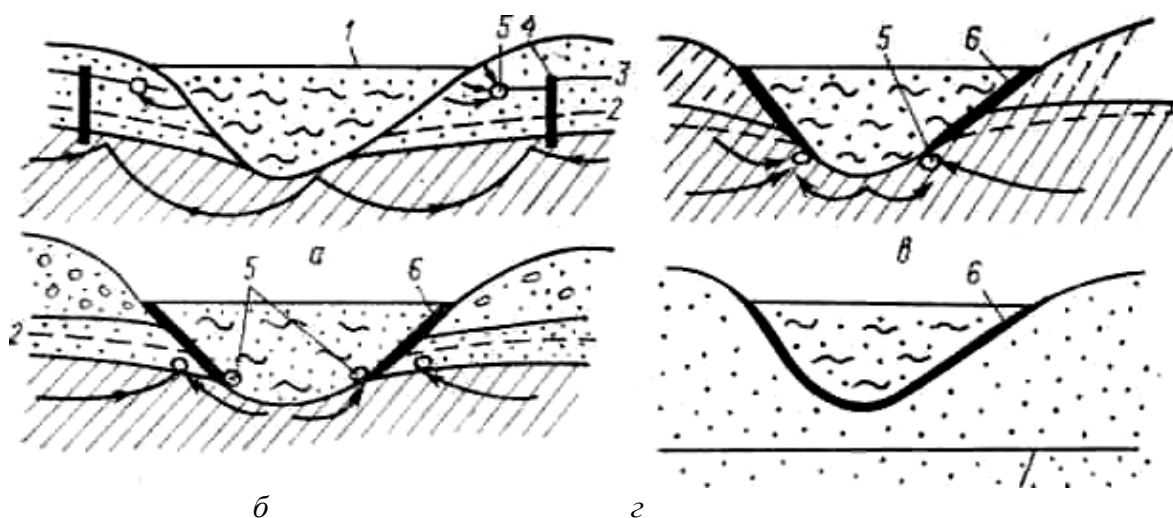


Рис. 4. Противофильтрационные устройства чаши накопителей: 1 – проектная поверхность накопителя; 2 – уровень грунтовых вод; 3 – кривая подпора грунтовых вод; 4 – противофильтрационные завесы; 5 – дренаж; 6 – экран

При строительстве накопителей на малопроницаемых и слоистых грунтах с незначительным расходом грунтовых вод, если отметки поверхности проектируемого накопителя превышают отметки зеркала грунтовых вод и возможна утечка сточной жидкости в берега, применяют кольцевую комбинированную завесу с сопутствующим дренажем (рис. 4, в).

При глубоком залегании водоупорных пород и низком уровне грунтовых вод, когда нельзя использовать другие более экономичные защитные мероприятия, по всей чаше накопителя устраивают пластовый экран из водоне-

проницаемого материала, прикрытого защитным слоем из местного грунта (рис. 4, з).

Противофильтрационные устройства, применяемые на полигонах, можно разделить на следующие виды:

1. Устройства в теле и основании полигона – экраны, диафрагмы. Для обеспечения эффективной работы противофильтрационные устройства должны перерезать всю толщу водопроницаемых пород и надежно сопрягаться с водоупором. Перечисленные выше противофильтрационные устройства выполняют в основном из глинистых грунтов, но при небольшой высоте сооружения (до 20 м) используют полимерные пленки и глинистые материалы;

2. На накопителях овражно-балочного типа противофильтрационные устройства составляют единое целое с противофильтрационными устройствами тела полигона и имеют вид:

а) одиночной завесы, расположенной перпендикулярно к линии берега оврага или балки (рис. 5, а); ее применяют при неглубоком залегании водоупора и общей высоте фильтрующей толщи не более 30 м;

б) вертикальной завесы или экрана на откосе, расположенных параллельно линии берега оврага в сторону верхней части полигона (рис. 5, б); применяют в том случае, если невозможен первый вариант;

в) завесы комбинированного типа, состоящей из двух связанных между собой частей, расположенных нормально и параллельно линии берега оврага (рис. 5, в); применяют тогда, когда невозможны первые два варианта.

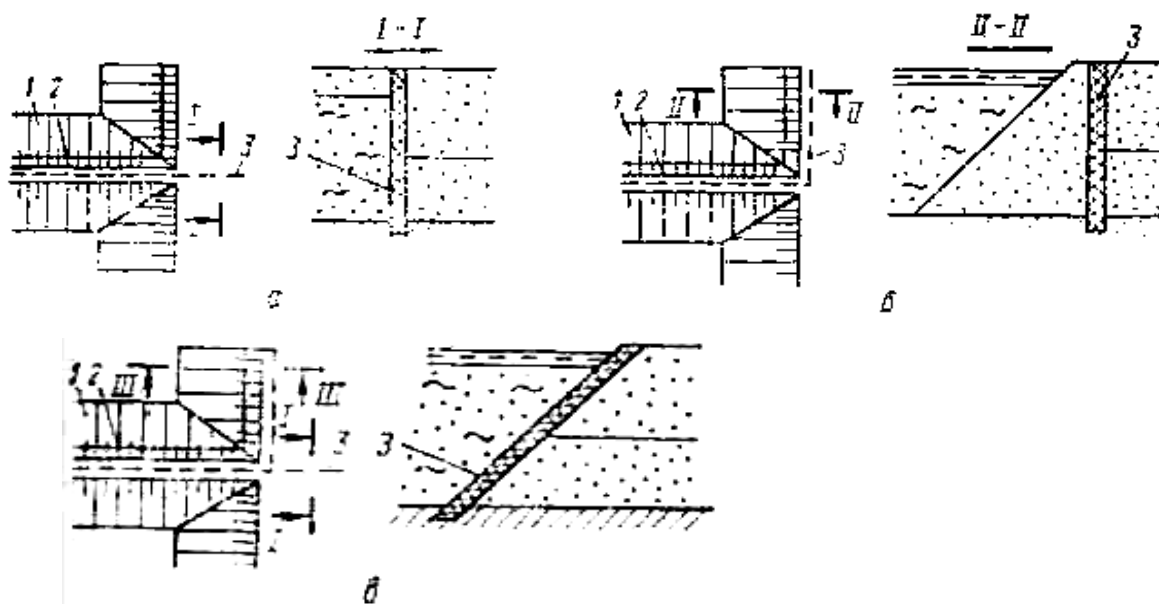
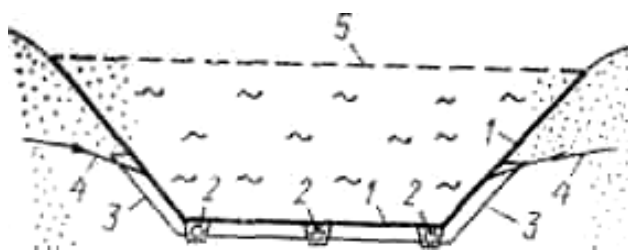


Рис. 5. Противофильтрационные устройства:
а – дамба, б – урез воды, в – завеса

Береговые противофильтрационные устройства предназначены для исключения или значительного снижения утечек стоков в нижнюю часть сооружения вследствие обходной фильтрации; их выполняют из грунтовых пластичных материалов (глины, суглинка, глинобетона) методом «стенка в грунте»;

3. Устройства в нижней части сооружения полигона; применяют обычно при строительстве сооружений на проницаемом основании ограниченной мощности, когда залегающая над водоупором сильнофильтрующая толща представляет собой область разгрузки фильтрационных потоков, движущихся через тело, основание и в обход сооружения с целью создания преграды для профильтровавшихся сточных вод, их аккумуляции и последующей перекачки в накопитель. Выполняется такое устройство в виде фронтальной противофильтрационной завесы, полностью перерезающей верхнюю проницаемую толщу грунта, и дренажной системы, обеспечивающей снижение уровня воды перед завесой до отметок, при которых исключается фильтрация сточной жидкости за линию завесы.



*Рис. 6. Защитный дренаж
противофильтрационного экрана
накопителей: 1 – экран; 2 – тручатые
дрены; 3 – пластовый дренаж;
4 – кривая депрессии;
5 – проектная поверхность накопителя*

Кроме противофильтрационных устройств, большую роль в обеспечении надежной работы сооружений накопителей и поддержании надлежащих санитарных условий на окружающей территории играют различные виды дренажа.

По расположению в сооружении различают дренажные устройства в днищах накопителей и дренажные устройства ограждающих насыпей и стенок полигонов. Дренажные устройства, выполняемые в днище накопителей, служат для снижения напоров жидкости в основании, когда уровни воды в них существенно превышают уровни грунтовых вод окружающей местности и может быть утечка стоков в грунт через основание, а также для защиты экрана от выпирания грунтовыми водами в процессе строительства и в первый период эксплуатации, когда над экраном еще нет необходимой загрузки. Для решения первой задачи применяют сеть горизонтальных дрен, объединенных в единую систему. При слабопроницаемых грунтах основания и на поверхности экрана эта сеть будет более сложной, чем на проницаемом песчаном или

песчано-гравелистом основании ограниченной мощности, так как проницаемый слой послужит дренаем.

Для защиты противофильтрационного экрана от выпирания грунтовыми водами при большой мощности фильтрующей толщи основания выполняют систематический или пластовый дренаж, обеспечивающий необходимое заглубление зеркала грунтовых вод (рис. 6). При наличии над водоупором сильнопроницаемой толщи ограниченной мощности дренаж устраивают в виде трубчатых дрен.

Дренажные устройства ограждающих насыпей и стенок полигона в зависимости от назначения конструкции и расположения в сооружении выполняют в виде наклонного, трубчатого, траншейного, откосного, пластового, ленточного и комбинированного дренажей (рис. 7).

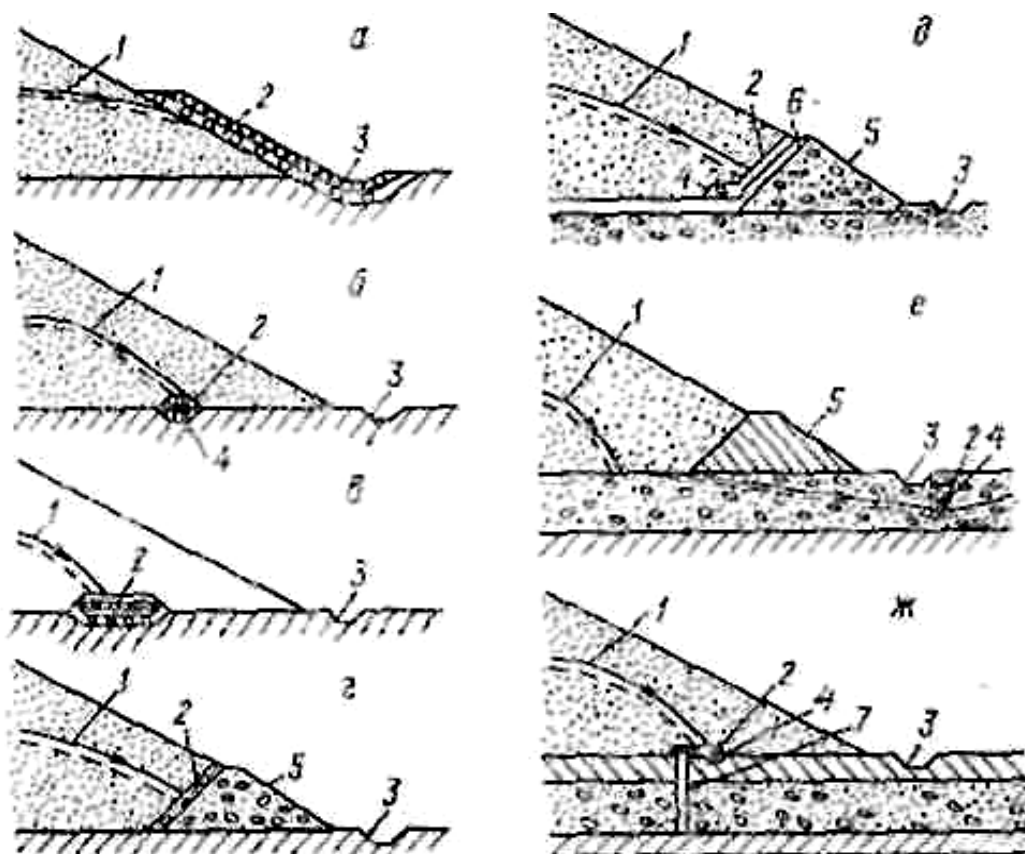


Рис. 7. Дренажные устройства дамб накопителей: 1 – кривая депрессии; 2 – обратный фильтр; 3 – водоотводная канава; 4 – дренажная водоотводная труба; 5 – пионерная дамба; 6 – экран; 7 – дренажная скважина

Наклонный дренаж предусматривают в нижней части внешнего откоса ограждающей стены (дамбы) (на участке выхода фильтрационных вод) в виде однослойного или многослойного покрытия (рис. 7, а). В случае подтопления

краёв ограждающих стен полигона паводковыми водами он одновременно является и защитным покрытием. Трубчатый дренаж (рис. 7, б) размещают в верхней части основания ограждающей стены полигона; он состоит из коллекторной трубы и обратного фильтра, уложенного по ее периметру. Расположение дренажа в теле ограждающей дамбы (рис. 7) выбирают из расчета заглубления кривой депрессии и гидрогеологических условий. Во всех случаях удаление кривой депрессии от подошвы откоса не должно превышать $1/3$ ее ширины. Траншейный дренаж (рис. 7, е) располагают в нижней части ограждающей стены для перехвата фильтрующихся в основание полигона стоков в виде горизонтальной трубчатой дрены, расположенной на требуемой глубине, или в виде трубчатой дрены с вертикальными дренажными колодцами. При благоприятных гидрогеологических условиях и неглубоком залегании водоупора дрена может быть в виде открытой канавы (рис. 8).



Рис. 8. Водоотводная канава по периметру полигона

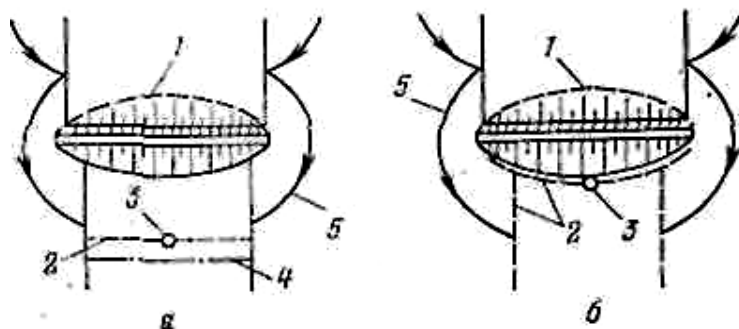
Откосный пластовый дренаж устраивают на внутреннем откосе пионерных дамб (рис. 7, з, д), сложенных сильнопроницаемыми грунтами. Профильтровавшиеся стоки отводятся в нижнюю часть, либо непосредственно через тело ограждающей стены (дамбы) (рис. 7, з), либо с

помощью дренажной трубы, расположенной в нижней части полигона (рис. 7, д). Ленточный дренаж (рис. 7, в) служит для решения тех же задач, что и трубчатый, но при меньшем притоке воды. Отличается от него формой обратного фильтра, выполняемого в виде горизонтальной ленты определенной ширины, и типом коллектора, который обеспечивает прием и отвод профильтровавшихся сточных вод. Комбинированный дренаж (рис. 7, ж) применяют в тех случаях, когда при одной дрене того или иного типа невозможно обеспечить требуемое снижение кривой депрессии в теле ограждающей стены (дамбы) и напора в ее основании. Выполняют его при помощи горизонтальных дрен в теле плотины и связанных с ней вертикальных скважин в основании.

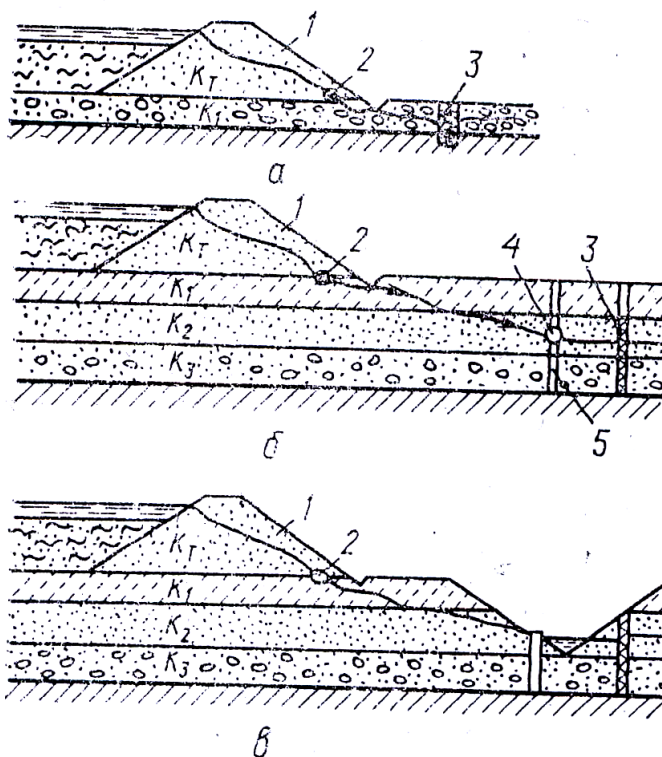
Кроме перечисленных типов дренажных устройств для защиты подземных вод от загрязнения и перехвата профильтровавшихся сточных вод устраивают перехватывающий дренаж в нижней части полигона с насосной

станцией для перекачки дренажной воды. Перехватывающий дренаж располагают по пути движения фильтрационного потока в виде одной фронтальной или двух береговых дрен (рис. 9, а, б). Расстояние от фронтальной дрены до плотины зависит от наличия обходного потока.

Рис. 9. Схема расположения перехватывающего дренажа:
1 – дамба полигона;
2 – перехватывающий дренаж;
3 – насосная станция;
4 – противофильтрационная стенка; 5 – границная линия обходного потока



При небольшой мощности однородного сильно проницаемого основания применяют горизонтальную дренаж (рис. 10, а), укладываемую на водоупор;



при более сложном геологическом строении основания фронтальная дрена может быть представлена рядом вертикальных дренажных скважин, соединенных коллекторной трубой для сбора и отвода воды (рис. 10, б), либо с открытой канавой (рис. 10, в).

Рис. 10. Основные схемы перехватывающего дренажа на накопителей: 1 – дамба;
2 – дренаж; 3 – противофильтрационная стенка; 4 – дренажная галерея; 5 – дренажные скважины

Кроме дрен, в отдельных случаях можно использовать гидравлическую завесу в виде совершенной траншеи, заполненной водой, или в виде ряда скважин, в которые нагнетается вода с напором, превышающим уровень загрязненных вод. Недостатком гидравлических завес являются большие затраты чистой воды, необходимой для непрерывной закачки, а иногда и необходимость в одновременной откачке загрязненных и чистых вод. Для предотвращения притока чистой воды во внешний дренаж следует устанавливать

противофильтрационные завесы. Они могут быть созданы выемкой проницаемых пород и заменой их водонепроницаемым материалом (противофильтрационные стенки-барражи) или нагнетанием в скважины растворов, заполняющих в породах поры и трещины и придающих породе водонепроницаемость (противофильтрационные инъекционные завесы).

2.2. Дренажные устройства полигонов

2.2.1. Дренажные устройства поверхностных накопителей

В поверхностных накопителях в зависимости от их характера, гидрогеологических и геологических условий основания применяют, как правило, дренажи трех типов: горизонтальный, вертикальный и комбинированный.

Горизонтальный дренаж используется для понижения кривой депрессии в теле ограждающих полигон дамб как в процессе их строительства, так и в период эксплуатации; является основным дренирующим элементом двухслойного противофильтрационного экрана, обеспечивающим снижение давления воды на нижний слой экрана и отвод фильтрационных вод; применяется для снижения давления грунтовых вод на экран в процессе его строительства, а также в качестве защитного устройства, обеспечивающего перехват загрязненных стоками грунтовых вод в нижней части сооружения.

Наиболее часто встречается горизонтальный трубчатый дренаж. В конструктивном отношении при любой форме его выполнения — в виде ли собственно трубчатой дрены (рис. 11, а, б) или в виде составной части более сложной системы (рис. 11, в, г) — он состоит из двух основных элементов: горизонтальной трубы и обратного фильтра, укладываемого по части и по всему периметру трубы.

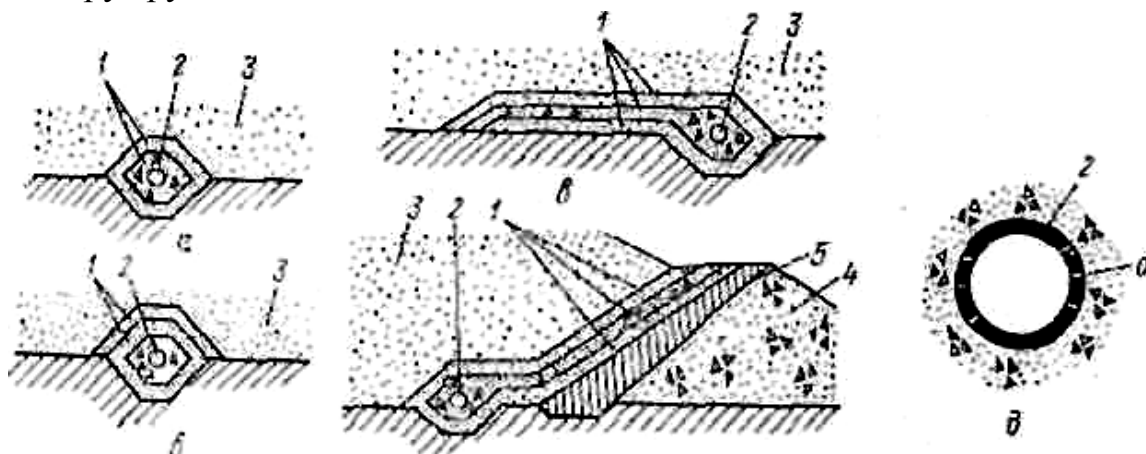


Рис. 11. Конструкции трубчатого дренажа: 1 — слой обратного фильтра; 2 — дренажная труба; 3 — отложения ила; 4 — пионерная дамба; 5 — экран

В трубчатых дренах используются керамические, бетонные, асбестоцементные и пластмассовые (полипропиленовые) трубы диаметром более 300 мм. Используемые в шламохранилищах дренажные трубы должны обладать не только прочностью, но и устойчивостью к воздействию агрессивных сточных вод. Могут применяться также и железобетонные трубы диаметрами 300—1000 мм.

В условиях сильноагрессивных стоков и большого давления грунта можно применять также чугунные и стальные трубы с защитным покрытием снаружи и внутри. Для приема дренажных вод трубы должны иметь водоприемные отверстия, устраиваемые в стенках труб (рис. 11, *д*), или незаделанные стыковые отверстия. В асбестоцементных трубах такие отверстия устраивают в виде пропилов, расположенных в средней трети трубы в шахматном порядке с обеих ее сторон. Длину пропила принимают равной одной трети диаметра трубы, ширину подбирают расчетом, чаще всего она составляет 3–5 мм; расстояние между пропилами от 25 до 50 см с каждой стороны. Можно также устраивать круглые водоприемные отверстия, просверливаемые с обеих сторон трубы в шахматном порядке на расстоянии 10–15 см; диаметр отверстий подбирают расчетом, чаще всего он составляет 10 мм. Асбестоцементные трубы соединяют между собой асбестоцементными муфтами. В настоящее время стали применять металлопластиковые и полиэтиленовые трубы высокого давления.

В железобетонных, чугунных, стальных трубах на боковых стенках обычно делают круглые отверстия, располагаемые в шахматном порядке. В керамических трубах в качестве водоприемных отверстий используется верхняя, незаделанная часть раструба, при этом трубы укладываются с зазором 10–20 мм, а нижнюю часть раструба заделывают на одну треть диаметра трубы асфальтовой мастикой. Диаметр круглых отверстий в дренажных трубах определяется по формуле

$$d=(2,5\text{--}3)D_{50},$$

где D_{50} — диаметр частиц грунта первого слоя фильтра, которых содержится меньше 50%.

Кроме описанных конструкций горизонтального дренажа, в теле полигонов — накопителей нередко используют дренажные устройства с применением трубофильтров из пористого бетона. Их применяют, в частности, для устройства ярусных трубчатых дрен при необходимости дренирования песчаной упорной призмы намываемых сооружений (рис. 12, *а*). Применение трубо-

фильтров исключает необходимость устройства обратного фильтра, вследствие чего стоимость производства работ по устройству дренажа существенно снижается.

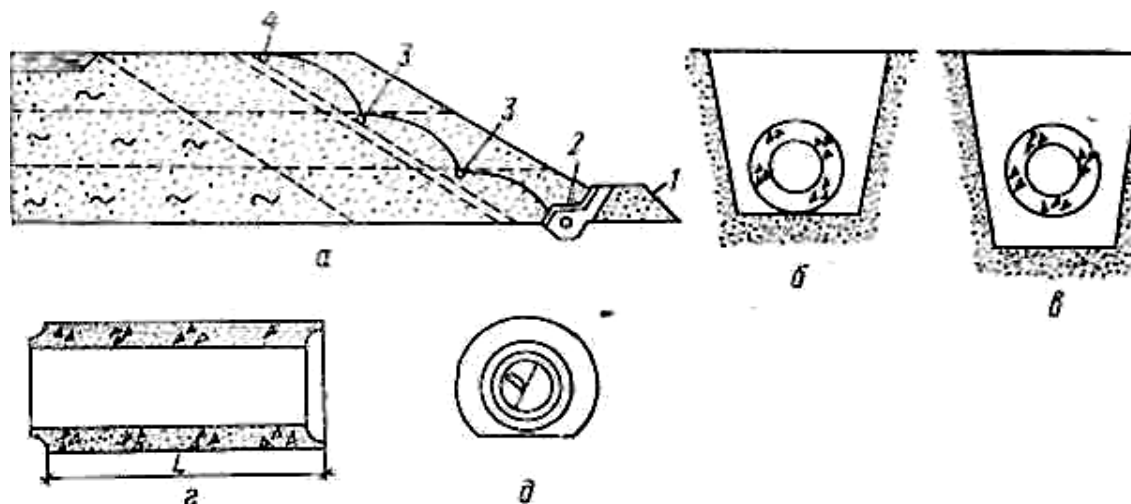


Рис. 12. Горизонтальный и наклонный дренаж с применением трубофильтров из пористого бетона: 1 – пионерная дамба; 2 – дренаж; 3 – горизонтальные дрены; 4 – наклонные дрены

Во избежание заиливания пористых трубофильтров и для надежного обеспечения их водопроницаемости необходимо трубы обсыпать слоем пористого материала (например, гравия) толщиной не менее 0,5 метра. Для обсыпки могут быть использованы также песчаные материалы соответствующей крупности (рис. 12, б, в). Трубофильтры изготавливают круглой формы длиной 850–1000 мм и внутренним диаметром 150–500 мм (рис. 12, г, д). Для изготовления трубофильтров рекомендуется применять пористый бетон следующего состава: заполнитель – естественный гравий или щебёночная крошка крупностью 2,5–10 мм с одинаковым количеством фракций 2,5–5 и 5–10 мм и вяжущее – портландцемент марки 400–700, взятых в соотношении 1 : 7 – 1 : 8.

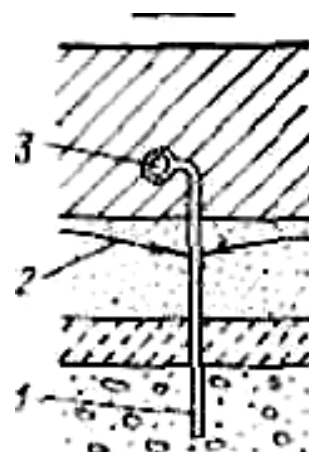
Материалы, предназначенные для дренажных обсыпок, должны обладать необходимыми прочностью, морозостойкостью и коррозионной устойчивостью к воздействию агрессивных жидкостей и сред.

Для внутренних слоев обратного фильтра применяют гравий и щебень изверженных пород (граниты, сиениты, диориты, порфиры, линатиты, базальты, диабазы) плотностью 2,3–2,7 т/м³ или особо прочные разновидности осадочных пород (кремнистые известняки и хорошо сцементированные, не выветрившиеся песчаники) плотностью 2–2,4 т/м³ при временном сопротивлении на сжатие не менее 60 МПа. Для наружных слоев обсыпки пригодны природные пески, являющиеся продуктами выветривания изверженных по-

род. Конструктивные формы дренажных обсыпок и их размеры зависят от принятого способа разработки траншей, в которые их укладывают.

Вертикальные дренажи состоят из ряда трубчатых колодцев, которые объединены в единую систему водопроводящими устройствами и насосной станцией, или из отдельных трубчатых колодцев, обслуживаемых отдельными насосными агрегатами (рис. 13). Дренажные колодцы частично или полностью перерезают дренируемую толщу грунта и дают возможность осуществлять водоотбор из более глубоких слоев, чем горизонтальные дренажи, и позволяют сильно снижать уровень подземных вод в нижней части полигона. Дренажные колодцы состоят из глухих труб и фильтра. Фильтры должны обеспечивать благоприятные условия для притока воды, не допускать пескования и глинизации, не ухудшать качество воды, обладать малым сопротивлением, быть устойчивыми, долговечными и экономичными. Наиболее широко на практике используют сетчатые, проволочные, красностержневые, гравийные, трубчатые (с круглой и щелевой перфорацией), полиэтиленовые и другие фильтры. Выбор типа фильтра, его конструкции, размеров осуществляют в соответствии с практическими рекомендациями и указаниями в зависимости от геологических и гидрогеологических условий.

Рис. 13. Вертикальный дренаж: 1 – дренажные колодцы; 2 – кривая депрессии; 3 – сборный коллектор



Отбор и отвод воды из скважин вертикального дренажа выполняется следующими способами: поверхностными или глубинными насосами; самоизливом в самотечный коллектор, подводящий воду к приемному резервуару насосной станции; с применением вакуумных систем.

Поверхностные и глубинные насосы устанавливают в каждой работающей скважине при необходимости перехвата загрязненных грунтовых вод в отдельных ограниченных зонах. Этот способ является маневренным, но неэкономичным и ненадежным при длительной эксплуатации, что обусловлено частыми остановками для ремонта и замены насосов.

Дренажная система с самоизливом в самотечный закрытый или открытый глухой коллектор является наиболее простой и надежной в эксплуатации, но применима для небольших понижений уровня подземных вод. При прокладке глухих коллекторов используют керамические, асбестоцементные и бетонные трубы (часто с армированием).

Вакуумные системы применяют для значительного понижения уровня грунтовых вод; выполняют в виде всасывающего трубопровода, непосредственно присоединенного к насосу, и в виде сифона. Чаще всего применяют сифонный метод. В состав сифонного водосбора входят: вертикальные всасывающие трубы, обеспечивающие забор воды из каждого колодца системы; объединяющий коллектор, заканчивающийся вертикальным нисходящим сборным участком, и сборный резервуар, совмещаемый часто со зданием насосной станции. Для обеспечения стационарного режима работы системы в сборном резервуаре устраивают приемную камеру для сифонных трубопроводов с постоянным горизонтом воды, не зависящим от колебаний уровня воды в резервуаре при периодической откачке из него. Трубы сифонного водосбора для удобства эксплуатации укладывают либо в галереях, либо в грунте. Над каждым коллектором для удобства ремонтных работ предусматривают смотровые колодцы.

Комбинированный дренаж сочетает горизонтальную дренажную трубу с рядом вертикальных дренажных колодцев. Применяют его в тех случаях, когда один вертикальный или один горизонтальный дренаж не может обеспечить требуемого перехвата подземных вод. Этот дренаж используют как в однородных, так и в слоистых грунтах разной проницаемости и большой мощности фильтрующей толщи. В конструктивном отношении горизонтальная дренажная труба комбинированного дренажа аналогична дренажной трубе горизонтального дренажа, а дренажные скважины — дренажным колодцам вертикального дренажа.

В зависимости от геологических условий и требуемого понижения уровня воды комбинированный дренаж устраивают в виде заглубленной горизонтальной дренажной трубы с вертикальными дренажными колодцами, прорезающими толщу, расположенную как выше, так и ниже галереи. В отдельных случаях роль горизонтальной дренажной трубы могут выполнять открытые каналы.

Из всех перечисленных выше типов дренажей, применяемых в сооружениях полигонов, наиболее часто встречается **горизонтальный трубчатый дренаж**. В конструктивном отношении он состоит из двух основных элементов: горизонтальной перфорированной трубы, прокладываемой под уклоном не менее 1%, и обратного фильтра, укладываемого по перфорированной части или по всему периметру трубы. На рисунке 14 представлены полиэтиленовые дренажные трубы с перфорацией. Как следует из рисунка, водопроницаемыми отверстиями (перфорацией) оформляется только 2/3 поверхности трубы, основание трубы не перфорируется. Диаметр дренажных труб принимают не

менее 300 мм. Материал труб – полиэтилен высокого давления. На рис. 15 представлена технология соединения дренажных труб.



Рис. 14. Складирование и подготовка перфорированных дренажных труб перед укладкой



Рис. 15. Элементы соединения (крестовина) полиэтиленовых дренажных труб.

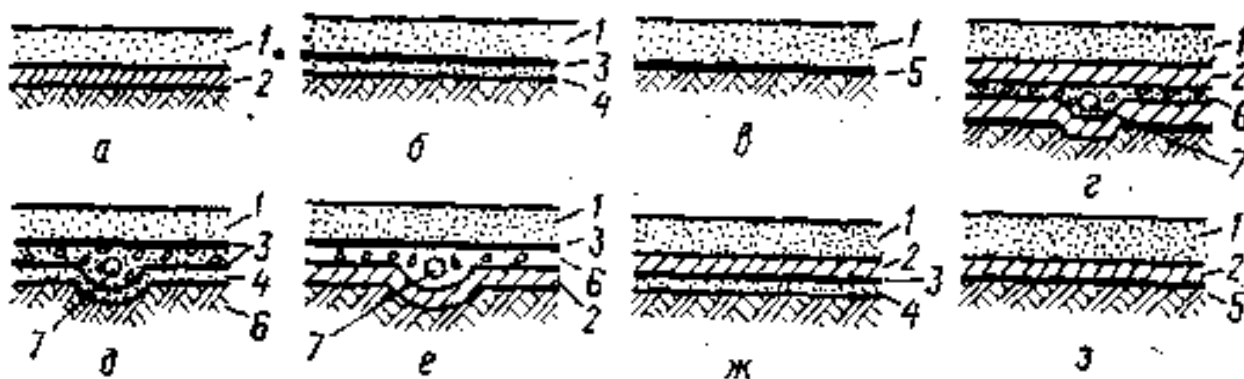


Рис. 16. Противофильтрационные экраны накопителей: 1– защитный слой грунта; 2 – уплотненный слой глинистого грунта; 3 – полиэтиленовая пленка; 4 – подстилающий слой песка; 5 – слой асфальтополимербетона или грунтово-полимерной смеси; 6 – дренажный слой из сильнопроницаемого грунта; 7 – дренажная труба

По конструктивному оформлению и условиям работы экраны могут быть однослойные (рис. 16, а, б, в), двухслойные (рис. 16, г, д) и комбинированные (рис. 16, е, ж, з). Однослойные экраны могут устраиваться из уплотненного глинистого материала, из стабилизированной полиэтиленовой пленки толщиной 0,2-0,6 мм, укладываемой на слой песчаной подготовки, или из асфальто-полимербетона или грунтовополимерной смеси, покрытых сверху латексом. Однослойные экраны применяют лишь при малотоксичных стоках, фильтрация которых в конкретных гидрогеологических условиях допускается в определенных ограниченных размерах. Двухслойные экраны применяют при складировании шламов или отходов, содержащих высокотоксичные соединения. Двухслойный экран состоит из двух малопроницаемых слоев, выполненных из глинистого материала или из стабилизированной полиэтиленовой пленки, разделенных между собой слоем высокопроницаемого песчаного грунта или гравия, выполняющего роль дрены – ловушки. Дрена позволяет перехватывать профильтровавшиеся из накопителя стоки и отводить их к насосной станции для перекачки на очистные сооружения.

Комбинированные экраны состоят из асфальтового покрытия или стабилизированной полиэтиленовой пленки и вышележащих слоев уплотненного глинистого грунта. Все конструкции противофильтрационных экранов должны иметь сверху защитный слой из местного материала. Однако исследованиями установлено, что все перечисленные выше экраны, применяемые для гидроизоляции дна и бортов накопителей, при хранении в них соединений фтора, мышьяка, свинца, цинка и других веществ со временем разрушаются и не способны остановить миграцию опасных веществ в природную среду.

Грунтовые противофильтрационные экраны из слабопроницаемых уплотнённых глинистых грунтов применяют в накопителях, полигонах, когда вблизи в достаточном количестве имеются глинистые грунты, обладающие не только незначительной проницаемостью, но и стойкостью к воздействию солей, содержащихся в жидкой фазе отходов. Обычно этим требованиям отвечают глины и суглинки, имеющие в своем составе небольшое количество водорастворимых солей и органических веществ. Химическая стойкость грунтов, подверженных химической суффозии и набуханию за расчетный период существования полигона-накопителя характеризуется коэффициентом фильтрации. Коэффициент фильтрации химически стойких грунтов не должен превышать $1 \cdot 10^{-6}$ см/с. Толщина слабопроницаемых слоев экрана должна обес-

печивать требуемые сплошность и плотность его конструкции. Как правило, для уплотненного грунта надежной толщиной считается 0,5-1,0 м.

Дренажный слой двухслойного экрана целесообразно организовывать в виде одного слоя песчаного или песчано-гравелистого грунта, имеющего коэффициент фильтрации в пределах 0,002 см/с.

При значительном притоке дренажных вод через верхний слой экрана рекомендуется средний слой экрана отсыпать из гравия или щебня, обладающих более значительным коэффициентом фильтрации. В таких случаях может появиться необходимость в организации многослойного дренажа для обеспечения фильтрационной устойчивости верхнего и нижнего слоев экрана. Материал, укладываемый в дренажный слой, уплотняется для получения плотного основания верхнего слабопроницаемого слоя экрана. Материал дренажного слоя должен быть стойким к воздействию агрессивных стоков. Дренажный слой выполняется изолированным от внешней атмосферы, связь с которой осуществляется только через трубчатую дренажную сеть слоя. Для защитного слоя экрана используются любые местные грунты, обладающие достаточными стойкостью к агрессивному действию сточной жидкости и сопротивлением сдвигу, обеспечивающими устойчивость защитного слоя против оползания на откосе. Толщина защитного слоя рекомендуется не менее 0,5 м.

Область применения **пленочных экранов** ограничивается стойкостью пленки во времени и, как правило, не превышает 15-20 лет. Полиэтиленовые пленочные экраны устраивают в накопителях в следующих случаях:

- при напоре воды на однослойном экране или на нижнем слое двухслойного экрана, не превышающем 10 м;
- при отсутствии в районе строительства глинистых грунтов, пригодных для устройства экрана;
- при затруднениях с укладкой глинистого грунта в экран, обусловленных климатическими, топографическими и производственными условиями;
- при устойчивости пленки к агрессивному действию сточной жидкости в течение заданного срока службы полигона.

Для создания противофильтрационного экрана на полигонах-накопителях рекомендуется применять стабилизированную полиэтиленовую пленку, обладающую следующими свойствами: плотность – не менее 0,92 г/см³; разрушающее напряжение при растяжении – не менее 11 МПа, относительное удлинение при разрыве 300%; морозостойкость минус 60°C. В качестве подсти-

лающего слоя под полиэтиленовую пленку применяют специально отсыпанный слой мелкого песка толщиной до 10 см. Толщина защитного слоя пленочных экранов должна быть не более 50 см из любых грунтов, не содержащих крупных остроугольных включений. Лучше для защитного слоя применять глинистые грунты. Для повышения экранирующего действия глинистых грунтов их следует укладывать непосредственно на пленку. При оценке устойчивости откосов ограждающих полигон земляных сооружений (дамб, стенок), содержащих противифльтрационный пленочный экран, следует учитывать значения коэффициента трения грунта о подстилающую полиэтиленовую пленку (табл. 3).

Таблица 3

**Определение коэффициента трения
для различных видов грунтов**

Тип грунта	Коэффициент трения
Песок мелкозернистый	0,40—0,45
Песок средне и мелкозернистый	0,25—0,35
Супесь	0,30—0,35
Суглинок	0,35—0,40

Для защиты полиэтиленового экрана от повреждения растениями и грызунами грунты подстилающего и защитного слоёв обрабатывают различными гербицидами, расход последних определяется местными условиями и в среднем составляет примерно 20–30 кг/га.

Известны также кольматационные экраны из поверхностно-активных веществ и полимеров, устраиваемые с целью уменьшения водопроницаемости грунта с введением добавок ПАВ и распространением этого процесса на достаточную глубину для обеспечения устойчивости, эффективности и долговечности применяемых систем. Для формирования устойчивого кольматационного экрана необходимо образование достаточно прочной связи с активными центрами пористой поверхности, а также обеспечение динамики адсорбции этих веществ в слое пористого сорбента. Сложность определения концентрации в слое обусловлена тем, что реальный слой грунта представляет собой отдельные зерна или агрегаты, образующие случайную упаковку.

2.3. Подземные накопители отходов и их санитарно-защитная зона

Подземное захоронение жидких и твердых отходов является сложным технологическим процессом и требует очень внимательного контроля явлений, возникающих в поглощающих и других горизонтах, а также в окружении полигонов захоронения. При несоблюдении определенных условий в процессе эксплуатации полигонов захоронения могут возникнуть следующие нежелательные последствия:

- выход подземных вод, загрязненных химическими веществами удаленных жидких отходов, в открытые водоемы или на поверхность земли в местах естественного дренирования этих вод;
- подсасывание водозаборными сооружениями, используемыми для водоснабжения и водопонижения, дренажных вод полигона, содержащих химические загрязнения;
- загрязнение захороняемыми отходами разрабатываемых, а также перспективных месторождений полезных ископаемых, включая загрязнение подземных вод, используемых для водоснабжения и других целей;
- выход захороненных отходов или загрязненных подземных вод через устья, затрубные и межтрубные пространства нагнетательных, наблюдательных, разведочных и других скважин на поверхность земли или в водоносные горизонты, имеющие хозяйственное значение;
- прорыв жидких отходов, подаваемых к нагнетательным скважинам, через неплотности соединений, каверны и деформируемые участки насосов, трубопроводов и других подводящих устройств.

Поэтому в окружении полигонов захоронения должны создаваться санитарно-защитные зоны. В пределах санитарно-защитных зон ограничивается использование территории для проживания и деятельности людей. При подземном удалении жидких отходов загрязняются пластовые воды и горные породы в поглощающих горизонтах, и нарушается естественное гидродинамическое состояние в водонапорной системе, включающей эти горизонты. Следовательно, основные мероприятия в санитарно-защитных зонах полигонов захоронения должны быть направлены на ограничение ресурсов земли. Проектированием санитарно-защитных зон определяются характер и величина этих ограничений, что дает возможность уже на стадии проектирования полигонов захоронения сопоставить полезные и отрицательные стороны осуществления подземного удаления жидких отходов на конкретном объекте.

По характеру возможного отрицательного влияния удаленных отходов на внешнюю среду и по условиям производства работ по захоронению этих отходов санитарно-защитные зоны должны состоять из трех поясов.

В первом поясе должны находиться все поглощающие устройства и другие основные сооружения полигона захоронения (насосные станции, резервуары приема жидких отходов, емкости сбросных вод и др.). В пределах этого пояса не допускается размещение объектов, непосредственно не относящихся к работе данного полигона захоронения, и использование территории для сельскохозяйственных и других целей. Включение в первый пояс указанной площади и необходимость проведения в нем упомянутых мероприятий обусловлены тем, что работа поглощающих скважин состоит не только в нагнетании в них жидких отходов, но также связана с производством ремонтно-восстановительных работ, при которых может производиться выпуск удаленных растворов и промывочной жидкости. Следовательно, в ближайшем окружении поглощающих скважин имеются условия для химического загрязнения поверхности земли и грунтовых вод жидкими отходами.

В тех случаях, когда полигон захоронения находится вне промышленной площадки предприятия, на котором образуются жидкие отходы, территория первого пояса должна быть ограждена. Если полигон имеет несколько поглощающих скважин, расположенных на значительном расстоянии одна от другой, то для сокращения площади, изымаемой из использования для сельскохозяйственных и других целей, первый пояс зоны может состоять из отдельных огражденных участков. Границы первого пояса должны проходить на некотором удалении от нагнетательных скважин и других сооружений полигона. Ширина этого разрыва зависит от местных условий использованной территории, но ее следует принимать не более 30 м. В окружении скважины нужно иметь свободную площадку для размещения оборудования и агрегатов ремонтно-восстановительных работ.

Полигон захоронения лучше располагать на ровной площадке, поверхностный сток с которой отсутствует или составляет небольшую величину, но если выбранная площадка приурочена к склону, или если в пределах полигона, а также вблизи его имеется четко выраженное понижение в рельефе местности, где собирается поверхностный сток, то по периметру первого пояса нужно устраивать нагорные и перехватывающие канавы.

Первый пояс санитарно-защитных зон следует устанавливать также для наблюдательных скважин, особенно когда эти скважины находятся за пределами площадки предприятия. Размеры указанного пояса должны допускать

установку оборудования и агрегатов для ремонта скважин. В пределах этого пояса не должны находиться строения, не относящиеся к работе полигона захоронения. Кроме того, устья скважин должны быть не доступны для вскрытия посторонними лицами. Для этого оголовки таких скважин необходимо устраивать массивными и прочными в закрытых кирпичных или бетонных павильонах.

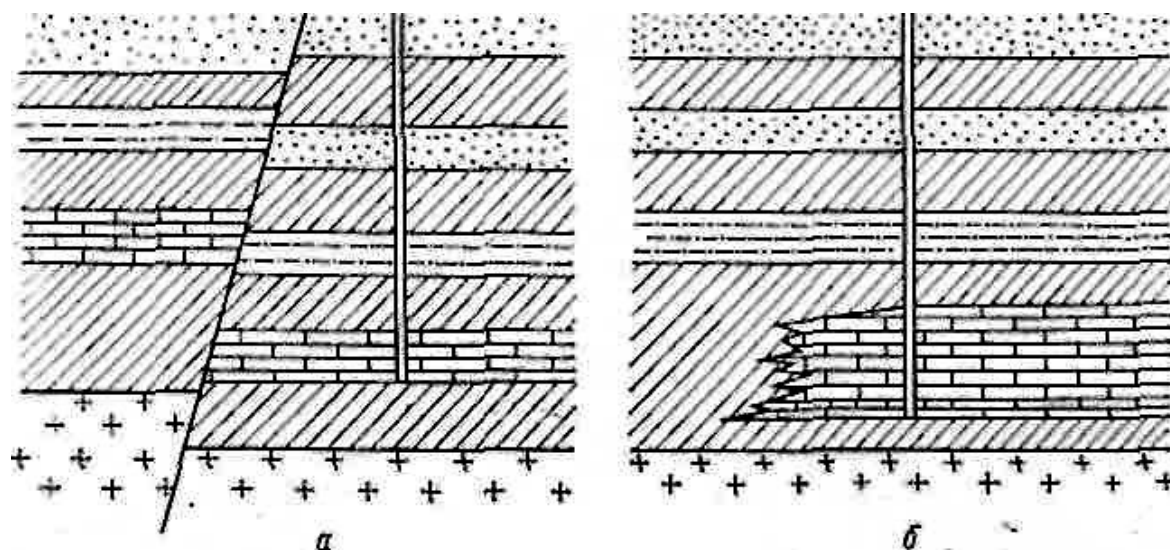
Второй пояс санитарно-защитной зоны полигона захоронения должен охватывать территорию, в пределах которой имеется потенциальная опасность химического загрязнения воды водоносных горизонтов и горных пород, имеющих хозяйственное значение, а также открытых водоемов и поверхности земли. Границы второго пояса должны проходить не только на дневной поверхности, а распространяться и на недра земли. Кроме гидрогеологических условий величина этого пояса зависит от объема удаляемых жидких отходов, а также от состава и концентрации в них загрязняющих веществ.

Потенциальная опасность проникновения химических веществ, присутствующих в отходах, в водоносные горизонты и другие объекты внешней среды, имеющие хозяйственное значение, возможна в пределах фронта распространения указанных отходов в поглощающем горизонте, который изменяет свое положение во времени. Но границы второго пояса санитарно-защитных зон должны устанавливаться, исходя из максимального положения этого фронта на момент окончания эксплуатации полигона захоронения.

Если загрязняющие вещества, содержащиеся в удаляемых отходах, устойчивы, и естественные скорости движения пластовых вод в поглощающих горизонтах существенно влияют на продвижение фронта отходов, то границы второго пояса зон следует устанавливать на конец периода, превышающего время возможности инженерных прогнозов природных процессов. Условно это время может быть принято (заведомо со значительным превышением) равным нескольким сотням лет после прекращения работы полигона захоронения.

Положение контура распространения жидких отходов в поглощающих горизонтах определяется при помощи гидрогеологических расчетов с учетом свойств горных пород, удаленных отходов и пластовых вод. Если распространение отходов ограничено естественными гидрогеологическими преградами, обусловленными тектоническими нарушениями, приводящими к соприкосновению поглощающего горизонта с водоупорными породами, или радиальным выклиниванием самого поглощающего горизонта (рис. 17), то грани-

цы второго пояса зон следует проводить по линиям указанных гидрогеологических преград, в других же направлениях они должны совпадать с положением максимального распространения фронта отходов, определенного по схемам полуограниченных подземных потоков.



*Рис. 17. Естественные преграды движению пластовых вод:
а — образованные тектоническим нарушением; б — образованные фациальным
выклиниванием поглощающего горизонта*

В пределах второго пояса ограничивается использование недр земли, в том числе и получение подземных вод для водоснабжения. Во всех случаях в этом поясе должны исключаться забор воды, добыча нефти, газа и других полезных ископаемых из поглощающих и буферных горизонтов. Это ограничение вызвано необходимостью не допустить увеличения скорости подземного продвижения удаленных отходов, а также стремлением сохранить гидродинамический пластовый режим, обусловленный эксплуатацией полигона.

На территории второго пояса разрешается использование верхних водоносных горизонтов для водоснабжения небольших населенных пунктов, если поглощающие горизонты залегают на большой глубине, перекрыты мощными толщами водоупорных пород и имеется буферный горизонт. Но во всех случаях водозаборные скважины должны находиться на расстоянии 500-1000 м от границ первого пояса санитарно-защитной зоны полигона захоронения.

Территория второго пояса санитарно-защитной зоны может использоваться для сельскохозяйственных целей, на ней могут быть расположены населенные пункты и промышленные объекты, не связанные с работой полигона захоронения; расстояние от границ первого пояса санитарно-защитной зо-

ны должно составлять 500-1000 м. Все заброшенные скважины на территориях первого и второго поясов должны быть затампонированы.

Цель третьего пояса санитарно-защитной зоны – исключить возможность подсасывания удаленных жидких отходов крупными подземными водозаборами, горными выработками, работающими с большим водоотливом, или скважинами разрабатываемых нефтяных, газовых и других месторождений. Поэтому указанные сооружения не должны быть расположены на территории этого пояса. Размеры третьего пояса, как и второго, следует устанавливать, исходя из данных изучения геологических и гидрогеологических условий района, количества намеченных к удалению жидких отходов, их состава и концентрации. Но, кроме того, необходимо учитывать размещение и мощность сооружений, откачивающих воду, нефть или газ в окружающем районе. Для определения границ третьего пояса могут использоваться уравнения гидродинамики или моделирования. Если принимать расход через сооружения, откачивающие воду или нефть, равным расходу удаляемых жидких отходов на полигоне, то применима расчетная схема полуограниченного потока с границей постоянного напора. В некоторых случаях границы третьего пояса могут совпадать с границами второго пояса санитарно-защитной зоны (когда продвижение удаленных отходов в том или ином направлении ограничено естественными гидрогеологическими преградами: тектоническим нарушением, фациальным выклиниванием или другим геологическим образованием).

Чтобы полигон захоронения разместить в таких условиях, при которых в дальнейшем не потребуется прекращение работы действующих или ограничение строительства новых подземных водозаборов, горнодобывающих предприятий, нефтяных промыслов и т. д., необходимо иметь ориентировочные данные о размере третьего пояса уже на стадии выбора участка для захоронения жидких и твёрдых отходов. По материалам обоснования санитарно-защитной зоны составляют проект решения об установлении границ поясов этой зоны и мероприятиях в их пределах.

2.4. Требования безопасности при организации подземных накопителей-хранилищ отходов

При решении вопросов обеспечения эксплуатационной надежности горных выработок, специально создаваемых для подземных хранилищ, необходимо учитывать требования СНиП 2.01.55-85 «Объекты народного хозяйства в подземных горных выработках» и одноименной Инструкции, утвержденной Госстроем СССР и Госгортехнадзором СССР в 1984 г.

Для обеспечения безопасного вывода отходов из биосферы при использовании природных и техногенных объектов должны строго соблюдаться определенные условия и ограничения.

Согласно действующим положениям по проектированию и созданию захоронений отходов запрещается их расположение :

- вблизи месторождений пресных подземных, минеральных лечебных, промышленных вод и их водоохраных зон;

- на территории зон охраны курортов;

- на территории заповедников;

- в пределах селитебных и рекреационных зон населенных пунктов.

Кроме того, подземные хранилища не рекомендуется размещать:

- на площадях залегания полезных ископаемых без согласования с органами Государственного горного надзора;

- в зонах активного карста;

- в зонах активизации процесса сдвижения породной толщи от ведения горных работ;

- в массивах, склонных к горным ударам и относящихся к пожароопасным (выделяющих или образующих при контакте с промышленными отходами взрывоопасные или ядовитые газы);

- в пределах сейсмоактивных районов;

- в зонах естественного питания и разгрузки водоносных комплексов;

- вблизи неотектонически активных разломов и дизъюнктивных нарушений в породной толще;

- в районах интенсивной техногенной нагрузки на недра, приводящей к нарушению природной изоляции подземных резервуаров (например, в районах старых нефтяных месторождений, для которых характерно наличие значительного фонда дефектных скважин, являющихся основными каналами вертикальных потоков флюидов);

- в районах, где не исключена возможность проникновения в хранилища поверхностных вод в различных аварийных ситуациях (наводнения, сели, прорывы дамб и плотин водо- и шламохранилищ, оседание земной поверхности под влиянием горных работ и т.п.).

Существенное значение имеет наличие способов и средств, позволяющих при необходимости оперативно и с полной гарантией навечно перекрыть выработки, через которые производственные отходы будут подаваться в выработанные пространства.

Таким образом, исходя из концепции минимизации риска, связанного с возможным негативным воздействием захороняемых токсичных промышленных отходов на окружающую среду, к подземным хранилищам должны предъявляться требования не только общего санитарно-гигиенического характера, но и требования, учитывающие условия их размещения в геологической среде. В рамках такого подхода в случае нарушения герметичности подземных хранилищ и проникновения компонентов отходов из хранилища в геологическую среду их распространение будет определяться особенностями тектонического строения и гидрогеологическими условиями района размещения данных объектов.

2.5. Хранение не утилизируемых отходов в подземных накопителях

Концепция избавления биосферы от токсичных отходов в последние десятилетия развивалась во всем мире стремительными темпами. «Застрельщиком» в этом выступила Федеративная Республика Германия, где высокая стоимость земли сочетается с высокоразвитой горнодобывающей и перерабатывающей промышленностью, при функционировании которой образуется большое количество токсичных отходов и где при добыче полезных ископаемых в недрах создаются большие объемы неиспользуемых пустот.

Суть изменений, которые стали вноситься в ранее существовавшую концепцию, сводилось к тому, что значительную часть отходов нецелесообразно сжигать или подвергать нейтрализации, а необходимо захоронить или складировать в геологических формациях, являющихся природными изоляторами, поскольку при современном уровне науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых, не подлежащих сжиганию и неподдающихся нейтрализации токсичных отходов, и в связи с тем, что их размещение и накопление на земной поверхности представляет серьезную угрозу жизнедеятельности человека и биосфере в целом, а в будущем возможно их использование.

Геологическими формациями-изоляторами, потенциально пригодными для гарантированного вывода из биосферы любых токсичных отходов, являются: соленосные толщи, толщи глин, вулканические породы, туфы, гнейсы, граниты, эффузивы и другие геологические формации.

Естественно, что наиболее привлекательными для захоронения и складирования токсичных отходов являются те из названных толщ, в пределах которых уже существуют горные выработки, образованные при добыче соответствующих полезных ископаемых (каменной и калийной солей, строительных материалов и т. п.). Ибо при этом в распоряжение организаций, которые будут выводить отходы из окружающей среды таким способом, попадет в готовом виде вся инфраструктура горнодобывающего предприятия, необходимая для его функционирования (шахтные стволы, шахтный подъем, вентиляция, надшахтные здания, околоствольные дворы, электроподстанции, все коммуникации и т. д. и т. п.). Это существенно удешевляет и упрощает все работы, связанные с захоронением и складированием токсичных отходов в природных изоляторах. И в особенности в тех случаях, когда для этой цели оказываются пригодными уже существующие горные выработки, если их образование не вызывает опасности возникновения нарушений сплошности в окружающем массиве, воздухе и водопроводящих комплексах.

Размеры и срок службы подземного хранилища промышленных отходов определяются технико-экономическим обоснованием. При размещении в хранилище отходов, требующих постоянного наблюдения за их состоянием, или отходов, переработка которых возможна в обозримом будущем, срок устойчивости выработок хранилища, а соответственно и самого хранилища, должен быть рассчитан на этот период.

В последние годы реализация концепции надежного избавления окружающей среды от нереализованных, не уничтоженных и не нейтрализованных токсичных отходов путем их захоронения и складирования в геологических формациях, являющихся природными изоляторами, стала набирать темп.

Материалы по проектированию технологических схем, выбору методов и организации производства процессов утилизации, обезвреживания и захоронения по типам промышленных отходов представляются проектной организации заказчиком проекта, который, в свою очередь, получает их от соответствующих министерств, ведомств, акционерных обществ.

В Приложении 3 представлена полная классификация объектов размещения отходов.

2.6. Выбор места размещения накопителей-хранилищ не утилизируемых отходов

Согласно современным требованиям размещение не утилизируемых промышленных отходов должно осуществляться в пределах специальных полигонов, обеспечивавших их изоляцию и экологическую безопасность на такой срок, пока они не станут безвредными для человека или не будут разработаны экономически приемлемые технологии их переработки и последующего использования.

К подземным хранилищам промышленных отходов относятся такие, которые располагаются в удаленных от земной поверхности геологических формациях, обеспечивая долговременную изоляцию отходов от биосферы.

Подземные хранилища являются природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора и размещения отходов (в том числе и токсичных) промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений. Размещение промышленных отходов в хранилищах может преследовать две цели – их последующее использование (хранение) и навечное захоронение.

Количество и мощность хранилищ определяются технико-экономическим обоснованием их строительства. Подземные хранилища могут создаваться как самостоятельные предприятия или существовать совместно с горнодобывающими предприятиями на его шахтном поле.

В соответствии с классификацией отходов (см. Приложение 2, табл. 1, 3, 4) представляется целесообразным рассмотреть необходимые требования к выбору места расположения хранилища, его проектированию, строительству и эксплуатации (Приложение 3, табл.1 и 2). При складировании нескольких типов отходов может возникнуть необходимость в размещении каждого из них в отдельной камере (выработке), если они не совместимы друг с другом. Кроме того, следует предусмотреть пути и механизмы доставки отходов, определить последовательность доставки в хранилище, разработать способы нейтрализации, если отходы токсичные, и мероприятия по уборке незапланированного просыпа и пролива отходов .

В общем виде подземное хранилище представляет собой сложное сооружение, состоящее из наземного и подземного комплексов и соединяющих их выработок, предназначенных для доставки отходов в хранилище, проветривания и проведения необходимых наблюдений за состоянием выработок и самих отходов.

Подземное хранилище является дорогостоящим сооружением, поэтому оно должно быть ориентировано на прием отходов I, II, III и, при необходимости, IV классов опасности, перечень которых в каждом конкретном случае согласовывается с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы, заказчиком и разработчиком проекта хранилища, а при размещении хранилища на территории горнодобывающего предприятия – с этим предприятием.

Твердые промышленные отходы IV класса в основе своей являются инертным и нетоксичным материалом. По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, гортехнадзора и администрацией горнодобывающего предприятия они могут размещаться в выработанном пространстве в качестве закладки или же при согласовании с учреждениями коммунальной службы могут вывозиться на полигоны складирования городских бытовых отходов и применяться в качестве изолирующего материала.

Размещение взрывоопасных отходов может представлять опасность при транспортировке, складировании и хранении. Для уменьшения опасности (до размещения отходов в хранилище) целесообразно предусматривать возможные мероприятия по переводу их из одного класса в другой: по переводу из взрывоопасных в невзрывоопасные, из самовозгорающихся в несамовозгорающиеся, из выделяющих при разложении вредные газы в не выделяющие их, из растворимых в воде в нерастворимые.

Перевод отходов из одной группы в другую необходимо производить на предприятиях в соответствии с имеющимся оборудованием и технологией. Для уменьшения объема отходов целесообразно предусматривать обезвоживание или флегматизацию жидких и прессование твердых промышленных отходов на предприятиях – производителях отходов. Высвобождающуюся воду можно пустить в технологический процесс, уменьшив объем отходов и количество доставочных средств.

При малых объемах работ, а соответственно, и малом объеме отходов бывает технически и экономически нерационально обезвоживать и обезвреживать отходы на самом предприятии, выгоднее построить завод по обезвоживанию, обезвреживанию и прессованию отходов.

Помимо геологических формаций, являющихся безусловными изоляторами, для вывода токсичных отходов из биосферы могут использоваться и те толщи, заключенные в них, которые не являются проводниками вод и рассолов. Для этого и в тех, и в других толщах должны существовать природные

или создаваться техногенные объекты, пригодные или предназначенные для этой цели.

Основными природными объектами, которые могут использоваться для вывода токсичных отходов из биосферы, являются пласты-коллекторы, освобождающиеся при отборе из них нефти и газа, а также располагающиеся на больших глубинах (5 и более км) толщи трещиноватых пород, сквозь которые не циркулируют воды и рассолы.

Возможность использования природных объектов этих двух типов для надежного вывода токсичных отходов из окружающей среды, как правило, не требует дополнительных обоснований, так как полная изоляция их от биосферы существует миллионы лет.

К основным техногенным объектам, пригодных при определенных условиях для использования с той же целью, относятся :

- выработанные пространства, образованные при добыче соледержащих полезных ископаемых (каменной соли, калийных солей) как через скважины методом подземного выщелачивания, так и шахтным способом;
- выработанные пространства, образованные при шахтной добыче строительных материалов (гипсов, туфов, мраморов) и различных руд;
- выработанные пространства, образованные при подземной выплавке серы и подземном сжигании угля с целью получения газа;
- выработанные пространства, образованные в нетрещиноватых породах специально для захоронения и складирования токсичных отходов (в глинах, в солях, в гранитах, гнейсах и эффузивах);
- зоны разуплотнения, разрыхления и расслоения, возникшие в породной толще над и под выработанными пространствами, образующимися при добыче полезных ископаемых;
- конверсируемые военные объекты различного назначения (ракетные шахты, подземные склады и т.п.);

Во всех геотектонических обстановках неблагоприятные для захоронения ПО условия характерны для районов активизации новейших движений.

Хранилища жидких, пастообразных или растворимых в воде промышленных отходов следует размещать на участках со слабофильтрующими породами, характеризующимися коэффициентом фильтрации не более 10 см/с. При необходимости размещения отходов в более проницаемых грунтах в камерах хранилища следует предусматривать технические мероприятия по исключению проникновения отходов в подземные и грунтовые воды, а также по исключению воздействия на отходы грунтовых вод. В качестве таких ме-

роприятий можно использовать тампонаж окружающих пород, создание гидроизоляционного слоя, возведение противифльтрационных завес и т.п.

Для создания подземных хранилищ токсичных промышленных отходов не следует использовать выработанные пространства горных предприятий, расположенных в городах и рабочих поселках или непосредственно к ним примыкающих. Требования к местам спуска в подземное хранилище токсичных промышленных отходов и выхода вентиляционной струи, проходящей через такое хранилище (промплошадка), должны соответствовать «Санитарным правилам» и СНиПам для полигонов по захоронению токсичных промышленных отходов (задание студенту – продолжить формирование списка нормативной литературы по данной теме). Подземное захоронение промышленных отходов может быть организовано на различных глубинах и в различных гидродинамических зонах литосферы. Согласно этому хранилища подразделяются на:

- неглубокие (близповерхностные) – в зоне аэрации и активного водообмена;
- среднеглубокие (промежуточной глубины) – ниже зоны активного водообмена, но не глубже 2000 м, в пределах пластовых температур до 50 – 70°C;
- глубокие – на глубинах свыше 2000 м.

Для обеспечения безопасного функционирования близповерхностных хранилищ из-за опасности загрязнения подземных вод они должны размещаться в объеме геологических тел с низкой гидравлической и диффузионной проницаемостью (в глинах, туфах и т.п.) и создаваться защитные сооружения (системы дренажа, гидрозавес и т.п.).

Среднеглубокое захоронение целесообразно и эффективно в объеме мегаблоков кристаллического фундамента платформ. Наиболее оптимально создание такого рода хранилищ в пределах неглубоко залегающих (500-2000 м) депрессий с незначительной динамикой подземных вод.

Глубокое захоронение промышленных отходов может быть реализовано в разрезе кристаллических образований фундамента и в осадочных породах, перекрытых выдержанными толщами (глинами мощностью от 50 до 100 м и более, стратифицированными соляными толщами).

2.7. Использование промышленных отходов в качестве заполнителя при рекультивации карьеров

При добыче полезных ископаемых неизбежно образуется большое количество отработанных карьерных выемок, негативно влияющих на различные элементы природной среды: нарушение геоморфологии, гидрологического и гидрогеологического режимов, загрязнение подземных горизонтов, ландшафтные изменения (табл. 4).

Таблица 4

Классификация негативных воздействий на окружающую среду

Объект воздействия	Проявление
Литосфера	Оползни, оплывание, эрозия склонов и основания выработки, интенсификация карста, просадка лессовых пород; истощение плодородного слоя; изменение микрорельефа; выветривание и обрушивание склонов.
Гидросфера	Нарушение режима и загрязнение подземных вод и малых рек; оседание и провалы поверхности из-за суффозии; заболачивание почвогрунтов; подтопление территории и угнетение растительности.
Атмосфера	Загрязнение воздуха карьерной пылью; возникновение застойных аэродинамических зон; изменение состава воздуха в ареале глубоких карьеров.
Ландшафт	Усиление контрастности рельефа; овраго- и оползнеобразование; смещение пород на склонах; понижение поверхности в прикарьерном пространстве.

Частичный возврат территории в безопасное хозяйственное пользование достигается путем выполаживания откосов, планировки днища, фитомелиорации и заполнением всего свободного пространства выемки карьера. Практически единственной альтернативой природным рекультивационным материалам (кондиционные и отвальные грунты) являются крупнотоннажные промышленные и/или бытовые отходы.

Опасность промышленных отходов предполагает их предварительное обезвреживание и обработку для снижения класса токсичности и перевод из одного класса опасности в другой, например из взрывоопасных в невзрывоопасные, из самовозгорающихся в несамовозгорающиеся и т. д.

При выборе отходов для рекультивации карьеров необходимо учитывать следующие факторы:

- Эколого-гигиенический – допустимость использования с точки зрения безопасности для людей и окружающей среды;
- Ресурсный – наличие достаточного для заполнения карьера количества отхода;

- Реакционная способность – химическая индифферентность компонентов отхода;

- Инженерно-геологический – сходство отхода с природными материалами карьера.

Благодаря медленному протеканию физико-химических процессов происходит трансформация компонентов отходов. Присутствие растворителей и углеводов приводит к набуханию полимеров, эмульсии и коллоиды которых пропитывают минеральную часть отходов. Гидролиз солей тяжелых металлов приводит к образованию малорастворимых оксидов и гидроксидов. Данные процессы интенсифицируются в результате экзотермических реакций и затрудненного оттока тепла. Содержание отходов в рекультивируемом карьере в течение 5 – 6 лет приводит к образованию почти однородной резиноподобной массы и детоксикации отходов.

Сводная классификация видов работ по рекультивации карьеров с использованием предварительно подготовленных в зависимости от их целевого назначения отходов представлена в Приложении 4.

Таким образом, рекультивация карьеров не утилизируемыми промышленными отходами позволяет решить проблему их размещения с минимальным экологическим ущербом, при этом достигается уменьшение неблагоприятного воздействия со стороны техногенно нарушенных территорий.

2.8. Размещение радиоактивных отходов

Захоронение и складирование в геологических формациях, являющихся природными изоляторами, в сочетании с несколькими инженерными барьерами, призванными препятствовать распространению токсичных отходов в окружающую среду, составило основу концепции надежного вывода из биосферы радиоактивных отходов (РАО) различной активности, принятую МАГАТЭ.

В США в 80-х годах были разработаны могильники для РАО в пустотах от разработки соляных и золоторудных месторождений. В Германии РАО захороняются в соляных и железорудных выработках. В остальных странах Западной Европы, а также в Канаде и на Кубе разработка технологий захоронения РАО в геологических формациях также ведется уже в течение нескольких лет. В последние годы геологические и геофизические изыскания на предмет выбора тех участков недр, в которых существуют природные породные изоляторы, способные безопасно использоваться для этой же цели, начаты в

странах Восточной Европы и в странах СНГ (Украина и Белоруссия). Первоочередность захоронения в недрах РАО, хотя последние и составляют всего около 1% от общего количества неиспользуемых токсичных отходов, диктуется тем, что они представляют для человечества наибольшую опасность.

3. УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Проблема переработки и утилизации твердых отходов производства и потребления продолжает оставаться одной из наиболее острых. Несмотря на большое количество проектов создания аппаратов по экологически чистой утилизации опасных веществ и их смесей у большинства из них рано или поздно обнаруживаются серьезные недостатки и просчеты в конструкциях.

3.1. Переработка отходов в высокотемпературной шахте

Работниками НИЦ «Экология и промышленная энерготехнология» Объединенного института высоких температур РАН и АОЗТ «Резонант» был разработан способ переработки отходов в высокотемпературной шахте. Поскольку доменные печи могут работать только на дорогостоящем коксе, то для переработки отходов их необходимо реконструировать. Доменные печи оснащаются воздушными фурмами (3 – 5 шт.), подающими в печь горячий воздух на уровне жидкой металлической ванны, т.е. несколько выше обычного. Это позволяет значительно повысить температуру жидких продуктов в печи (на 200 – 300 °С), вводить в шихту определенное количество угля (вместо кокса) и превращает обычную доменную печь в высокотемпературную шахтную печь. В приложении на основе работы существует схема технологического комплекса высокотемпературной шахты.

В США фирмой «Андко-Торрекс» (г. Буффало) в течение 6 лет эксплуатировалась шахтная печь на основе доменной печи с производительностью 2,8 т отходов в час (24000 т. в год). Ее экологические показатели соответствовали требованиям санитарных норм всех стран. Впоследствии аналогичные и более производительные установки стали появляться и в других странах, однако несбалансированность горючих компонентов в перерабатываемых отходах может привести к преждевременному выходу из строя установки. Для предотвращения такого рода отказов необходимо добавлять в шихту 50 – 100 кг низкосортного угля на тонну перерабатываемых отходов.

Для придания образующимся в печи шлакам большей легкоплавкости и меньшей вязкости, повышении степени поглощения шлаками серы и галогенов следует вводить в шихту небольшое количество известняка, что также способствует стабилизации работы печи при допустимых экологических и экономических показателях.

При достижении определенного температурного запаса через горн (но не через засыпной аппарат) можно загружать в печь жирные и бурые угли, пластмассовые и хлорвиниловые отходы, отходы нефтепродуктов, автомобильные покрышки, лакокрасочные изделия и т. п. Степень очистки дымовых газов в системах обычных доменных печей достаточно высока и качество их проверено в промышленных условиях многих стран мира.

Возможно использование шлаков в качестве сырья для производства облицовочных плит, возможна попутная выплавка чугуна или стали.

3.2. Переработка отходов на основе сжигания в барботируемом расплаве шлака

Институтом «Гинцветмет» (г. Москва) совместно с другими российскими организациями была разработана технология переработки (утилизации) твердых бытовых и промышленных отходов на основе так называемого принципа Ванюкова, превосходящая по экологическим и экономическим показателям широко распространенные в мире термические методы.

Существуют четыре модификации установки, разработанной компанией «Гинцветмет», для переработки отходов: МПВ – 30, МПВ – 60, МПВ – 120, МПВ – 240, отличающихся по производительности, количеству затрат различных ресурсов - электроэнергии, воды, топлива) .

Суть технологического процесса заключается в высокотемпературном разложении компонентов рабочей массы в слое барботируемого шлакового расплава при температуре 1250 – 1400 °С и выдерживании их в течение 2 – 3 секунд, что обеспечивает полное разложение всех сложных органических соединений (в том числе дибензодиоксинов и дибензофуранов) до простейших компонентов. Экологическая эффективность подтверждена крупномасштабными испытаниями на полупромышленной барботажной печи при переработке обычного бытового мусора от жилых домов на опытном заводе Гинцветмета в г. Рязани: уже на выходе пылегазового потока из печи отсутствуют высокотоксичные соединения типа диоксинов, фуранов и др. Остающиеся вредные микропримеси (пылевозгоны, хлористый водород, сернистые соединения

и др.) улавливаются и нейтрализуются благодаря высокоэффективной пылегазоочистной системе оборудования, широко применяемого на заводах цветной металлургии.

Заводы имеют следующие основные преимущества:

- Обеспечивают решение острой социально-экологической проблемы – очистку от отходов территорий промышленных районов и городов при полной экологической безопасности.

- Отличаются простотой, в отличие от известных процессов не требуют предварительной сортировки и не имеют ограничений по исходной влажности отходов.

- Могут быть построены и введены в эксплуатацию в течение 1 – 2-х лет при небольших капитальных затратах, практически в любом районе России и за рубежом.

- Являются рентабельными и окупаются при оптимальной производительности в 4 – 5 лет с начала строительства (1 – 2 года эксплуатации).

- Позволяют перерабатывать промышленные отходы, переработка которых либо не рентабельна, либо еще не разработана.

- При оптимальной производительности полностью обеспечивают себя электроэнергией, кислородом, сжатым воздухом и теплом.

- Избытки электроэнергии, тепла и продуктов разделения воздуха от кислородной станции (кислород, аргон, азот) используются для нужд населения и города (других промышленных предприятий).

- Являются безотходными, не имеют требующего утилизации остатка и, следовательно, полигона для его захоронения.

- При проектировании и строительстве предусматривают применение типового оборудования и типовых строительных конструкций, в том числе полной заводской готовности.

Модули топок, кроме МПВ-30, работают в автогенном режиме (т. е. без дополнительного топлива) за счет теплотворности самих отходов. Теплом отработанного пара турбогенератора в зависимости от мощности модуля можно отапливать от 3 до 30 гектаров тепличных хозяйств. Получаемый шлак используется для изготовления строительных изделий (минеральная вата, декоративная керамическая плитка, фундаментные блоки и др.), а также для строительства дорог. Из газов топки возможно получение товарной угольной кислоты (сухого льда) и метанола (сырья для получения высокооктанового бензина). Условная экономия земельных площадей при переработке 120 тыс. тонн отходов (базовый модуль МПВ-120) за счет высвобождения ее при лик-

видации или сокращении полигонов составит 150 га при продолжительности эксплуатации модуля в течение 30 лет.

Барботаж осуществляется за счет подачи через стационарные дутьевые устройства окислительного дутья. Отходы рассматриваются как топливо с теплотворной способностью 1500 – 1800 ккал на кг при влажности 51,7 %. Переработка осуществляется автогенно без добавления топлива на дутье, с обогащением кислородом до 50 – 70 %. Комплекс по утилизации отходов позволяет перерабатывать шихту без предварительной сортировки и сушки со значительными колебаниями по химическому и морфологическому составу.

Экологическая безопасность достигается за счет отсутствия на выходе из печи высокотоксичных соединений и применения системы очистки газа, имеющей запас по пропускной способности и рассчитанной на улавливание практически всех возможных вредных соединений, встречающихся в бытовых и промышленных отходах и образующихся при их переработке.

Отходы и флюсы поступают на завод автотранспортом. Материалы взвешиваются и проходят дозиметрический контроль. В результате переработки образуются: газы, содержащие продукты сгорания и разложения отходов, и шлак, состоящий из силикатов и оксидов металлов. Возможно образование донной фазы, содержащей черные и цветные металлы. Шлак после водной грануляции поступает на предприятия стройиндустрии или на строительство автодорог. Донная фаза отливается в слитки и отправляется на переработку на предприятия черной и цветной металлургии. Газы охлаждаются в газоохладителе с получением пара энергетических параметров, очищаются от пыли, возгонок, вредных примесей и сбрасываются в дымовую трубу. Пылевывнос не более 2 – 3 %. Крупная пыль до 60 % по массе возвращается в печь. Мелкая пыль: концентрат тяжелых цветных металлов (цинк, свинец, кадмий, олово) отправляется потребителю. Кроме этого, в качестве товарной продукции можно получать электроэнергию, тепло (отработанный пар), азот жидкий, аргон жидкий, аргон газообразный.

Независимо от мощности в состав модуля входят следующие объекты:

- Автомобильные платформенные весы;
- Дозиметрический пункт контроля уровня радиации;
- Главный корпус в составе:
 - приемного склада отходов;
 - отделения переработки;
 - отделения очистки газов;
 - отделения грануляции шлаков;

- турбогенераторной станции.
- Кислородная станция.
- Газорегуляторный пункт.
- Узел оборотного водоснабжения.
- Очистные сооружения промливневой канализации.
- Насосная станция бытовых сточных вод.
- Главная понизительная подстанция.

Унифицированные модули являются рентабельными и окупаются при оптимальной производительности в условиях средней полосы России за 4-5 лет с начала строительства.

3.3. Высокотемпературная переработка отходов в электротермическом реакторе

Высокотемпературная переработка твердых отходов – это единственная гарантия уничтожения опаснейших биологических, биохимических, химических продуктов и супертоксикантов – диоксинов и диоксиноподобных веществ.

Во Владимире и Владимирской области ведутся работы по переработке твердых промышленных и бытовых отходов, в том числе отходов лечебных учреждений, с помощью электротермического способа с получением синтез-газа для его последующего использования в качестве дешевого топлива с высокой теплотворной способностью. Сущность технологии заключается в электротермическом нагреве массы реактора до температуры от 300 до 2000 °С, с подачей в зону реактора твердых отходов и воды. В перспективе возможно создание промышленной установки для ликвидации таких отходов.

Многие специалисты считают, что решение проблемы использования отходов невозможно без того, чтобы их переработке предшествовала сепарация по группам с использованием каждого компонента в качестве сырья. Однако, если сепарация экономически нецелесообразна, то их следует перерабатывать на установках под воздействием высокой температуры. В то же время такое воздействие не может не вызвать образование вредных веществ, в частности образование одного из опаснейших классов веществ, которые все чаще стали упоминаться экологами и другими специалистами, - галоидированных диоксинов и диоксиноподобных веществ (ДО).

ДО – это супертоксиканты, особо вредные и опасные продукты синтетической химии, побочные продукты ряда химических производств и попутные микровыбросы промышленности и хозяйственной деятельности человека. ДО

– практически нигде не упоминающийся до 90-х годов в учебной и научной литературе, класс опаснейших веществ. В отличие от простейших диоксинов, галоидсодержащие диоксины (ДО) представляют собой хлорированные или бромированные бензольные кольца, соединенные кислородными мостиками. Это так называемые полихлордибензодиоксины и полихлордибензофураны и соответственно полибромдибензодиоксины и полибромдибензофураны. Особую опасность диоксины представляют в связи с тем, что, несмотря на свою нерастворимость в чистой воде и в чистом воздухе, эти опасные вещества легко растворяется в воде, содержащей гуминовые кислоты или фульвокислоты из почвенного гумуса ввиду их высокой способности к комплексообразованию с составными частями гумуса. С аэрозолями воздуха ДО образует комплексные соединения и благодаря их высокой способности к прилипанию они хорошо переносятся не только по земле, но и по воздуху. В почве ДО разлагаются в течение 20 – 30 лет и более, в воде разложение ДО длится от 2-х лет и более. Находясь в сфере обитания, ДО накапливаются в тканях живых организмов ввиду их большого сродства с белком.

Основными источниками диоксинов являются:

- Химическая промышленность - 86%;
- Целлюлозно-бумажная промышленность - 6%;
- Цветная металлургия - 2-3%;
- Коммунальное хозяйство - 3%;
- Переработка промышленных и бытовых отходов - до 3%.

В химической промышленности главным источником поступления ДО в сферу обитания является производство хлор- и бромсодержащих препаратов. Наблюдается рост загрязнения ДО вследствие беспрепятственного переноса их по многим пищевым цепям, особенно продуктами мясного и молочного характера. Действие диоксинов, находящихся в природной среде в следах, опасно тем, что оно практически не обнаруживается обычными способами анализа. В то же время, накапливаясь в живом организме, диоксины являются причинами возникновения многих онкологических заболеваний, гиперхолестеринемии и т.п.

При всей актуальности анализа на ДО природных объектов для его проведения требуются специальные методы анализа (концентрирование и отделение от фоновых веществ, определение с помощью газовой хроматографии и масс-спектрометрии с высокой разрешающей способностью).

В последние годы типичным источником заражения галоидированными ДО природной среды, кроме названных производств, является низкотемпера-

турное сжигание отходов. Специальные испытания ряда зарубежных специалистов показали, что диоксины устойчивы к воздействию высокой температуры. Более того, при температуре 800 °С происходит образование бромсодержащих ДО, а не их разрушение. Исследования последних лет показали, что только при температуре 1200 – 1400 °С в течение 4 – 7 часов происходит необратимое разрушение галоидированных ДО. Следовательно, именно переработка опасных отходов при таких условиях является наиболее экологически безопасной и экономически оправданной. При таких условиях разрушаются также и другие вредные вещества.

Реализация промышленной установки по высокотемпературной переработке промышленных и бытовых отходов позволит полностью решить проблему отходов в крупных городах и тем самым обезопасить население от распространения вредных химических, биохимических и биологических отходов.

Пуск и работа промышленной установки по утилизации отходов позволит получать в процессе утилизации синтез-газ, который может быть использован в качестве топлива с высокой теплотворной способностью.

Работа установки по высокотемпературной переработке твердых отходов (1500 °С) и получение синтез-газа – это наиболее экономически оправданный и экологически безопасный и надежный способ ликвидации многих токсичных веществ и одного из типичных путей распространения галоидированных диоксинов и диоксиноподобных веществ, опаснейших ядов, чрезвычайно опасных для человека и других организмов.

3.4. Огневая регенерация

В основу этого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием практически нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. С использованием данного метода возможно получение ценных продуктов: отбеливающей земли, активированного угля, извести, соды и др. материалов. В зависимости от химического состава отходов дымовые газы могут содержать SO_x , P, N_2 , H_2SO_4 , HCl, соли щелочных и щелочноземельных элементов, инертные газы.

Огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов. Эта разновидность огневого обезвреживания обеспечивает не только природоохранные, но и ресурсосберегающие цели.

Для достижения требуемой санитарно-гигиенической полноты обезвреживания отходов необходимо, как правило, экспериментальное определение оптимальных температур, продолжительности процесса, коэффициента избытка кислорода в камере горения, равномерности подачи отходов, топлива и кислорода. Протекание процесса обезвреживания в неоптимальных условиях приводит к появлению компонентов в продуктах сгорания и, в первую очередь, в дымовых газах.

Сибирским филиалом НПО «Техэнергохимпром» разработаны камерные, барабанные, циклонные, комбинированные печи, используемые в зависимости от состава, физико-химических свойств и агрегатного состояния отходов. Дополнительно был разработан дожигатель, предназначенный для обезвреживания газовых выбросов, содержащих органические вещества с концентрацией не более 10 г/м^3 . После полного обезвреживания содержание в выбросах СО не более 40 мг/м^3 , NO_x не более 10 мг/м^3 .

3.5. Пиролиз промышленных отходов

Существует два различных типа пиролиза токсичных промышленных отходов.

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Данный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгорают при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.

Метод окислительного пиролиза является перспективным направлением ликвидации твердых промышленных отходов и сточных вод.

Сухой пиролиз. Этот метод термической обработки отходов обеспечивает их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных и безотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Сухой пиролиз – процесс термического разложения без доступа кислорода. В результате образуется пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкий продукт и твердый углеродистый остаток.

В зависимости от температуры, при которой протекает пиролиз, различается:

1. Низкотемпературный пиролиз или полукоксование (450 – 550 °С). Для данного вида пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукокс) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первичной смолы – ценного жидкого топлива, и для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука. Полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива.

2. Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование (до 800 °С) дает выход большего количества газа с меньшей теплотой сгорания и меньшего количества жидкого остатка и кокса. При этом процесс пиролиза бытовых отходов имеет несколько вариантов:

- пиролиз органической части отходов под действием температуры в отсутствие воздуха;
- пиролиз в присутствии воздуха, обеспечивающего неполное сгорание отходов при температуре 760°С;
- пиролиз с использованием кислорода вместо воздуха для получения более высокой теплоты сгорания газа;
- пиролиз без разделения отходов на органическую и неорганическую фракции при температуре 850°С и др. Повышение температуры приводит к увеличению выхода газа и уменьшению выхода жидких и твердых продуктов.

Преимущество пиролиза по сравнению с непосредственным сжиганием отходов заключается, прежде всего, в его эффективности с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. С помощью пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, трудно поддающиеся утилизации, такие как автопокрышки, пластмасса, отработанные масла, отстойные вещества. После пиролиза не остается биологически активных веществ, поэтому подземное складирование пиролизных отходов не наносит вреда природной среде. Образующийся пепел имеет высокую плотность, что резко уменьшает объем отходов, подвергающийся подземному складированию. При пиролизе не происходит восстановления (выплавки) тяжелых металлов. К преимуществам пиролиза относятся и легкость хранения и транспортировки получаемых продуктов, а также то, что оборудование имеет небольшую мощность. В целом процесс требует малых капитальных вложений.

Установки или заводы по переработке ТБО способом пиролиза функционируют в Дании, США, ФРГ, Японии и других странах.

3. Высокотемпературный пиролиз или коксование (900 - 1050° С). Здесь наблюдается минимальный выход жидких и твердых продуктов и максимальная выработка газа с минимальной теплотой сгорания – высококачественного горючего, годного для далеких транспортировок. В результате уменьшается количество смолы и содержание в ней ценных легких фракций.

Технологическая схема этого способа предполагает получение из биологической составляющей (биомассы) отходов вторичного синтез-газа с целью его использования для получения пара, горячей воды, электроэнергии. Составной частью процесса высокотемпературного пиролиза являются твердые продукты в виде шлака, т. е. непиролизуемые остатки. Технологическая цепь этого способа утилизации состоит из четырех последовательных этапов:

1. Отбор из мусора крупногабаритных предметов, цветных и черных металлов с помощью электромагнита и путем индукционного сепарирования;

2. Переработка подготовленных отходов в газификаторе для получения синтез-газа и побочных химических соединений – хлора, азота, фтора, а также шлака при расплавлении металлов, стекла, керамики;

3. Очистка синтез-газа с целью повышения его экологических свойств и энергоемкости, охлаждение и поступление его в скруббер для очистки щелочным раствором от загрязняющих веществ – соединений хлора, фтора, серы, цианидов;

4. Сжигание очищенного синтез-газа в котлах-утилизаторах для получения пара, горячей воды или электроэнергии.

В последнее время многие компании переходят от простого сжигания отходов на двухступенчатый процесс, включающий стадию пиролиза (разложение органических веществ без доступа кислорода при относительно низких температурах 450°-800°С). Такой процесс оказывается энергетически более выгодным, чем простое сжигание. В результате пиролиза получают газ и твёрдый остаток пиролиза. Затем тот и другой продукты сразу же, без какой-либо дополнительной обработки, направляют в топку на сжигание. Часть газов пиролиза после конденсации может быть выведена из системы и использована в качестве жидкого топлива другими потребителями. Понятно, что при этом наблюдаются те же недостатки, что и при прямом сжигании отходов. В тех же случаях, когда газ пиролиза подвергается очистке от кислых газов типа хлористого водорода (HCl), экономически процесс становится достаточно дорогим из-за применения дорогого оборудования и использования дорогих

каустической или кальцинированной соды и не устраняется загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами.

По одному из вариантов процесса пиролиза, разработанного американской корпорацией «Пиролизис систем», измельченные отходы без разделения на органическую и неорганическую фракции подвергают разложению в реакторе при температуре 850°C. Образующийся газ содержит (в %): водорода – 19, метана – 17, оксида углерода – 25, предельных и непредельных углеводородов – 9, инертных газов – 30. Удельная теплота сгорания такого газа 18 МДж/кг. Подача отходов и удаление твердого остатка по этой технологии осуществляются с помощью виброконвейера.

Перспективным является превращение отходов в жидкое топливо. Этот метод основан на реакции взаимодействия отходов с оксидом углерода и паром в присутствии катализатора – (карбоната натрия) при температуре 250-400°C и избыточном давлении 14-28 МПа. В результате пиролиза образуется жидкое топливо с удельной теплотой сгорания 30–32,5 МДж/кг. Разработаны и другие варианты получения жидкого топлива из отходов.

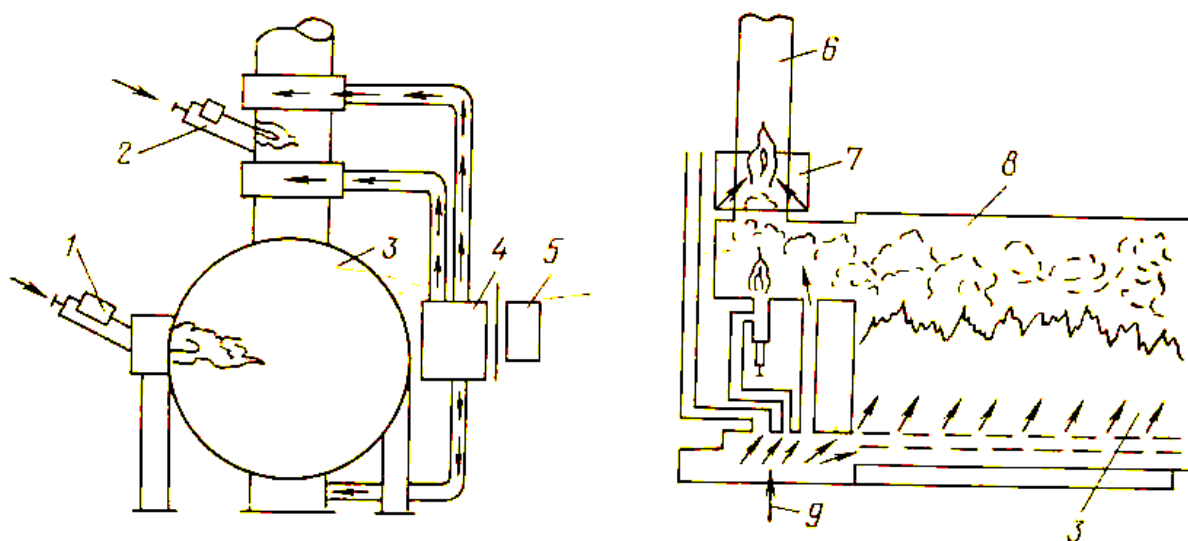


Рис. 18. Принципиальная схема однокамерной печи сжигания отходов с дожигателем, работающей при недостатке воздуха: 1 – горелка зажигания; 2 – горелка реактора; 3 – реактор; 4 – вентилятор; 5 – контрольно-измерительное оборудование; 6 – труба для отвода газа на очистку или в котел-утилизатор отходящего тепла; 7 – дожигатель с самоподдерживающимся направленным пламенем; 8 – дымовая зона; 9 – подача воздуха

Промежуточным вариантом между прямым сжиганием ТБО и их пиролизом являются модульные системы сжигания, работающие при нестехиометрических условиях. В пиролитическом режиме на этих установках образуются газы органических соединений, которые затем сгорают во второй ка-

мере или дожигателе (рис. 18). Как правило, такие установки применяются для сжигания относительно небольших количеств (до 100 т/сут) и монтируются непосредственно на предприятиях. Уменьшение объема воздушного потока способствует снижению уноса частиц с отходящими газами. Если при этом проводится доочистка отходящих газов, то достигаются минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу. Подавать отходы и удалять золу можно как вручную (первые модульные системы), так и механически. Для сжигания больших количеств отходов чаще всего применяют вращающиеся печи, обычно используемые в цементной промышленности, или горизонтальные печи с шнеком.

Сущность биологической переработки отходов заключается в смешивании органической части твердых отходов с водой, в которую вводят микроорганизмы и химикаты. Процесс включает в себя четыре стадии:

- подготовку исходного сырья – размельчение отходов и выделение из них органической фракции;
- биологическую обработку в автоклавах – выделение микроорганизмов, подача питательной среды для них и контроль pH путем введения добавок, обеспечивающих удовлетворительную работу автоклавов;
- обработку газов – отделение метана от диоксида углерода и следов сероводорода с последующей сушкой метана;
- удаление остаточных продуктов (твердых и жидких).

Перед подачей в автоклавы исходный материал смешивают с питательными веществами, химикатами и водой. Для регулирования pH и содержания сероводорода в исходное сырье добавляют известь и соли железа. В результате обработки в автоклаве получают два потока: газовый, содержащий метан, диоксид углерода и следы сероводорода, и жидкий, представляющий собой суспензию неразложившегося органического материала и остатка неорганических продуктов. Метан отделяют от диоксида углерода и сероводорода абсорбцией моноэтаноламином, который затем регенерируют нагреванием отработанного раствора и возвращают на абсорбцию. Очищенный метан после сушки гликолем поступает в систему газоснабжения. В зависимости от содержания органической части в отходах можно получить от 67 до 89% метана в синтез-газе. Сопоставление различных методов утилизации ТБО приведено в таблице 5.

Таблица 5

Расчетные экономические показатели (в долл./т) процессов переработки отходов (по данным США)

Процесс	Удельные капитальные затраты	Эксплуатационные расходы (без амортизации)	Прибыль	Чистые затраты
Сжигание измельченных отходов	6000-8000	5-8	3,0	2,5-5
Сжигание в котлах-утилизаторах	8000-13 000	7-12	3,5	4-9
Пиролиз	14 000-32 000	5-15	4,4-13,1	2,5-13,4
Биологическая переработка	22 000	9,4	8,2	4,8

В последние годы все чаще поднимается вопрос о целесообразности совместной обработки и использования осадков сточных вод с другими отходами методом пиролиза (рис. 19-21)..

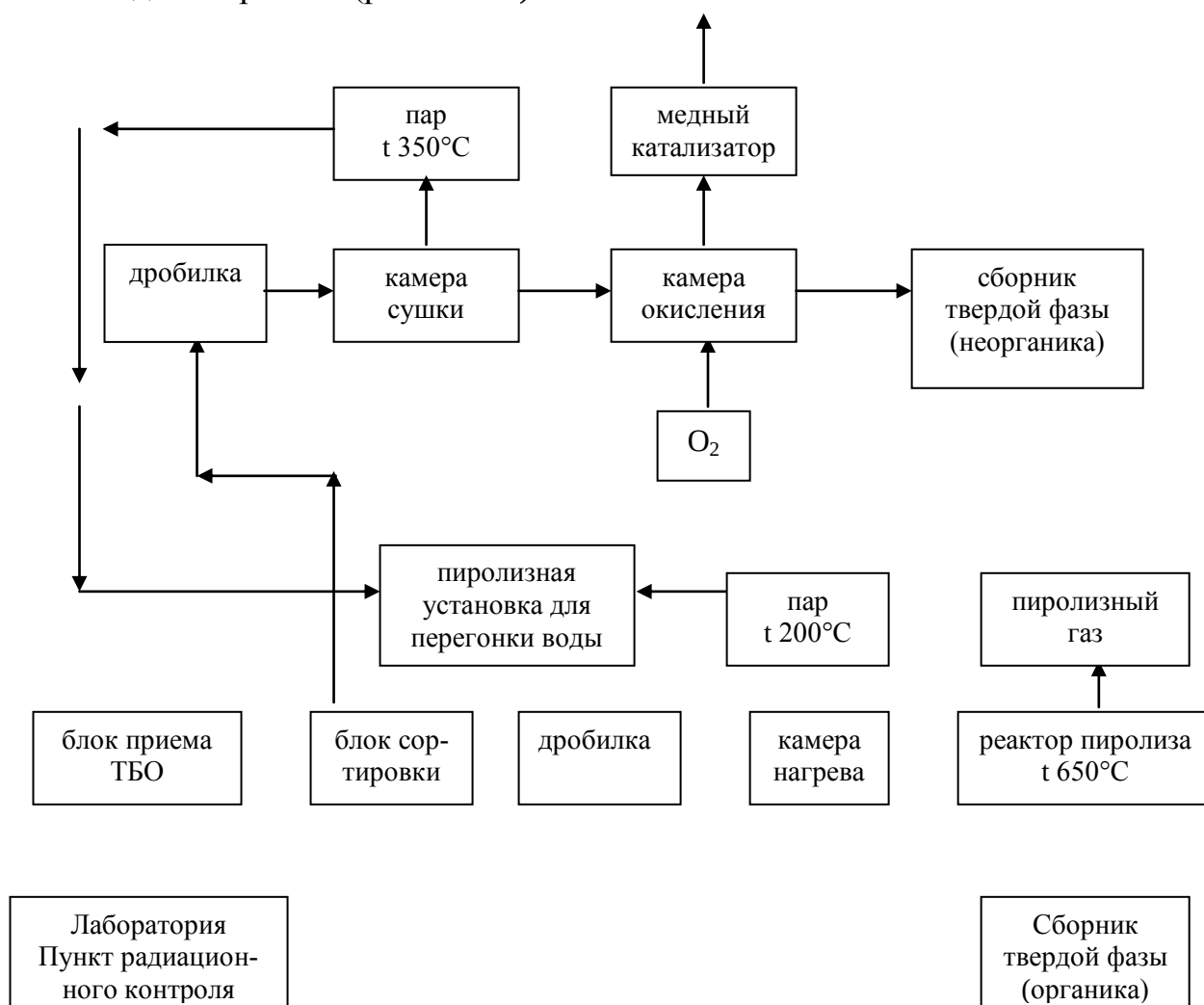


Рис. 19. Схема комплекса по переработке ТБО с помощью пиролиза

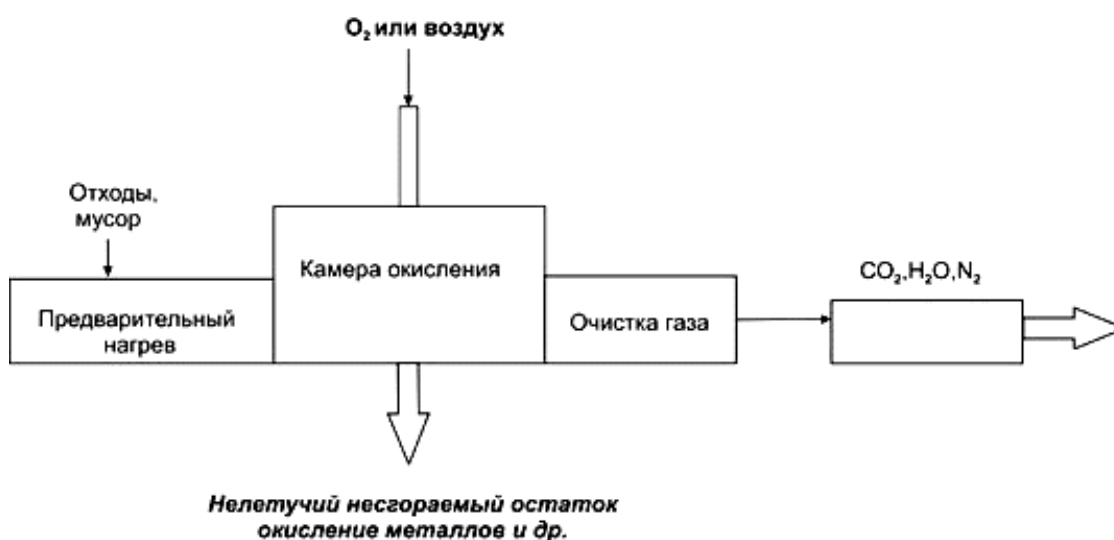


Рис. 20. Установка по окислению (уничтожению) элементарноорганических и органических соединений



Рис. 21. Пиролизная установка для перегонки воды.
Получение технической воды

К положительным примерам таких решений можно отнести **пиролиз осадков сточных вод совместно с ТБО** или с другими органическими отходами (осадками, шламами) промышленных сточных вод, с отходами промышленных предприятий (опилками, корой деревьев, торфом) и, наконец, с отходами агропромышленных комплексов.

Подобная совместная переработка отходов с целью получения полезных продуктов вполне оправдывает себя.

Решается комплексно проблема удаления, обработки и использования не только осадков сточных вод, но и других отходов.

При смешении осадков сточных вод с другими отходами в последних, как правило, увеличивается содержание органических веществ, что положительно отражается на выходе полезных продуктов.

При смешении осадков сточных вод с отходами меньшей влажности упрощается обезвоживание и сушка общей массы. По отношению к осадкам, обезвоживание которых обычно протекает сложно и дорого, добавка даже части других дробленых отходов действует подобно ретурну – исключает необходимость обезвоживания осадков или смеси отходов.

Совместная пиролизная обработка осадков сточных вод с другими отходами направлена на решение экологических проблем территории.

Для иллюстрации взаимного положительного влияния смешения осадков сточных вод с твердыми бытовыми отходами города для последующего совместного пиролиза ниже приводится пример возможного решения задачи применительно к условиям Санкт-Петербурга.

В Санкт-Петербурге проживает более 5 млн. человек. Выделение ТБО на 1 человека равно 3 л в сутки, или 1 м^3 в год, при влажности 40%, плотности $0,25 \text{ т/м}^3$, содержании органических веществ 65%. Осадки на всех трех очистных станциях города (Центральная, Северная, Южная) выделяются в количестве 30 тыс. м^3 /сутки, или 10 800 тыс. м^3 в год при влажности 96,5%, плотности осадка 1 т/м^3 , содержании органических веществ 76%. При рациональном совместном уплотнении активного ила с осадками из первичных отстойников влажность смеси уменьшается до 95-94%. При смешении осадков сточных вод с измельченными твердыми бытовыми отходами города средняя влажность смеси составляет около 80%, что практически соответствует влажности осадков после обезвоживания их на центрифугах. Среднее содержание органических веществ в смеси равно 72,8%, что превышает содержание их в ТБО на 7,8%.

Приведенные данные доказывают реальную возможность и экономичность совместной обработки, позволяющей исключить из технологической схемы пиролиза дорогостоящее механическое обезвоживание.

Сжигание в псевдоожиженном слое – это относительно новая технология обезвреживания активного ила и подобных ему отходов. Основными операциями переработки отходов являются: удаление крупных частиц из отходов, обезвоживание до 50% влажности, измельчение отходов, сушка, сжигание, очистка отходящих газов.

Камера сгорания представляет собой колонну с футеровкой, заполненную горячим песком или глиноземом с температурой 760-810°C (пирофлюидная технология). Ил вводится в печь потоком воздуха и при высыхании сгорает, передавая большую часть тепла песчаной насадке.

Для обезвреживания осадков биологических очистных сооружений немецкая фирма «DORR-OLIVER GmbH» (г. Висбаден) производит и продает установки по сжиганию в псевдоожиженном слое. Установки этой фирмы позволяют обезвреживать также отработанные масла и органические растворители. В Санкт-Петербурге для обезвреживания активного ила очистных сооружений Водоканала Санкт-Петербурга в 1997 г. по лицензии фирмы «DORR-OLIVER GmbH» построена и пущена в эксплуатацию установка с псевдоожиженным слоем. Концентрация не сожженных органических веществ в золе не превышает 2%, производительность установки – 10-50 т/сутки. Стоимость сжигания одной тонны ила – 50 долл. США .

Установки с псевдоожиженным слоем требуют в 2-3 раза более высоких капитальных вложений, чем вращающиеся печи. Поэтому в Европе они постепенно вытесняются газификационными печами.

Газификационная технология обезвреживания отходов была заимствована из металлургической промышленности, в которой для получения горючих газов из бурого высокозольного угля широко использовали газификацию в камерных, циклонных или надслоевых реакторах. Отличительная особенность газификации от сжигания состоит в том, что в реакторе газовая фаза имеет восстановительные свойства. Поэтому образование оксидов азота и серы термодинамически невыгодно, и вредных газовых выбросов у газификаторов значительно меньше, чем у печей сжигания.

В Берлине в 1997 г. пущен завод по обезвреживанию осадков производительностью 400 тыс. тонн активного ила в год. После газификатора синтез-газ направляется в каталитический блок синтеза метанола. Производительность каталитического блока 120 тыс. тонн метанола в год.

Фирма «MOLTEN METAL TECHNOLOGIES» разработала процесс каталитической газификации отходов, использующий каталитические свойства расплавленного металла для разрыва химических связей в сложных органических молекулах. Получаемый синтез-газ используется для синтеза уксусной кислоты, температура процесса – 1650°C. Производительность установки – 22 тыс. тонн отходов в год. Каталитический реактор представляет собой герметичную емкость с огнеупорной футеровкой, вмещающую до трех тонн жидкого металла, оборудован индукционным нагревом и бункером для отходов. Установка имеет газоочистку и адсорбционный фильтр. Капитальные затраты не превышают 15-25 млн. долл. США, что на 20-50% меньше, чем для установок сжигания.

3.6. Газификация

Газификация – широко используемый в металлургии способ переработки некоксуемых углей – осуществляется в вихревых реакторах или печах с кипящим слоем при температурах 600-1100°C в атмосфере газифицирующего агента (воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода или их смесь). В результате реакции образуются синтез-газ (H_2 , CO), туман из жидких смолистых веществ, бенз(а)пирена и диоксинов. Реакция газификации протекает в среде с восстановительными свойствами, поэтому оксиды азота и серы практически не образуются. Масса тумана при 600°C может достигать до 30% от массы синтез-газа. При увеличении температуры газификации доля тумана в массе синтез-газа падает и при температуре более 1100°C близка к нулю.

Горючая смесь водорода и оксида углерода сжигается на горелках при 1400-1600°C или используется в каталитическом процессе синтеза метилового спирта. Зола, остающаяся после газификации, может содержать остаточный углерод и соли тяжелых металлов, растворимые в воде. После проверки золы на отсутствие бензопирена, диоксинов и тяжелых металлов в подвижной форме она может быть отправлена на захоронение.

Газификация является альтернативой процессу пиролиза, проводится аналогично ему, но при температуре 800°-1300°C и в присутствии небольшого количества воздуха. В этом случае получаемый газ представляет собой смесь низкомолекулярных углеводородов, которую затем сжигают в топке. К сожалению, экологическую ситуацию такой процесс не улучшает, так как присутствие воздуха и содержащихся в мусоре хлорорганических соединений в сочетании с высокой температурой приводит к интенсивному образованию диоксинов, фуранов и бифенилов, а соли тяжелых металлов, как и в других технологиях, из процесса не выводятся и загрязняют окружающую среду.

Наиболее полная деструкция продуктов, содержащихся в мусоре, осуществляется в процессе высокотемпературного пиролиза или газификации при температуре 1650°-1930°C в объеме расплавленного в смеси с минеральными добавками металла, либо при температуре до 1700°C в объеме расплава солей или щелочей в смеси с добавками и в присутствии катализаторов. Указанные способы обеспечивают переработку мусора практически любого состава, так как при такой температуре полностью разрушаются все диоксины, фураны и бифенилы. В результате получают: синтез-газ – смесь водорода, метана, угарного газа, диоксида углерода, водяного пара, оксидов азота и серы; твердый остаток – кокс, куски неорганических материалов, известь, цемент, стек-

ло и шлак, которые предлагается сливать из реактора в герметичные бункеры и формы без указания их дальнейшего использования и отработанные расплавы солей и металла, регенерация которых чрезвычайно сложный и энергоемкий процесс, требующий, кроме того, значительного расхода различных реагентов. Синтез-газ после достаточно сложной очистки от примесей может быть использован в качестве топлива. Следует также отметить, что указанные процессы не обеспечивают выделение тяжелых металлов и их солей из твердого остатка пиролиза, поэтому дальнейшее применение шлаков для производства строительных материалов и конструкций невозможно, необходимы специальные меры по их утилизации или захоронению.

3.7. Технология термоудара

Технология *термоудара*, лежащая в основе пиролизной установки, относится к области переработки органических веществ, в том числе полимеров и полимерных композиций, в частности, к технике переработки древесины, продуктов растениеводства, органосодержащих полезных ископаемых, а также промышленных и бытовых отходов, содержащих органические составляющие, и может найти применение в химической, лесо- и нефтеперерабатывающей отрасли, теплоэнергетике и других отраслях промышленности. Технология термоудара запатентована.

Сущность термоудара – в мгновенном нагреве вещества до границ его существования в конденсированной фазе. При этом происходит поэтапное выделение веществ из исходной смеси:

- «взрывное вскипание» и переход низкомолекулярных жидкостей (воды) в газообразное состояние;
- газификация вследствие высокоскоростного пиролиза высокомолекулярных соединений с образованием газовой фазы – пиролизного газа.

При приближении параметров перерабатываемого вещества к параметрам границы его существования в конденсированной фазе межмолекулярное взаимодействие становится пренебрежимо малым, газовая фаза образуется без поглощения скрытой теплоты испарения, происходит «взрывное» вскипание воды.

Уникальность, новизна разработки заключается в применении технологии ТЕРМОУДАРА для тепловой обработки органики – ее газификации с получением водяного пара на первом этапе процесса, пиролизного газа и углеродистого остатка – на втором.

Примеры эффективного использования технологии термоудара.

Переработка, утилизация, газификация практически любых органических несметчатых материалов: ТБО; древесных отходов, отходов сельскохозяйственного производства, низкосортных твердых топлив – углей, торфа и т.д.; сырой нефти и отходов ее переработки: битумов, асфальтенов, тяжелых фракций нефти и мазута; пластмасс, полимеров.

В начале процесса низкотемпературного пиролиза в блоке отделения от общей массы ТБО отделяются крупногабаритные отходы, которые затем разделяются на отходы, состоящие преимущественно из органической и неорганической частей.

Неорганические крупногабаритные отходы поступают в блок разделки, где разделяются на части, размеры которых определяются загрузочным устройством камеры окисления. После прохождения камеры окисления они соединяются с неорганическими отходами основного потока и направляются на дальнейшую переработку в соответствии с общеизвестными технологиями.

Крупногабаритные отходы, состоящие преимущественно из органической части (пластмасса, древесина и т. д.) после грубого дробления (блок предварительного дробления) попадают в основной поток движения отходов.

Оставшиеся после удаления крупногабаритных предметов органические и неорганические отходы поступают в блок измельчения, затем направляются в камеру предварительного подогрева (температура в камере порядка 200°C или выше). Температура в камере определяется условиями удаления воды и других относительно легкокипящих соединений.

Из камеры предварительного подогрева отходы попадают в реактор пиролиза, где мгновенно нагреваются до температуры 650-700°C. При этой температуре протекает высокоскоростной пиролиз органических соединений с образованием твердых и газообразных продуктов. В камере предварительного подогрева и реакторе термоудара процессы проводятся без доступа воздуха.

Твердые отходы, содержащие и неорганическую часть, из реактора поступают в блок сбора и направляются в блок разделения, где более легкий по плотности органический остаток отделяется от неорганического. Органический остаток, представляющий собой углеподобный продукт, сушится и направляется на дальнейшее использование.

Неорганический остаток попадает в камеру окисления, где удаляются последние следы органических соединений. К неорганическому остатку основного потока, вышедшего из камеры окисления, добавляется неорганиче-

ский остаток крупногабаритных отходов, прошедший через блок разделки и камеру окисления.

Оставшийся после окисления неорганический остаток, содержащий соединения металлов, стекло и т. д., направляется на плавление, разделение и по известным технологиям перерабатывается в полезный продукт. Содержание неорганического остатка обычно ниже, чем 10% от исходного ТБО.

Получаемые на различных стадиях газовые фракции направляются на очистку и частичную конденсацию с выделением полезных продуктов. Оставшийся газ разделяется на компоненты и/или дожигается в установке. После дожигания газ очищается и выводится. В соответствии с требованиями экологии в схеме может содержаться блок поглощения основного количества CO_2 .

Выделяемые в процессе для дальнейшего использования продукты определяются составом ТБО.

Разработанная ООО «НПФ «Энергия» технология переработки отходов – технология мгновенного пиролиза – отличается применением схемы процесса, обеспечивающей наиболее высокую энергетическую эффективность по сравнению с любыми альтернативными технологиями – проведение процесса на очень высокой скорости протекания (порядка или менее $10^4^\circ\text{C}/\text{сек.}$), что позволяет газифицировать практически любые органические вещества с получением высококалорийного пиролизного газа (аналог природного по потребительским свойствам), горячего пара (который не теряется в процессе переработки органики, а собирается и используется в технологическом процессе). Кроме того, технология позволяет уменьшить объем исходного сырья в 10 раз или более. Угледобный остаток – еще один продукт технологии термоудара – содержит (в зависимости от вида исходного сырья) ценные, иногда редкие компоненты. Так, из всех видов органического сырья значительный интерес представляют именно бурые угли, как дешевое полезное ископаемое, обогащенное редкоземельными металлами: галлием, германием, ванадием, лантаном, церием и другими.

Значительное увеличение энергетической эффективности по сравнению с известными технологиями газификации обеспечивается за счет того, что установка работает автономно (исключая непродолжительный начальный этап, когда подводится энергия извне). В целом, установка использует 15-25% вырабатываемой энергии.

Технология термоудара позволяет повысить энергетическую эффективность и экологическую безопасность производства по переработке отходов.

Технологический процесс обеспечивает соответствие выбросов загрязнителей с дымовыми газами Директиве 2000/76/ЕС Европейского Парламента и Европейского Союза [DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF 4 December 2000 on the incineration of waste (OJ L 332, 28.12.2000, p. 91) Corrigendum OJ L 145, 31.5.2001, p. 52 (2000/76/EC)].

Газообразные продукты окисления после прохождения через катализатор на основе соединений меди содержат воду, экологически чистые газы (CO_2 , N_2) и/или используемые в дальнейшем газы, например HCl . Если в отходах, кроме C , H , N , O и галоидов, содержатся другие элементы, например металлы, то они, в основном в виде окислов, выпадают в осадок.

Технология позволяет проводить элементный анализ «трудно горящих» веществ (веществ, трудно поддающихся химическому анализу) и с успехом применяется для уничтожения отходов. Не было обнаружено соединений, элементный состав которых не определялся бы данным методом. Точность анализа по каждому элементу (C , H , N) ниже 0,3%.

Необходимо отметить, что чистота газа (выбросов) на выходе обеспечивается не применением традиционных газоочистных устройств, а уникальной системой очистки – катализатором на основе соединений меди, которая обеспечивает выпадение в зольный (углеподобный) остаток практически всех вредных веществ с эффективностью не менее 98,4%. Технология термоудара обеспечивает практически нулевой выброс пыли с газом. Высокое качество пиролиза органики (в реакторе пиролиза) и окисления неорганики (в реакторе окисления) обеспечивает практически нулевые концентрации органических загрязнителей. Отсутствует этап сушки сырья (с потерей влаги), в технологической цепочке используется водяной пар.

Таблица 6

Характеристики элементов ТБО как топлива

Состав			кг/т
Горючая часть в том числе			506,8
	углерод	C	347,7
	водород	H	42,2
	кислород	O	173,3
	азот	N	9,8
	сера	S	2,8
Влажность		W	509,1
Зольность		A	157,6

Калорийность ТБО (низшая теплота сжигания), 7,57 кДж/т.

Из-за высокого содержания в общем составе ТБО пищевых отходов и влаги, первоначальная калорийность отходов невелика. Влажность ТБО колеблется в пределах от 20 до 60%. Существующая практика сбора ТБО неизменно приводит к увлажнению их атмосферными осадками. Однако существующие методы сушки ТБО нельзя признать целесообразными, поскольку в этом случае влага безвозвратно утрачивается. Технология термоудара позволяет «отогнать» возможно большее количество влаги БЕЗ ее потери, получив тем самым обратную воду для производства.

Заметим также, что система водоочистки, входящая в комплект поставки оборудования, позволяет довести воду до санитарных норм и использовать не только как техническую, но и как питьевую при соответствующей модификации.

Возможно также дальнейшее использование углеподобного остатка, который представляет собой золу черного (бурого) цвета. Так, для переработанной неорганики он используется в строительстве (при сооружении дорожных покрытий), для органики – в качестве ценного удобрения, содержащего минеральные вещества. Кроме того, из такого сырья, как бурый уголь, можно получать зольный остаток с высочайшим (до 10%) содержанием редкоземельных металлов.

Производство по модификации зольного остатка может быть создано в следующей очереди после выхода производств по переработке ТБО на проектную мощность. Пиролизный газ из реактора может подаваться потребителю посредством трубопровода или может быть сожжен для нагрева парового котла или расфасован в баллоны по 50 л. Пиролизный газ обслуживает работу комплекса по переработке ТБО – используется примерно 15-20% газа.

«Отогнанная» вода подается в установку по очистке. Перед этим вода проходит через теплообменники, связанные с камерами нагрева и сушки для нагрева и сушки ТБО.

Углеподобный остаток направляется в коллектор и на дальнейшее использование (или модификацию).

Комплекс по переработке ТБО посредством технологии термоудара позволяет проводить практически 100% утилизацию отходов при отсутствии какого-либо загрязнения окружающей среды.

3.8. Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы

Для получения высокой степени разложения токсичных отходов, особенно галогеносодержащих, конструкция сжигающей печи должна обеспечивать необходимую продолжительность пребывания в зоне горения, тщательное смешение при определенной температуре исходных реагентов с кислородом, количество которого также регулируется. Для подавления образования галогенов и полного их перевода в галогеноводороды необходим избыток воды и минимум кислорода, последнее вызывает образование большого количества сажи. При разложении хлорорганических продуктов снижение температуры ведет к образованию высокотоксичных и устойчивых веществ – диоксинов. Как утверждает автор работы, недостатки огневого сжигания стимулировали поиск эффективных технологий обезвреживания токсических отходов.

Применение низкотемпературной плазмы – одно из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов. Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности, в том числе галогеносодержащих органических соединений медицинских учреждений; ведется переработка твердых, пастообразных, жидких, газообразных; органических и неорганических; слаборадиоактивных; бытовых; канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Плазменный метод может использоваться для обезвреживания отходов двумя путями:

- Плазмохимическая ликвидация особо опасных высокотоксичных отходов;
- Плазмохимическая переработка отходов с целью получения товарной продукции.

Наиболее эффективен плазменный метод при деструкции углеводородов с образованием CO , CO_2 , H_2 , CH_4 . Безрасходный плазменный нагрев твердых и жидких углеводородов приводит к образованию ценного газового полуфабриката, в основном водорода и оксида углерода – синтез-газ – и расплавов смеси шлаков, не представляющих вреда окружающей среде при захоронении в землю. Синтез-газ можно использовать в качестве источника пара на ТЭС или производстве метанола, искусственного жидкого топлива. Кроме этого, путем пиролиза отходов возможно получение хлористого и фтористого водорода, хлористых и фтористых УВ, этанола, ацетилена. Степень разложения в плаз-

моторе таких особо токсичных веществ как полихлорбифенилы, метилбромид, фенилртутьацетат, хлор- и фторсодержащие пестициды, полиароматические красители достигает 99.99% с образованием CO_2 , H_2O , HCl , HF , P_4O_{10} .

Разложение отходов происходит по следующим технологическим схемам:

- Конверсия отходов в воздушной среде;
- Конверсия отходов в водной среде;
- Конверсия отходов в паро-воздушной среде;
- Пиролиз отходов при малых концентрациях.

Выбор того или иного способа переработки, возможность вариаций по количественному соотношению реагентов позволяют оптимизировать работу установки для широкого спектра отходов по их химическому составу.

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок. Принцип их конструкции и порядок работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, иногда полые. В камеру под определенным давлением, в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживается постоянное давление и температура. Возможно применение катализаторов. Существует анаэробный вариант работы установки. При переработке отходов плазменным методом в восстановительной среде возможно получение ценных товарных продуктов: например, из жидких хлорорганических отходов можно получать ацетилен, этилен, HCl и продукты на их основе. В водородном плазмотроне, обрабатывая фторхлорорганические отходы, можно получить газы, содержащие 95 – 98 % по массе HCl и HF .

Для удобства возможно брикетирование твердых отходов и нагрев пастообразных до жидкого состояния.

Для переработки горючих радиоактивных отходов была разработана технология с использованием энергии плазменных струй воздуха с введенным активированным углеводородным сырьем, чистые, или содержащим галениды. Такой способ получил широкое применение при сжигании органических отходов низкой и средней активности, что позволяет перевести опасные отходы в инертную форму и уменьшить их объем в несколько раз; образуется коксовый остаток и негорючие материалы – шлак, относящийся к категории кислых и улавливающий до 98 % радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{37}Fe , ^{60}Co).

Высокая энергоемкость и сложность процесса предопределяет его применение для переработки только отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям. Одним из недостатков плазменной

технологии является ее высокая себестоимость. Так, компания Solution NTT, работающая совместно с Институтом Электрофизических Проблем (Москва), указывает, что она составляет 100 долларов США за тонну отходов. Другим недостатком, который практически исключает реальную возможность применить этот метод в крупных промышленных масштабах, является тот факт, что материал реакционной камеры при такой высокой температуре быстро выходит из строя и её приходится очень часто останавливать на ремонт.

3.9. Обработка нефтешламов

На территории России в нефтяных амбарах различных нефтеперерабатывающих предприятий накоплены сотни миллионов тонн токсичных нефтешламов. Из-за отсутствия эффективной технологии их утилизации возникла реальная угроза загрязнения почв, подземных вод, рек и морей. Химический состав нефтешламов предельно сложен и включает нефть, нефтяные эмульсии, асфальтены, гудроны, ионы металлов, механические примеси и радиоактивные элементы. Нефтешламы состоят из трех ярко выраженных фракций: водной, нефтяной и твердой.

Выбор метода переработки и обезвреживания нефтяных шламов, в основном, зависит от количества содержащихся в шламе нефтепродуктов. В качестве основных методов обезвреживания и утилизации нефтеотходов практически используются:

- химические методы обезвреживания (затверждение путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести или других материалов);

- методы биологической переработки (биоразложение путем внесения нефтесодержащих отходов в пахотный слой земли; биоразложение с применением специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха). При этом типе детоксикации нефтешлама используются микроорганизмы, использующие нефтепродукты как питательный субстрат;

- термические методы переработки (сжигание в открытых амбарах; сжигание в печах различного типа и конструкций; обезвоживание или сушка нефтяных шламов с возвратом нефтепродуктов в производство, а сточных вод в обратную циркуляцию и последующим захоронением твердых остатков; пиролиз; газификация);

- физические методы переработки (гравитационное отстаивание; разделение в центробежном поле; фильтрование; экстракция);

– физико-химические методы переработки (разделение нефтяного шлама с применением специально подобранных ПАВ, деэмульгаторов, смачивателей, растворителей и др. на составляющие фазы с последующим использованием);

– использование нефтешлама в качестве сырья (ценные сырьевые компоненты для других отраслей народного хозяйства. Например, в качестве топлива для печей, как добавки к сырью строительных материалов – асфальтобетону, керамзитовому гравия, бетонным блокам).

Все методы очистки имеют достоинства и недостатки которые приведены в таблице 7

Таблица 7

**Характеристики основных методов утилизации и переработки
нефте содержащих отходов**

Основной классификационный признак	Разновидность метода	Основные преимущества	Ограничения в использовании
1. Термический метод	1.1. Сжигание в открытых топках.	Не требуется больших затрат.	Неполное сгорание нефтепродуктов, высокая опасность загрязнения воздушного бассейна продуктами сгорания.
	1.2. Сжигание в печах различного типа и конструкции.	Применяется для многих видов отходов. Объем образующейся золы в 10 раз меньше исходного продукта. Высокая эффективность обезвреживания.	Большие затраты по очистке и нейтрализации дымовых газов.
	1.3. Сушка в сушилах различных конструкций	Уменьшение объема в 2-3 раза. Сохранение ценных компонентов. Возможность комбинирования с другими природоохранными процессами.	Большие расходы тепла.
	1.4. Пиролиз	Высокая степень разложения. Возможность использования продуктов разложения	Высокие материальные и энергетические затраты.
	1.5. Способ AOSTRA TASIUK, заключающийся в сочетании процессов термической сепарации, пиролиза и сжигания.	Полученные продукты могут быть использованы повторно. Твердые остатки переработки шлама являются экологически безопасными. Более экономичный в сравнении со сжиганием.	

2. Химический	2.1. Затвердевание путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести или других материалов.	Высокая эффективность процесса переработки нефтесодержащих отходов в порошкообразный гидрофобный материал, который может быть использован в дорожном строительстве. Один из перспективных методов обработки и утилизации нефтесодержащих отходов.	Требует применения специального оборудования, значительного количества негашеной извести ("пушонки") высокого качества, проведения дополнительных исследований воздействия на окружающую среду образующихся гидрофобных продуктов.
3. Биологический метод	3.1. Биоразложение путем внесения (смешения) нефтесодержащих отходов в пахотный слой земли.	Сравнительно небольшие затраты и возможность использования имеющейся сельскохозяйственной техники (трактора. культиваторы. плуги и др.).	Требует значительных земельных участков. Длительность процесса, ограниченность применения теплым временем года, опасность загрязнения почвы вредными соединениями.
	3.2. Биоразложение с применением специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха.	Возможность интенсификации процесса. Требует незначительных капитальных затрат.	Требуется значительная подготовка земельных участков и специальное оборудование.
4. Физический метод.	4.1. Гравитационное отстаивание.	Не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат	Низкая эффективность разделения. Проблему до конца не решает из-за больших объемов образующихся осадков.
	4.2. Разделение в центробежном поле.	Возможность интенсификации процесса.	Требуется специальное оборудование (гидроциклоны, сепараторы, центрифуги). Проблему до конца не решает из-за неполноты отделения нефтепродуктов от образующихся осадков и сточных вод.
	4.3. Разделение фильтрованием. Сравнительно низкие затраты. Высокая степень надежности метода. Более высокое качество целевых продуктов. Менее требователен к качеству сырья.	Необходимость смены и регенерации фильтрующих материалов, введение специальных структурообразующих наполнителей. Проблему до конца не решает из-за образования не утилизируемых осадков.	

	4.4. Экстракция	Требуется специальное оборудование, растворители.	Необходимость регенерации экстрагента, неполнота извлечения нефтепродуктов из отходов.
5. Физико-химический метод	5.1. Применение специально подобранный поверхностно-активных веществ (деэмульгаторов, смачивателей и т.д.).	Возможность интенсификации процессов.	Высокая стоимость реагентов. Требуется применения специального дозирующего оборудования, перемешивающих устройств. Образуются не утилизируемые твердые отходы.

Термический метод реализуется через сжигание шлама в печах и пиролиз. Сжигание в печах отличается простотой технологии, универсальностью, однако высоки затраты на функционирование печи. При этом требуются дополнительные затраты на утилизацию золы и тепла, на приобретение фильтров для очистки отходящих газов. Термический метод используют ЗАО «Турмалин», ООО «Композит».

Низкотемпературный пиролиз позволяет получать товарные продукты: технический углерод, жидкий пиролизный продукт. Однако при этом требуется активизация аборигенной микрофлоры, а значит, возникают затраты на приобретение специальных реагентов для активации аборигенной углеводородокисляющей микрофлоры. Имеет место зависимость от температуры воздуха окружающей среды. Технология экологична, легко персонифицируется для конкретных вариантов очистки. В настоящее время пиролизный метод используют в Man Oil Group AG и в ООО «МОГ».

Химический метод чаще реализуется через инкапсулирование, отличается универсальностью и позволяет подвергать детоксикации нефтешламы, буровые шламы и кислые гудроны. Основным недостатком метода следует признать высокий расход реагентов (извести) на тонну нефтешлама. Метод применяется в «ИНСТЭБ», «НИПИТермнефть».

Механический метод обезвоживания шламов обычно реализуется через использование фильтр-прессов, отличается дороговизной, низкой надёжностью, хотя и обеспечивает вывод нефтеотходов для последующей подготовки товарной нефти. Производится фирмой Andritz AG. Для механической обработки шламов используются также сепараторы, центрифуги. При этом обеспечивается высокий выход товарной нефти.



Рис. 22. Декантерная центрифуга

Ограничение в эксплуатации данного оборудования связано с использованием только жидких шламов. Оборудование, выпускаемое фирмами Westfalia Separator, Flottweg, Alfa – Laval (см. рис.22), отличается дороговизной.

Отмыв нефтезагрязненных грунтов производится с применением ПАВ, при этом обеспечивается выход товарной нефти и возможность утилизации грунтов. Однако высокие эксплуатационные расходы и необходимость использования реагентов делают его затратным. Этот метод в настоящее время используется в фирмах «Чистый Мир М», «Промтранзит» WATCO.

При закачке шламов в пласт обеспечивается безотходность, экологичность и возможность закачки буровых шламов. Однако метод отличается высокой стоимостью и возможен только при наличии определенных географических условий, в настоящее время реализуется фирмой M-I Swaco.

Ещё один метод обезвреживания шламов – использование гидрофобных сорбентов, что позволяет получать топливные торфобрикеты. Метод отличается высокой стоимостью, используется в ЗАО «ЦЭИ «Пресс-Торф».

Применение биосорбентов обеспечивает снижение концентрации нефти до фоновых значений, но отличается высокой стоимостью, высокой гидрофильностью получаемого продукта. Используется в «Органикс-Кварц». Биологические методы (биоремедиация и фиторемедиация) используются для восстановления почвенного покрова. Недостатки методов – необходимость организации полигонов, строгая зависимость от температурных условий, длительность процесса. Применяются в ООО «НТО ПриборСервис», ООО «Полиинформ», СибНИПИРП, Природа-Пермь.

Для обезвреживания грунтов, содержащих соли тяжелых металлов, с целью высокой степени обеззараживания используются электрохимические технологии (применение СВЧ, электрокинетическая обработка). Технологии требуют высоких затрат, отличаются недостаточной проработанностью решений, некоторые не вышли за рамки лабораторных и опытно-промышленных испытаний. Известны примеры применения этих технологий в ППС РЖД (ст. Комбинатская, Сызрань).

Суть электроогневой технологии сжигания состоит во взаимодействии электрического поля с радикалами любых углеводородов на атомарно-

молекулярном уровне и одновременно воздействию на любые углеводородные цепочки, в частности на бенз(а)пирен, таким образом, что они расщепляются на водород, сгораемый в пламени, и углерод, который быстро доокисляется в электрическом поле до безвредного углекислого газа.

Процесс горения позволяет использовать в качестве топлива любые горючие отходы. В результате применения данной технологии можно утилизировать отходы, мусор и нефтешламы. Преимущества разработанной на основе этой технологии установки:

- экономичность в эксплуатации (расход топлива и электроэнергии снижен в несколько раз);
- низкая себестоимость производства;
- высокая степень очистки отходящих газов.

При сжигании нефтепродуктов, включая нефтешламы, резко снижается количество всех токсичных компонентов в отходящих газах на 70 – 80% их первоначальной концентрации. В пламени исчезают практически все токсичные компоненты CO, CH, NO_x, ПАУ, в том числе бенз(а)пирен. При послойном сжигании остатков различных нефтешламов можно регулировать параметры активизирующего горение электрического поля (напряженность, частоту высокого напряжения) в зависимости от их состава и количества для обеспечения оптимальной скорости горения и достижения минимальной токсичности отходящих газов.

С помощью электроогневого метода утилизации нефтешламов возможно выделение ценных фракций нефти (бензин, керосин) .

Термические методы обработки осадков сточных вод позволяют существенно сократить их количество и снизить токсичность. Термические методы приобретают большое значение при переработке осадков, шламов и илов. При достаточной степени переработки осадков сточных вод прекратится увеличение массы накапливаемых отходов и появится возможность использовать ценные компоненты осадков в других отраслях.

4. БИОТЕХНОЛОГИИ

Впервые термин "биотехнология" применил венгерский инженер Карл Эреки в 1917 году. Биотехнология – это интеграция естественных и инженерных наук, позволяющая наиболее полно реализовать возможности живых организмов или их производные для создания и модификации продуктов или процессов различного назначения. Биотехнология – это производство, основанное на последних достижениях современной науки: генной инженерии, физико-химии ферментов, молекулярной диагностики, селекционной генетики, микробиологии, химии антибиотиков, комбинаторной химии. Чаще всего применяется в медицине, пищевой промышленности, также для решения проблем в области энергетики, охраны окружающей среды. Современные биотехнологии защиты окружающей среды основаны на применении биопрепаратов, в состав которых входят разнообразные бактерии (микроорганизмы), способные разлагать различные органические вещества, в том числе и те, которые загрязняют окружающую среду. Достижения биотехнологии позволяют разработать и создать микробные препараты для регуляции круговорота веществ в экосистемах, что позволяет решать ряд прикладных задач: биологическая очистка природных сточных вод от органических и неорганических загрязняющих веществ; утилизация твердой фазы сточных вод и твердых бытовых отходов путем сбраживания; микробное восстановление почв, в первую очередь, органическими веществами; использование микроорганизмов для нейтрализации тяжелых металлов в осадках сточных вод и загрязненных почвах; ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов; компостирование (биологическое окисление) отходов растительности (опад листьев, соломы и др.) .По имеющимся оценкам, рынок продуктов, изготовленных в развитых странах при помощи биотехнологий, превышает 145 млрд. долларов. При этом более половины всей продукции (52,5%), произведенной с помощью биотехнологий, получается для производства энергии, восстановления потребительских свойств сырья и улучшения состояния окружающей среды. Поскольку многие биотехнологические процессы осуществляются в естественных условиях, это обеспечивает значительную экономию энергии и других затрат. В результате их применения образуется меньше побочных продуктов и отходов, что делает производство более эффективным и благоприятным для окружающей среды.

4.1. Биологическая переработка органических промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов

Биологические методы обезвреживания ТБО находят все более широкое применение в нашей стране и особенно за рубежом. Они основаны на способности различных штаммов микроорганизмов в процессе жизнедеятельности разлагать или усваивать в своей биомассе многие органические загрязнители. В процессе биообезвреживания происходит вторичное загрязнение атмосферного воздуха продуктами гниения клеток микроорганизмов – сероводородом и аммиаком.

Биологическая очистка чаще всего используется для нейтрализации органических токсикантов и тяжелых металлов, а также азотных и фосфорных соединений в почвах и грунтах полигонов и свалок. Биологические методы можно условно подразделить на микробиодеградацию загрязнителей, биопоглощение и перераспределение токсикантов.

Микробиодеградация – это деструкция органических веществ определенными культурами микрофлоры, внесенными в грунт. Процесс биоразложения протекает с заметной скоростью при оптимальной температуре и влажности. Микробиодеградация может быть использована во всех случаях, где естественный микробиоценоз сохранил жизнеспособность и видовое разнообразие. Хотя процесс идет крайне медленно, его эффективность высока.

Биопоглощение – это способность некоторых растений и простейших организмов ускорять биодеградацию органических веществ или аккумулировать загрязнения в клетках.

Технологии биологического обезвреживания органических экотоксикантов, накопленных на свалках и полигонах, основаны на активации аборигенной микрофлоры или внесении в грунт определенных культур микроорганизмов, создании оптимальной среды для развития микроорганизмов.

Простейшими способами активации микрофлоры являются механические: рыхление, вспашка, дискование. Необходимым условием размножения микроорганизмов является создание оптимального температурного диапазона. Для ускорения миграции микроорганизмов в последние годы используют электрокинетическую активацию биодеградации. Ультразвук также способствует ускорению биодеградации экотоксикантов.

Другим широко распространенным способом биоактивации является аэрация или продувка грунта воздухом. Эффективность биоразложения летучих углеводородов, дизельного топлива и других подобных загрязнителей со-

ставляет от 45 до 94%. Стоимость обработки почвы не превышает 13-20 долл. США за 1 м³.

Необходимым условием биodeградации нефтяных загрязнений является внесение минеральных удобрений. Идеальной для биоразложения является среда с нейтральной кислотностью. Для нейтрализации щелочных грунтов вносят гипс, для нейтрализации кислых грунтов – известь.

Одним из методов, обеспечивающих диспергирование нефтяных загрязнений и улучшающих контакт с микроорганизмами, является внесение ПАВ. Моющие вещества вымывают из грунтов нефтепродукты вместе с водой. Сочетание применения ПАВ с внесением минеральных удобрений ускоряет биодеструкцию.

Внесение культур микроорганизмов используется только при аварийных загрязнениях или при отсутствии развитого естественного биоценоза. Однако иногда происходит вырождение микроорганизмов до достижения требуемого уровня очистки, а также их применение может нарушать естественные биоценозы. Обычно для очистки используют сообщества бактерий *Bakterium*, *Actinomyces*, *Artrobactes*, *Thiobacterium*, *desulfotomaculum*, *Pseudomonas*, *Nydionomonas*, *Bacillus* и другие, а также низшие формы грибов.

Различные виды дрожжей *Candida* разлагают ароматические соединения с концентрацией до 1% в грунтах за 120-200 суток, *Candida* sp. поглощает керосин, *Candida lipolytica* – сырую нефть. Нефть на поверхности почвы уничтожают *Actinomyces elegans* и *Geotrichum marium*.

Использование *Actinobacter* sp. дает 80%-ый эффект очистки от ароматических соединений по истечении пяти недель. Дeградацию ароматических углеводородов осуществляют *Cyclobacterium* и *Pseudomonas alcaligenes*, которые разлагают также галогенуглеводороды. Для биоочистки почв и грунтов от хлорфенолов используют штаммы *Rhodococcus erythropolis*, *Rochei*. Концентрация хлорфенолов не должна превышать 200 мг/кг.

Фенолы в почве разлагаются *Pseudomonas auerofaciens*, *P. Fluorescens*, *Pseudomonas* sp. при эффективности около 70%, а также различными штаммами *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Artinobacterium*. Оптимальная температура – 30-40°C. Для разложения в почве мазута, дизельного топлива, керосина, бензина, фенолов и формальдегидов широко используют препараты «Naggies», «Hydrobas», снижающие концентрацию экотоксиканта на 60% за пять дней. Биопены фирмы «Biodetox» позволяют очистить слой почвы или грунта на 30-40 см вглубь, разлагая нефтепродукты.

В России для очистки почв от нефтепродуктов используют бактериальные препараты «Деворойл» (РАН), «Биоприн (Олеоворин)» (ВНИИСинтезбелок), «Путидойл» (ЗапСибНИГНИ), «Руден» (НИИ Генетики), «Сойлекс» (фирма «Полиинформ», С-Петербург). Препараты эффективно окисляют нефтепродукты, ароматические углеводороды в температурном диапазоне 15-45°C при значительных начальных концентрациях загрязнений в грунтах. Проведенные исследования препарата «Олеоворин» на промплощадках Северной железной дороги показали, что через 3 месяца грунт был очищен на 78%. Препарат «Путидойл» эффективно очищает грунты от фенолсодержащих осадков шпалопропиточных заводов на 90%. Бактериальный препарат «Сойлекс» обладает более широким спектром применения pH=4,5–8,5, при температуре 10°-42°C. Через 20 дней грунт, содержащий до 1% нефти, очищается на 90%.

Технологии биопоглощения используют способности бобовых и трав поглощать и способствовать биodeградации нефти. С этой целью выращивают сорго, кормовой горох, люцерну, донник, ячмень и овес. Показана достоверность снижения загрязнения почвы благодаря жизнедеятельности дождевых червей.

Вермикультура (от латинского *vermi* – червь) – использование дождевых червей для переработки органических отходов – является одним из перспективных направлений биотехнологии. В настоящее время преобладающей тенденцией является культивирование красного калифорнийского червя – выведенной селекционным путем линии навозного червя, которая отличается значительной плодовитостью, утратой инстинкта покидания своего местообитания при неблагоприятных условиях среды, высокой степенью адаптации к переработке специфических видов отходов. Таковыми могут служить различные субстанции органического происхождения, например навоз и помет сельскохозяйственных животных, отходы мясокомбинатов, рыбоперерабатывающей, целлюлозной промышленности, овощей и фруктов, бумаги, картона, опилок, осадков городских и производственных очистных станций. В соответствии с технико-экономическим обоснованием и типовым проектом на одной из животноводческих ферм Одесской области создан биотехнологический комплекс по переработке органических отходов, анализ работы которого показал его высокую технологичность и экологическую значимость. Совместно с Инженерной Академией Украины академиком А.А. Клименко разработан контейнерный биомодуль по производству органических удобрений (био-

гумуса) и белковых кормовых добавок (биодобавок) для агропромышленного комплекса. Биомодуль представляет собой стандартный 40-футовый теплоизолированный контейнер, который при необходимости может транспортироваться от одного предприятия к другому и устанавливаться на съемной жесткой раме, что не требует подготовки фундамента. Технологический процесс осуществляется работой 5-и самостоятельных блоков: вермикультуры, операторской, обеспечения микроклимата, подготовки готовой продукции (биогу-муса и белковых кормовых добавок), электро- и водоснабжения. Технико-экономическое обоснование проекта свидетельствует, что эксплуатация одного биомодуля в течение месяца позволяет обеспечить утилизацию 30 тонн органических отходов, в том числе илов станций биологической очистки городских стоков, и получить 18 тонн биогу-муса и 3 тонны белковых кормовых добавок. Преимущества предлагаемой разработки состоят в экологической чистоте (безотходность производства) и высокой эффективности. Анализ мирового опыта вермикомпостирования органических отходов различного происхождения свидетельствует о реальной, технологически обоснованной возможности устранения критической антропогенной нагрузки на окружающую среду наряду с производством экологически чистых органических удобрений и кормового белка.

Биотехнологии имеют ряд недостатков. Биодеструкция – достаточно медленный процесс, кроме того, при гниении биомассы возникает вторичное загрязнение окружающей среды из-за выделения аммиака, сероводорода, выделяется значительное количество углекислого газа, вызывающего парниковый эффект, безвозвратно рассеивается тепловая энергия.

В последнее время в Германии получила широкое распространение механико-биологическая обработка отходов, включающая анаэробный и аэробный процессы сбраживания с последующим депонированием полученных фракций на полигоне.

Аппаратурное оформление технологии условно можно разделить на две части: оборудование по механической обработке и оборудование по биологической обработке отходов.

Механическая обработка

Собранные отходы сначала взвешиваются, затем сортируются в зоне поступления. При этом путем визуального контроля выделяются крупные примеси. Обработанные таким образом отходы с помощью экскаватора с сорти-

ровочным захватом направляются в место для предварительного размельчения или непосредственно в установку.

По транспортеру материал поступает на первую ступень просеивания. Остатки снова попадают в сферу приема. Объекты размером до 220 мм попадают во второе сито-барабан. Здесь выделяется мелкая фракция (< 40 мм). Затем выделяются металлы, а оставшиеся материалы помещают в емкость для сбраживания и выводят на второй – биологический уровень.

Поток материалов размером от 40 до 220 мм подвергается воздушной обработке. Легкие вещества транспортируются по воздушному каналу для дальнейшей обработки. Из тяжелой фракции сначала выделяются железосодержащие металлы, а затем искусственные материалы. Поток оставшихся материалов идет на термическую утилизацию как теплотворная фракция.

Путем четырехфазовой (близкой к инфракрасной) спектроскопии в легкой фракции опознаются искусственные вещества и бумага, они автоматически выделяются и накапливаются для последующего повторного использования.

Загрязненный воздух установки отсасывается вакуумметрическим методом. Последующая обработка поступивших отходов происходит на биологическом уровне.

Биологическая обработка

Метод биологической обработки включает в себя аэробную и анаэробную фазы. Цель метода – получение конечного продукта для депонирования.

Далее следует перечень органических веществ отходов, способных к разрушению анаэробным способом.

Перечень анаэробно разрушаемых органических соединений

Ацетилсалициловая кислота	<i>n</i> -Анисовая кислота
Ацетальдегид	<i>o</i> -Антраниловая кислота
Ацетангидрид	Бензойная кислота
Ацетон	Бензиловый спирт
Акриловая кислота	Бутанол (первичный, втор-, трет-)
Адипиновая кислота	2,3-Бутандиол
2-Амино-2-пропанол	Бутилбензилфталат
Амид масляной кислоты	Масляный альдегид
Анилин	Масляная кислота

Кагехин	Изоамиловый спирт
<i>m</i> -Хлорбензойная кислота	Метилацетат
<i>o</i> -Хлорфенол	Метилакрилат
<i>o</i> -, <i>n</i> -Крезол	Метилэтилкетон
Кротоновый альдегид	Метилформиат
Кротоновая кислота	Нитробензол
ди- <i>n</i> -Бутилфталат	<i>o</i> -, <i>n</i> -Нитрофенол
Диэтилфталат	Октанол
Диметоксибензойная кислота	Пентанол
Диметилфталат	Фенол
Этилацетат	Пентаэритрит
Этилакрилат	Флороглюцин
Формальдегид	Фталевая кислота
Муравьиная кислота	Полиэтиленгликоль
Полиамид глутаровой кислоты	Пропанол
Глутаровая кислота	Пропаналь
Глицерин	Пропионовая кислота
Капроновая кислота	Пропиленгликоль
Гидрохинон	Протокатеховая кислота
2-гексанон	Пиррогалол
<i>o</i> -, <i>n</i> -Оксибензойная кислота	Резорцин
Изомасляная кислота	Сорбиновая кислота
Изопропанол	Альдегид сиреневой кислоты
Изопропиловый спирт	Сиреневая кислота
Молочная кислота	Валериановая кислота
Малеиновая кислота	Ванилиновая кислота
Метанол	Винклацетат
<i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>n</i> -Метоксифенолгваяколы	

Сначала обрабатывается выделенная на уровне механической обработки мелкая фракция размером < 50 мм. Около 65% общей массы обрабатываются путем сухого сбраживания. Оставшиеся 35% смешиваются с остатками от сбраживания, и смесь поступает на 6 недель в туннель.

Для переработки и стабилизации органических отходов используется метод DRANCO. DRANCO – ‘DRy ANaerobic COmposting’ (сухое анаэробное компостирование) – представляет собой метод переработки биоотходов или

органической фракции остаточных отходов, при котором сухое сбраживание применяется как центральная фаза обработки при преобразовании органической фракции бытового мусора в компост. Метод разработан более 25 лет назад. Технология DRANCO сбраживает органические отходы при содержании сухой субстанции ок. 20-40 %, в результате получают энергию в форме биогаза, а также безупречный в гигиеническом отношении и стабильный остаток.

Параметры процесса DRANCO:

- Загрузка ферментера: 10-20 кг CSB/м³ реактора в день.
- Температурный режим: термофильный 48-57°C (или мезофильный: 35-40°C).
- Нахождение в ферментере: от 15 до 30 дней.
- Производство биогаза: 100-200 Nm³ биогаза на тонну отходов.
- Производство электроэнергии: 220-440 кВт/ч на тонну отходов.

Преимущества анаэробного сбраживания отходов:

- Производство возобновляемой энергии, а также снижение ископаемой эмиссии CO₂, низкий уровень запаха, а также низкое загрязнение окружающей природной среды в целом.
- Гибкость по отношению к составу отходов.
- Компактность установки.

Метод DRANCO состоит из термофильной, одноступенчатой анаэробной фазы сбраживания, за которой следует краткая аэробная фаза. Для специфических потоков отходов может быть применено мезофильное производство. Во время анаэробной фазы сбраживания органическая субстанция частично превращается в биогаз. Этот процесс происходит в закрытом реакторе на протяжении около 20 дней. Остаток сбраживания экстрагируется из ферментера и стабилизируется аэробно. Конечный продукт гигиенически надежен и стабилен.

Технология DRANCO может использоваться для различных видов отходов:

- органическая фракция отходов, отделяемая механически;
- биоотходы и другие отдельно собираемые органические отходы;
- обезвоженный шлам;
- прочие органические потоки отходов, включая бумагу, которую нельзя использовать повторно, отходы рынков, пищевые отходы, промышленные отходы и т.д.

Данный метод характеризуется максимальным вторичным использованием сырья и возобновляемой энергии. Производимый биогаз применяется для производства электричества и тепла или пара. Кроме биологической переработки отходов, технология DRANCO под названием DRANCO-FARM используется фирмой NAWARO для производства возобновляемой энергии.

Метод DRANCO (а также некоторые другие методы, например, VALORGA, KOMPOGAS и др.) наряду с обработкой отходов для депонирования все больше применяется для получения биогаза как возобновляемой энергии для различных промышленных целей, в частности, под названием DRANCO-FARM он используется фирмой NAWARO).

На рис. 23 представлена схема обработки отходов по методу DRANCO, реализуемая фирмой Fa. OWS (Organic Waste Systems) в г.Мюнстере (ФРГ).

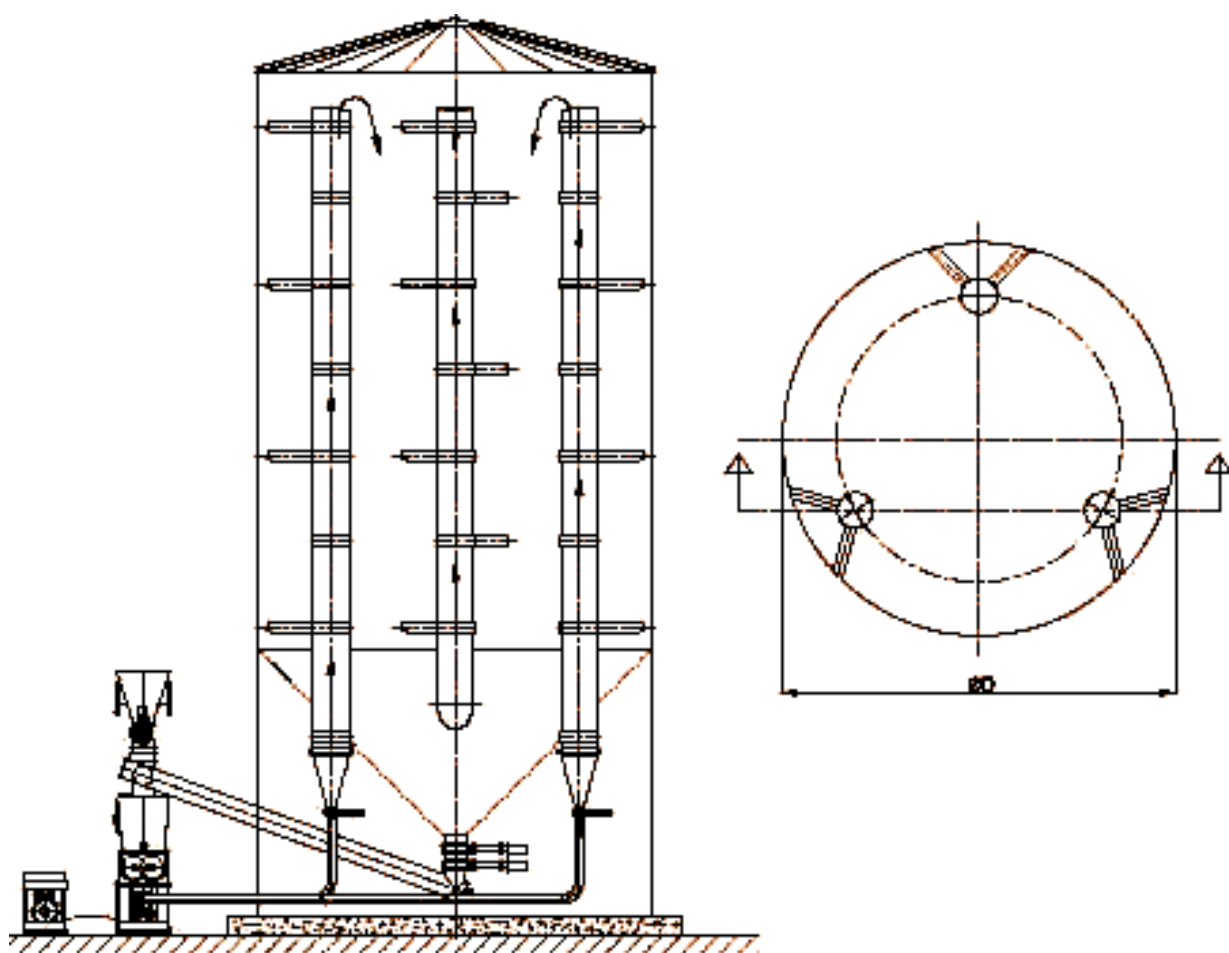


Рис. 23. Схема установки по обработке отходов методом DRANCO в г. Мюнстере.
Параметры процесса: объем: 1640 м^3 ; высота: 22,5 м; диаметр: 10,5 м;
содержание сухой субстанции: 40-45%; температура: 48-55°C;
время нахождения: 18 дней

Образовавшийся биогаз собирается в газосборник и подвергается затем регенеративной термической оксидации или поступает в блочную котельную. Биогаз используется как базовый газ и заменяет тем самым первичный газ, необходимый для обработки отработанного воздуха, остатки газа перерабатываются в электричество в генераторе. Общее производство тока составляет ок. 1750000 кВт/ч в год. Тепло используется для производства пара, применяемого для подогрева процесса сбраживания. Другая его часть идет для производства горячей воды для отопления социального здания службы утилизации отходов.

После сбраживания, которое продолжается до 18 дней, остатки брожения (ферментации) смешиваются с необработанной мелкой фракцией и смесь поступает в туннель. Здесь при подведении кислорода проходит дальнейший процесс разложения. Через 6 недель первоначальный вес отходов уменьшается примерно на 35 %, и полученный материал помещается в одном из сегментов полигона.

Отработанный воздух туннельного реактора отводится в общий канал для отработанного воздуха и через него в установку для обработки воздуха, состоящую из кислотного промывателя и регенеративной термической оксидации.

4.2. Биологическая рекультивация

Биологическая рекультивация заключается в искусственном создании растительных покровов различного вида и включает механическую подготовку поверхностного слоя почвы, внесение в нее удобрений и посев многолетних трав. Механическая обработка нарушенных земель заключается в рыхлении поверхностного слоя участка на глубину не менее 0,2 м. Для повышения плодородия обработанного слоя вносят минеральные и органические удобрения. Засеивать участки следует многолетними травами семейства злаковых. В качестве стимуляторов роста рекомендуется применять сложные удобрения, в состав которых входят азот, фосфор и калий. При биорекультивации используются микроорганизмы, разрушающие нефть и нефтепродукты, а также биокомпосты и нефтесорбенты. В качестве доступного сорбента могут быть использованы отходы рисоэлектростанций. Рисовая шелуха - легкодоступный и перспективный сорбент. В связи с этим представляют интерес разнообразные растительные отходы сельского хозяйства, пищевой и деревообрабатывающей промышленности (лом древесноволокнистых плит, опилки, шелуха овса,

гречки, куриные перья и др.), поскольку они являются весьма дешевыми, доступными и распространенными сорбентами.

Преимущества:

1) экологическая безопасность. Предлагаемый метод, не требующий энергетических затрат, оборудования, технологических установок, является более перспективным;

2) рисовая шелуха, будучи кремнийорганическим полимером растительного происхождения, не горит, не гниет и непригодна для корма скота, поэтому ее использование в качестве биокомпоста, необходимого для биодegradации нефтепродуктов, существенно снижает загрязнение окружающей среды вблизи рисоочистительных заводов.

4.3. Биотехническая очистка почв от нефти и нефтепродуктов

Добыча природных ископаемых, нефти сопряжена с разрушением почвенного покрова и загрязнением природных ландшафтов, что связано с использованием большегрузной техники и неизбежным попаданием на землю нефти, нефтепродуктов и сопутствующих вредных веществ. Интенсивное использование нефтепродуктов в промышленности также вызывает экологические проблемы, связанные с загрязнением почвы и воды. Загрязнение почвы и водоемов любыми типами нефтепродуктов является настоящей экологической катастрофой экосистемы: меняются соотношения между отдельными группами микроорганизмов, изменяется направление метаболизма, подавляются жизненно важные процессы дыхания и самоочищения. Отравленная нефтью почва и вода практически не способны самостоятельно очиститься от нефтяного загрязнения – естественное разложение нефти и нефтепродуктов в обычных условиях происходит крайне медленно т.к. повышенные концентрации углеводородов подавляют всякую самоочищающую активность почвы и воды, в экосистеме накапливаются трудноокисляемые продукты, серьезно препятствующие самоочищению и самовосстановлению. Восстановление жизненных процессов зависит от способностей почвы и воды перерабатывать органику (к каковой относятся углеводороды нефти) в безвредные для окружающей среды легкоусвояемые продукты метаболизма. Как уже упоминалось, нефть и ее продукты, являясь тяжелыми, трудноокисляемыми и токсичными веществами, серьезно подавляют самоочистительные способности почвы и воды – места нефтяных разливов на многие годы остаются участками безжизненной суши или мертвыми водоемами. И все же процессы разруше-

ния и разложения нефтяных загрязнителей в природе идут – в основном за счет содержащихся в почве и воде микроорганизмов, обладающих способностью извлекать из углеводов энергию необходимую для строительства новых колоний и их жизнедеятельности. Природа создала мудрую экологичную систему, настроенную на самоочищение, которая, однако, не в состоянии противостоять темпам и масштабам интенсивного техногенного загрязнения – естественные концентрации полезных микроорганизмов в природе не могут быстро переработать масштабные и глубокие загрязнения. Современные же темпы развития нефтедобычи и нефтепереработки требуют эффективных методов, позволяющих в короткие сроки нейтрализовать последствия воздействия на почву и водоемы нефти, мазута, солянки, дизтоплива, бензина. Задача многократной активизации и ускорения процессов биологического разрушения углеводов нефти в воде и почве решена разработчиками (Микрозим (tm) Петро Трит) средства биологической очистки почвы и воды. Внесение в загрязненный нефтью участок почвы или воды специально выделенных из почвы и селекционированных микроорганизмов, размноженных в форме готового к использованию биопрепарата, обеспечивает интенсификацию микробиологической активности почвы и воды по разрушению углеводов нефти в десятки раз, что позволяет в предельно сжатые сроки нейтрализовать нефть, превратив ее в безвредные для окружающей среды продукты жизнедеятельности бактерий - CO_2 , H_2O , летучие вещества. С уменьшением в почве и воде концентрации нефтяных углеводов интенсифицируется самоочищение – увеличивается численность физиологических групп полезных микроорганизмов, что связано со снижением токсического действия нефти и нефтепродуктов. Как показывают многочисленные исследования по изучению влияния биопрепарата на почвенные процессы, применение микроорганизмов многократно интенсифицирует метаболизм нефтезагрязненных почв, сокращая до нескольких месяцев время полного разложения нефти на безопасные для окружающей среды вещества.

Средство биологической очистки почвы и водоемов Микрозим (tm) ПЕТРО ТРИТ сочетает в себе биологические и биохимические методы интенсификации самоочистки нефтезагрязненных почв и водоемов и представляет собой комплексный биодеструктор углеводов нефти. В препарате присутствуют 12 уникальных штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов, эффективно использующих углеводороды нефти в качестве источника энергии жизнедеятельности и выполняющих основную функцию переработки нефти в безвредные для окружающей среды вещества, а также комплекс ми-

неральных солей и уникальный набор микробных ферментов, необходимых для многократного ускорения микробиологической активности. В процессе жизнедеятельности комплекс микроорганизмов, стимулируемый питательными элементами и ферментами, синтезирует собственные ферменты и биопав, которые с высокой эффективностью расщепляют нефть, что облегчает ее дальнейшее усвоение микроорганизмами. В результате тяжелый и токсичный загрязнитель, которым является нефть, превращается в воду, углекислоту и нетоксичные биоразлагаемые вещества, не препятствующие дальнейшим процессам самоочистки и почвообразования. Насколько же эффективно данное средство? Многократные испытания показывают, что по критерию максимального микробиологического усвоения углеводов эффективность очистки в течение первых 14 суток после первой обработки почвы биопрепаратом составляет 50%, до 85% в течение первого месяца обработки, и до 98% в течение одного месяца после повторной обработки. При этом значительно активизируются процессы самоочищения почвы и полностью восстанавливается норматив кислородного режима почвы уже в течение первых 10-14 суток. При расходе биопрепарата 7 килограммов на 1 тонну нефти, микроорганизмы биопрепарата сохраняют высокую усваивающую активность до потребления 90-95% углеводов нефти. При этом не требуется внесения минеральных удобрений, биопрепарат уже содержит специальный комплекс минеральных солей.

Средство может применяться при температурах окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 50 градусов, что позволяет применять его в течение теплого сезона практически на всей территории России. Если температура окружающего воздуха опускается ниже плюс 5 градусов, рост бактерий замедляется вплоть до полной остановки биологической активности, формирования спор и перехода в состояние сна. При последующем повышении температуры микробы вновь начинают размножаться. Препарат устойчив к повышенным концентрациям солей и элементов меди, цинка, и т.д., повышенные концентрации этих металлов не оказывают на активность препарата существенного ингибирующего действия. Биопрепарат Микро-зим (tm) Петро Трит предназначен для очистки и восстановления почв и водоемов, подвергшихся однократному загрязнению или постоянно загрязняемых нефтепродуктами, восстановления самоочищения и плодородия почв при ликвидации нефтяных разливов в качестве средства, в короткие сроки преобразующего нефть в почве и воде в безвредные для окружающей среды вещества. Сам биопрепарат безвреден для человека и окружающей среды, животных, рыб, растений, зоопланктона. В

биопрепарате используются нетоксичные, не патогенные микроорганизмы и натуральные микробные ферменты. Средству присвоен 5 класс опасности (безвреден для окружающей среды). Препарат Микрозим (tm) Петро Трит может применяться также для очистки сточных вод промышленных предприятий, стоков автомоек замкнутого цикла, депарафинизации скважин, обезвреживания нефтесодержащих шламов и осадков. Очищенная препаратом почва пригодна для посадки растений, очищенная вода пригодна для слива в канализацию, рыбохозяйственные водоемы, орошения. Препарат выпускается в сухом порошковом и в жидком состоянии для работы со всеми типами машин. Технология очистки почвы препаратом достаточно проста и не трудоемка. В случаях, когда глубина проникновения нефти в почву не превышает 60 см, очистка почвы препаратом производится непосредственно на месте загрязнения, благодаря возможности взрыхлить почву на глубину загрязнения, чтобы обеспечить доступ кислорода. Непосредственно перед обработкой почва готовится – с поверхности почвы убирают сухие листья и траву, проводится вспашка почвы на глубину загрязнения, почва увлажняется до 60%. Затем вносится биопрепарат. Обработку почвы биопрепаратом проводят дважды за теплый сезон. Первая обработка снижает содержание нефтепродуктов на загрязненном участке на 80-85% относительно исходного уровня загрязнения в течение одного месяца. Повторная обработка производится через один - полтора месяца после первой обработки и снижает концентрации нефтепродуктов в почве на 97-99% относительно исходного уровня. Для внесения препарата в почву на больших площадях применяют механические средства: на ровных площадях и твердых грунтах применяются разбрасыватели минеральных удобрений, в труднопроходимых районах используются специальные механические агрегаты на гусеничном ходу, на болотистых почвах – болотоходные машины для внесения жидкого препарата. На протяжении всего процесса очистки, почва должна периодически переворачиваться и рыхлиться – рыхлением обеспечивается доступ в почву кислорода, необходимого для высокой активности аэробных процессов, а также и вывода из почвы летучих продуктов разложения нефти. Влажность почвы поддерживается на уровне не ниже 50% (до 70%) периодическим дождеванием. Работы по очистке завершаются осенью, обычно в октябре, с понижением температур ниже плюс 10 градусов. Очищенная почва засеивается травой. Первый посев в очищенную почву семян травы дает до 70% всхожести. В случаях, когда нефть проникает в почву на глубину свыше 60 см, применяется выемка загрязненного грунта для его последующей очистки на специальных площадках, где создаются оп-

тимальные условия для очистки замазученных грунтов или песков - поддерживается оптимальная температура, влажность, доступ кислорода. Для активной деятельности углеводородоокисляющих микроорганизмов готовятся благоприятные условия: загрязненный грунт укладывается в компостные гряды высотой 30-40 см, почва увлажняется, вносится биопрепарат, почва регулярно переворачивается и перемешивается. В результате в сроки от 2 до 4 месяцев получается очищенный грунт. Рекультивационная площадка обязательно имеет гидроизолированное основание для предотвращения утечки растворенных углеводородов в грунтовые воды.

Микробиологическая очистка является оптимальным способом очистки и восстановления жизнеспособности почвы и водоемов, т.к. сочетает в себе невысокую затратность при высокой эффективности (глубине) очистки и полной экологической безопасности. Полученные в результате биоразложения нефти вещества не представляют опасности для окружающей среды и представляют собой основу гумуса. Средство для биологической очистки почвы и воды Микрозим (tm) Петро Трит прошло испытания в ГУ НИИ МТ РАМН и на основании заключений экспертов было рекомендовано Заключением ГСЭН РФ для очистки и восстановления нефтезагрязненных почв и водоемов. Препарат применяется в России для очистки почв и водоемов от нефтяного загрязнения, очистки сточных вод автомоек, обезвреживания нефтеотходов начиная с 2003 года и успел зарекомендовать себя как высокоэффективное средство очистки и восстановления жизнеспособности природных экосистем. Препарат Петро Трит может применяться и в городском хозяйстве, в частности на городских водоемах, в которые ежедневно поступают тонны нефтепродуктов вместе с ливневыми водами, смывом с дорог, парковок, АЗС. Существует ещё одна технология, успешно применяемая в ряде регионов России. Микробиологическая очистка почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, с помощью биопрепарата "Микромицет" (микрोगрибы). Применение технологии обеспечивает экологически безопасную очистку почв на глубину 1,5 м. Подробно с технологиями биотехнической очистки почв от нефтепродуктов можно ознакомиться в монографии [7].

Вопросы для самоконтроля

1. На каких грунтах устраивают полигоны для отходов?
2. С какой целью необходимо учитывать коэффициент фильтрации грунтов при устройстве на них полигонов?
3. Назовите виды дренажных устройств полигонов.

4. Назовите преимущества биотехнологий для обработки отходов.
5. Какие Вам известны методы переработки нефтесодержащих отходов?
6. К каким классам опасности относятся хромовокислый калий и хлорид меди?
7. В чём состоит суть механико-биологического метода обработки бытовых отходов?

5. ПРАВИЛА УЧЕТА И ОЦЕНКИ ОТХОДОВ

Система учета обращения с отходами на предприятии является частью системы управления отходами производства и потребления и непосредственно связана с планированием природоохранной деятельности в связи с обращением с отходами.

Организация системы учета предполагает разработку и утверждение документации на разработку процедур текущего учета и отчетности обращения с отходами и профессиональную подготовку лиц для работы с опасными отходами.

Документирование системы состоит из следующих этапов:

1. Разработка и утверждение распорядительных документов по вопросам распределения функций и ответственности за деятельность в области обращения с отходами (включая учет и контроль);
2. Разработка и утверждение документации предприятия по учету в области обращения с отходами (включая разработку нормативов образования и лимитов размещения отходов);
3. Получение паспортов на опасные отходы;
4. Регистрация объектов размещения отходов в государственном реестре объектов размещения отходов;
5. Получение разрешительных документов на транспортировку и размещение отходов;
6. Подготовка, оформление и подписание договоров на прием-передачу отходов с целью размещения, использования и т. д.

К основным процедурам первичного учета относятся:

- инвентаризация источников образования отходов;
- инвентаризация объектов размещения отходов;
- инвентаризация объектов обезвреживания и использования отходов;
- текущий учет отходов.

Планирование природоохранной деятельности в связи с обращением с отходами предполагает:

- планирование разработки нормативной документации;
- планирование мероприятий по предотвращению или снижению объемов образования отходов (включая мероприятия по ресурсосбережению);
- планирование мероприятий по уничтожению, переработке, размещению отходов;
- планирование мероприятий по снижению воздействий на окружающую среду при обращении с отходами.

5.1. Разработка документации по обращению с отходами

Нормативные документы разрабатываются предприятием для всего цикла обращения с отходами. Ниже для каждого вида обращения с отходами приведен перечень необходимой документации.

5.1.1. Образование отходов

- Проекты нормативов образования отходов производства (разработка является обязательной на основании ст.18 Федерального закона «Об отходах производства и потребления»).
- Перечень отходов, по которым следует разработать нормативы образования, составляется по результатам инвентаризации источников образования отходов (с учетом целесообразности и возможности нормирования).
- Проекты нормативов образования отходов разрабатывают в соответствии с «Методическими указаниями по разработке и утверждению нормативов образования и лимитов на их размещение».
- Журнал первичного учета образования и движения отходов.

5.1.2. Сбор, накопление и размещение отходов

- Карта-схема объектов размещения отходов, эксплуатируемых предприятием, с указанием инвентарного номера объекта;
- Обоснование условий и сроков временного накопления отходов на промышленной площадке до момента их использования или направления на объект для размещения отходов.
- Нормативы предельного размещения отходов на объектах сбора, накопления и размещения отходов.

.. Проект лимитов размещения отходов. Разрабатывают в соответствии с «Методическими указаниями по разработке и утверждению нормативов образования и лимитов на их размещение».

.. Планы мероприятий по достижению лимитов размещения отходов.

.. Правила эксплуатации мест сбора, накопления и размещения отходов.

.. Правила сбора и накопления, условия размещения отходов (рассматриваются вопросы тары-упаковки, указания по их конструкции, маркировке, учету) .

.. Правила подготовки отходов для их перемещения: раскрываются вопросы необходимости предварительной сортировки, химического анализа.

.. Свидетельство о регистрации объекта размещения отходов.

.. Инструкция по приему, обезвреживанию и размещению опасных отходов.

.. Инструкция по приему и размещению нетоксичных отходов.

.. Инструкция по технике безопасности, противопожарной профилактике и производственной санитарии для персонала, занятого сбором, тарой-упаковкой, накоплением, подготовкой отходов к перемещению и размещением отходов .

.. Мероприятия по защите окружающей природной среды и здоровья производственного персонала от воздействия отходов, размещенных на объектах и площадках предприятия, а также по ликвидации аварийных ситуаций при размещении отходов.

.. Журнал текущего учета отходов, подлежащих сбору и накоплению. В форму рекомендуется ввести следующие графы:

– инвентарный номер объекта размещения (согласно карте-схеме, составленной по результатам инвентаризации объектов размещения отходов);

– наименование вида отхода;

– дата поступления отхода;

– количество (в тоннах) поступившего отхода;

– дата вывоза отхода;

– количество (в тоннах) отхода в партии;

– реквизиты транспортной организации и номер лицензии;

– реквизиты принимающей организации, номер договора или накладной.

.. Журнал учета отходов, принятых на длительное хранение или на захоронение .

.. Форма отчетности подразделения перед экологической службой предприятия.

.. Порядок отчетности подразделений предприятия по обращению с отходами перед экологической службой предприятия.

5.1.3. Перемещение отходов за пределы территории предприятия

Перемещение отходов за пределы промышленной площадки предприятия разрешается при наличии :

- лицензии на перемещение отходов при условии их самостоятельного вывоза;
- паспорта на опасный отход;
- схемы перемещения опасных отходов; схема утверждается руководителем предприятия, согласовывается с органами ГИБДД и территориальным органом МПР России;
- свидетельства о допуске транспортного средства к перевозке опасных отходов;
- сертификата о допуске водителя к перевозке опасных отходов.

5.1.4. Обезвреживание и использование отходов

Предприятия, имеющие объекты (установки, цеха и пр.) по обезвреживанию и/или использованию отходов, должны разработать следующие документы:

- .. порядок приема отходов на обезвреживание и/или использование;
- .. требования к отходам, которые могут быть обезврежены и/или использованы на данном объекте;
- .. инструкцию по технике безопасности, противопожарной профилактике и производственной санитарии для персонала, занятого приемом, обезвреживанием и/или использованием ;
- .. журнал текущего учета отходов, поступающих на обезвреживание и/или использование с указанием граф:
 - инвентарный номер объекта размещения отходов (согласно карте-схеме объектов размещения отходов), с которого отход поступил на обезвреживание и/или использование;
 - наименование отхода, поступившего на обезвреживание и/или использование;
 - дата приема отхода;
 - количество (в тоннах) отхода, поступившего на обезвреживание и/или использование;

- наименование вторичного отхода, образовавшегося в процессе обезвреживания и/или использования;
 - количество (в тоннах) вторичного отхода после обезвреживания и/или использования;
 - инвентарный номер объекта размещения вторичных отходов (если отход разместили на собственной территории);
 - реквизиты потребителя вторичного отхода;
 - количество (в тоннах) вторичного отхода в партии, отправленного потребителю отходов;
 - номер договора, номер накладной.
- .. форма отчетности подразделения предприятия, осуществляющего обезвреживание и/или использование отходов перед экологической службой предприятия.

5.2. Получение разрешительных документов на обращение с отходами

Деятельность в области обращения с отходами осуществляется на основании разрешительных документов. Так, для обращения с опасными отходами необходима **Лицензия на деятельность по обращению с опасными отходами**, которая выдаётся МПР России и его территориальными органами (в соответствии с Постановлением правительства РФ «Положение о лицензировании деятельности по обращению с опасными отходами»). Для хранения и захоронения отходов на объектах размещения необходимо **Разрешение на размещение отходов**, выдаваемое Территориальным органом МПР России (в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов РФ). Трансграничные перевозки отходов осуществляют на основании **Разрешений на ввоз, вывоз, транзит отходов**, выдаваемых территориальными природоохранными органами по поручению МПР России (в соответствии с Постановлением Правительства РФ «О государственном регулировании и контроле трансграничных перевозок опасных отходов» от 1.07.96 № 766 (в ред. Постановления Правительства РФ от 22.02.00 № 148)), а экспорт-импорт опасных отходов производят по **Лицензиям на экспорт-импорт опасных отходов**, выдаваемым Министерством внешних экономических связей Российской Федерации через своих уполномоченных в регионах (в соответствии с Постановлением правительства РФ «О государственном регулировании и контроле

трансграничных перевозок опасных отходов» от 1.07.96 № 766 (в ред. Постановления Правительства РФ от 22.02.00 № 148)).

Предприятие, осуществляющее сбор, использование, обезвреживание, транспортировку, хранение и захоронение опасных отходов на основании ст.9 Закона РФ «Об отходах производства и потребления» и ст.40 Закона РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» обязано получить лицензию на обращение с отходами.

В соответствии со ст. 45 Федерального закона «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.91 № 2060-1 (ред. от 10.07.01) предприятие, осуществляющие размещение отходов на собственных объектах или передающее отходы на размещение в другие организации, должно получить разрешение на их размещение.

Если предприятие занимается трансграничной перевозкой опасных отходов, то оно обязано получить лицензию на экспорт-импорт опасных отходов и разрешение на трансграничное перемещение.

На каждый участок недр, предоставляемый в пользование для строительства и эксплуатации объектов подземного захоронения твердых и отвержденных отходов, выдается отдельная лицензия. Допускается выдача одной лицензии на несколько участков недр, если действующие и/или проектируемые объекты расположены в границах земельного отвода, принадлежащего одному предприятию, и находятся на его балансе. Возможность выдачи такой «объединенной» лицензии определяется территориальным органом управления государственным фондом недр.

5.3. Паспортизация отходов

С целью обеспечения экологических требований Федерального закона «Об отходах производства и потребления» (Глава III, ст.14) природопользователь обязан иметь паспорт на опасные отходы. Паспорта на опасные отходы выдает территориальный орган МПР России.

5.4. Подготовка, оформление и подписание договоров на передачу отходов с целью размещения, обезвреживания и использования

Согласно закону РФ «Об отходах производства и потребления» отходы производства и потребления являются объектами права собственности. Право собственности принадлежит собственнику сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий и продуктов, а также товаров (продукции), в результате

использования которых эти отходы образовались. Право собственности на отходы может быть приобретено другим лицом на основании договора купли-продажи, мены, дарения или иной сделки об отчуждении отходов.

Собственник опасных отходов вправе отчуждать опасные отходы в собственность другому лицу, передавать ему, оставаясь собственником, право владения, пользования или распоряжения опасными отходами.

Рекомендуется передавать отходы с любой целью от одного юридического лица (индивидуального предпринимателя) другому лицу на основании договора.

Если предприятие собирается размещать отходы на объекте, который не является его собственностью (не передан ему во владение или пользование), то сделать оно может только при наличии договора с администрацией того объекта, на который предприятие собирается вывезти отходы. Копии договоров на размещение отходов представляются в территориальные органы по охране природы при подаче заявок для получения разрешения на размещение отходов.

На договорной основе должна производиться передача отходов на обезвреживание и/или использование отходов. В этом случае в договоре рекомендуется оговорить:

- сроки передачи отходов на обезвреживание и/или использование;
- требования к подготовке отходов для сдачи на обезвреживание и/или использование;
- сохранение или передачу прав собственности поставщика отходов;
- наличие или отсутствие потребителей отходов, полученных после обезвреживания;

Если предприятие не может обеспечить самостоятельный вывоз отходов к местам размещения, обезвреживания и использования, оформляется договор между предприятием и организацией, занимающейся вывозом отходов. В договоре рекомендуется проставить номер лицензии, которая обязательно должна быть у организации, занимающейся вывозом отходов, срок действия лицензии, а также информацию об органе, выдавшем эту лицензию.

При наличии на предприятии субарендаторов при оформлении договоров об аренде, следует включить пункт об ответственности арендаторов за безопасное обращение с отходами (сбор, накопление, транспортирование, учет и пр.).

5.5. Процедуры учета отходов

В соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» (ст.19, глава 4) индивидуальные предприниматели и юридические лица, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами, обязаны вести в установленном порядке учет образовавшихся, использованных, обезвреженных, переданных другим лицам или полученных от других лиц, а также размещенных отходов.

Учету подлежат все виды отходов производства и потребления, образующиеся на предприятиях и в организациях и поступившие от сторонних организаций и индивидуальных предпринимателей, а также сырье, материалы, пришедшие в негодность в процессе хранения, перевозки и т. д. (т.к. не могут быть использованы по своему прямому назначению) .

Перечень отходов, подлежащих учету, устанавливаются по результатам инвентаризации источников образования отходов.

5.5.1. Проведение инвентаризации источников образования отходов

Инвентаризация проводится по каждому подразделению предприятия отдельно. По итогам инвентаризации для каждого подразделения определяется:

- перечень отходов, подлежащих текущему учету;
- перечень опасных отходов, подлежащих паспортизации;
- перечень отходов, для которых следует определить нормативы образования;
- перечень отходов, для которых следует определить класс опасности и опасные свойства;
- перечень отходов, подлежащих раздельному сбору для целей дальнейшего использования и размещения.

5.5.2. Проведение инвентаризации объектов размещения отходов

Инвентаризация объектов размещения отходов проводится с целью получения достоверной информации о фактических количествах отходов в местах их хранения или захоронения и оценки условий размещения. Данные инвентаризации используются при разработке схемы движения отходов на территории предприятия.

Инвентаризации подлежат все объекты размещения отходов производства и потребления (независимо от их форм собственности).

5.5.3. Проведение инвентаризации объектов использования и обезвреживания отходов

Процедура инвентаризации объектов обезвреживания или использования отходов проводится с целью сбора информации для регулирования потоков отходов в целях снижения количества размещаемых отходов и максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительного источника сырья. Инвентаризацию проводят предприятия, в процессе хозяйственной деятельности которых отходы обезвреживаются и/или вторично используются. В инвентаризационную ведомость вводятся графы :

- .. наименование объекта обезвреживания и/или использования отходов;
- .. место расположения объекта;
- .. назначение объекта;
- .. наименование технологии или способа (метода) обезвреживания и/или использования отхода;
- .. перечень отходов, поступающих на обезвреживание и/или использование;
- .. мощность объекта по каждому обезвреживаемому и/или используемому отходу;
- .. перечень продукции, полученной с использованием отходов;
- .. наличие сертификата на продукцию, полученную из отходов;
- .. перечень вторичных отходов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие документы необходимо иметь для перемещения отходов за пределы промышленной площадки?
2. Какие разрешительные документы необходимо иметь для обращения с опасными отходами?
3. В каких законодательных актах закреплена необходимость паспортизации и процедура учёта отходов?
4. На основании каких документов производятся трансграничные перевозки, а также экспорт-импорт опасных отходов?

Заключение

Несмотря на длительность изучения настоящей проблемы, утилизация и переработка отходов промышленности по-прежнему не ведется на должном уровне. Острота проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Усилия зарубежных стран направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, а затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов окончательной переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а сохранение только отходов, не загрязняющих окружающую среду. Более эффективно и целесообразно предотвращать образование отходов, начиная со стадии добычи полезных ископаемых и заканчивая потреблением готовой продукции. Достичь этого можно путем разработки и внедрения технологий рационального использования природных ресурсов, выделения ценных компонентов из побочных продуктов производства и отходов.

Разнообразие продукции, которая при современном развитии науки и техники может быть безотходно получена, весьма ограничено и достижимо лишь на ограниченном числе технологических циклов и только на высоко rentабельных отраслях и предприятиях.

Многостороннее и глубокое освоение безотходных производств – длительное и кропотливое дело, которым предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов. Полностью безотходное производство – далекая перспектива, но уже сейчас необходимо решать эту задачу, как на общеэкономическом уровне, так и в отдельных отраслях хозяйства. Для этого необходимо предельно корректно и профессионально вести учет и оценку промышленных отходов, начиная со стадии разработки технологических схем, в которых образование отходов неизбежно, и заканчивая мероприятиями по их утилизации, переработке и возможному дальнейшему использованию в данном производственном цикле или в других отраслях.

Численность населения земного шара неуклонно растет и к 2014 году может превысить 6,5 миллиардов человек. Человечество неумолимо идет к истощению энергетических, минеральных и земельных ресурсов. На первый план в научно-техническом прогрессе выходит биологическая наука. Она развивается стремительно, и в развитых странах многие ее достижения уже нашли свое применение в биологических технологиях. На современном этапе с помощью биотехнологий можно решить экологические проблемы, стоящие

перед человеческим обществом в целом. Биотехнология - высокотехнологична. Сегодня для развития отечественного биотехнологического производства имеются следующие условия: научные кадры, большое количество перспективных разработок, производственный потенциал, растущий спрос на внутреннем рынке.

Цивилизация переходит в новую эру - эру биотехнологий. От современной биотехнологии зависит восстановление "испорченной" среды обитания.

Библиографический список

1. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов - М.: «Финансы и статистика», 1995. - 528 с.
2. Технология XXI века в России. Быть или не быть // Наука и жизнь. - 2001. - №1. С.3-8.
3. Лукьянчиков, Н.Н. Экономика и организация природопользования: учебник для вузов / Н.Н. Лукьянчиков, И.М. Потравный. - Изд.2-е, перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 454 с.
4. Соколов Л.И., Сбор и переработка твердых бытовых отходов: монография / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп. – Вологда: ВоГТУ, 2009. –178 с.
5. Соколов Л.И. Как в Германии решают проблему утилизации бытовых отходов / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп // «Экология и промышленность России». – Москва, апрель, 2009. – С. 32-38.
6. Соколов Л.И. Готова ли Россия к требованиям ЕС в отношении отходов / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина // «Экология и промышленность России», Москва, май, 2010. – С. 55-59.
7. Соколов Л.И. Реодинамика, переработка и утилизация нефтесодержащих отходов: монография. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 140 с.

Приложение 1

Перечень веществ, материалов и изделий, переходящих в состояние «отход»

Список 1

Прием, хранение, транспортировка сырья, материалов, продукции внутри территории природопользователя

- *1. Потерявшие свои потребительские свойства сырье, материалы, препараты, реагенты, катализаторы, сорбенты, готовая продукция и т.п.
- *2. Остатки из вагонов, контейнеров, поддонов и т.п.
- 3. Тара и упаковка: стеклянная, деревянная и пр. (чистые или с остатками содержимого).
- *4. Грунт загрязненный при случайных россыпях, разливах, переливах, дренаже и т.п.

Список 2

Переработка сырья и материалов

- *1. Потерявшие свои потребительские свойства сырье, материалы, препараты, реагенты, катализаторы, сорбенты и т.п.
- *2. Побочные продукты и полупродукты, не нашедшие применения на данном предприятии.
- *3. Брак, некондиционная продукция.
- *4. Остатки и/или осадки от технологических процессов, механической, термической, электрохимической и т.д. обработки материалов и пр.
- *5. Отработанные жидкие теплоносители, кроме воды.
- *6. Грунт загрязненный при случайных россыпях, разливах, переливах, дренаже и т.п.
- 7. Тара и упаковка: картонная, бумажная, полиэтиленовая и пр. (чистые или с остатками содержимого).

Список 3

Очистка материальных потоков

- *1. Катализаторы и сорбенты.
- *2. Фильтровальные материалы, в т.ч. мембраны.
- *3. Сухие или влажные осадки/отложения, в том числе шламы при обработке сточных вод, шламы водоподготовки, избыточные и отработанные илы и т.п.
- *4. Конденсаты - продукты процесса конденсации при газоочистке.
- *5. Пыли - сухие или влажные отходы, состоящие из мелких частиц и образующиеся в пылегазоулавливающих установках.
- *6. Фильтровочные и поглотительные массы (активированный уголь, активированная земля и пр.).

Список 4

Обслуживание и ремонт технологического оборудования

1. Корпуса, детали основного оборудования, трубопроводы, стружка, огарки электродов и т.п. (черные металлы).
2. Отдельные детали печей, детали основного оборудования, трубопроводы, прокладочный материал и т.п. (цветные металлы).
3. Огнеупорные материалы:
 - шамотный кирпич;
 - торкретбетон; пр.
4. Теплоизоляционные материалы:
 - *шлаковата;
 - *минераловата;
 - теплоизоляционные ткани (в том числе стеклоткани);
 - *асбестсодержащие материалы; пр.

5. Электроизоляционные и уплотняющие материалы:

*фторопласт;

*паронит; пр.

6. Стружка древесная, опил, древесная обрезь и пр.

*7. Лаки, краски, клеи затвердевшие.

*8. Смазочные масла отработанные: нефтяные и синтетические.

*9. Эмульсии охлаждающие (СОЖ): масляные и водяные.

*10. Отложения на стенках технологического оборудования.

*11. Круги шлифовальные, полировальные и другие абразивные материалы.

12. Станки, инструменты, оборудование списанные (черные металлы).

13. Ленты конвейерные, ремни приводные и пр.

*14. Обтирочный материал загрязненный.

*15. Растворители и их смеси (содержащие примеси; не содержащие примеси).

*16. Грунт загрязненный.

Список 5

Обслуживание и ремонт электрооборудования

*1. Отработанные трансформаторы, электродвигатели, пускатели, разъединители и т.д. (черные металлы).

2. Обмотки трансформаторов и электродвигателей, кабельные жилы, аккумуляторы, реакторы и пр. (цветные металлы).

3. Полупроводниковые преобразователи (редкие металлы).

4. Пускатели и др. приборы (драгметаллы).

5. Изоляционные материалы:

текстолиты;

эбонит;

бакелит;

винилит;

карболит;

керамика;

полимеры;

*бумага пропитанная (битумом, маслом, канифольной массой);

*минераловата, в т.ч. стекловата;

стеклоткань;

слюдосодержащие; и пр.

*7. Трансформаторные масла.

8. Приводные ремни.

*9. Обтирочный материал загрязненный.

Список 6

Обслуживание и ремонт компонентов инженерных приборов и агрегатов

1. Отработанные детали списанных приборов, датчиков и т.п. (черные металлы).

2. Вторичные приборы, материалы пневматических трубок (медь, бронза и другие цветные металлы).

3. Уплотняющие материалы:

*асбестсодержащие материалы в т.ч. паронит;

*фторопласт; и пр.

4. Материалы пневматических трубок, корпусов реле и других вторичных приборов (полиэтилен, полистирол и пр. полимеры).

*5. Обтирочный материал загрязненный.

Список 7

Строительная деятельность и ремонт зданий

1. Металлические конструкции (черные металлы).

2. Кровельные материалы (рубероид, толь, железо, жесткие полимеры).

3. Цемент, бетон.

4. Железобетонные конструкции (черные металлы, бетон).

5. Кирпич.

6. Плитка, изоляторы, сантехника, черепица и т.д. (фарфор и керамика).

7. Лом дорожного полотна.

8. Известь, шламы после гашения.

9. Бумажные обои использованные и некондиционные.

10. Паркет, опил, древесная обрезь, леса, ДВП, ДСП и пр.

*11. Лаки, краски, клеи затвердевшие.

*12. Линолеум, современные строительные материалы и т.д. (полимеры и пластмассы).

13. Теплоизоляционные материалы:

*керамзит;

*шлаки;

*минераловата;

*шлаковата;

прочие.

14. Асбестсодержащие материалы:

*шифер;

*асбоцемент, в т.ч., пыль асбоцементная; и пр.

15. Тара и упаковка: металлическая, деревянная, стеклянная, бумажная, полимерная, пластмассовая (чистые или с остатками содержимого).

16. Материалы от сноса, разборки или реконструкции зданий.

17. Мастичные и шпаклевочные материалы затвердевшие.

18. Щебень строительный.

*19. Растворители и их смеси (содержащие примеси; не содержащие примеси).

Список 8

Эксплуатация и ремонт автотранспорта

1. Корпуса и детали транспортных средств (черные металлы).

*2. Аккумуляторы кислотные (свинец).

*3. Серная кислота аккумуляторная.

*4. Аккумуляторы щелочные (никель, кадмий).

*5. Щелочь аккумуляторная.

6. Автошины, автокамеры и другие резинотехнические изделия.

*7. Горючесмазочные материалы, отработанные.

*8. Шламы от мойки транспортных средств.

*9. Лаки, краски, клеи затвердевшие.

*10. Растворители и их смеси (содержащие примеси; не содержащие примеси).

11. Корпуса приборов и отделочные материалы транспортных средств (пластмассы и полимеры).

12. Тара и упаковка: стеклянная, металлическая, деревянная, полиэтиленовая, пластмассовая (чистые или с остатками содержимого).

*13. Шлифовальные, полировальные круги и другие абразивные материалы.

14. Инструменты (черные металлы).

*15. Обтирочный материал загрязненный.

*16. Грунт загрязненный.

Список 9

Деятельность аналитических лабораторий

*1. Остатки образцов.

*2. Реактивы отработанные.

*3. Реактивы, препараты, катализаторы, сорбенты и т.п. с истекшим сроком годности или некондиционные.

4. Термопары, стаканчики и т.п. (платина).

5. Тара и упаковка: стеклянная, деревянная, металлическая, полиэтиленовая и т.п. (чистые или с остатками содержимого).

6. Газовые баллоны.

7. Приборы, оборудование, инструменты списанные (черные и цветные металлы, пластмасса).

8. Асбестосодержащие материалы:

*листовой и тканевый асбест;

*асбошнур;

*крошка асбестовая;

*прокладки паронитовые; и пр.

9. Обтирочный материал загрязненный.

Список 10

Лечебная деятельность

*1. Перевязочный материал загрязненный.

*2. Лекарственные препараты, непригодные к употреблению.

3. Тара и упаковка: стеклянная, бумажная, полиэтиленовая, пластмассовая и т.п. (чистые или с остатками содержимого).

*4. Приборы, оборудование и инструменты, списанные.

5. Дезинфицирующие средства.

Список 11

Хозяйственная деятельность

*1. Загрязненные спецодежда (в т.ч. головные уборы и обувь) и обтирочный материал.

2. Твердые бытовые отходы.

*3. Жидкие бытовые отходы из выгребных ям.

4. Макулатура.

5. Растительные отходы.

6. Смет с производственных территорий.

Список 12

Эксплуатация зданий

1. Списанная мебель, обрезь, кусковые и другие древесные материалы.

*2. Люминисцентные лампы (ртуть).

3. Твердые бытовые отходы.

Список 13

Химчистка и стирка

*1. Растворители и реагенты некондиционные.

*2. СМС (синтетические моющие средства) некондиционные.

*3. Остатки после стирки и химчистки.

4. Обтирочный материал.

5. Тара и упаковка: картонная, металлическая, полиэтиленовая и т.п. (чистые или с остатками содержимого).

Список 14

Общественное питание

*1. Продукты питания, пришедшие в негодность.

2. Тара и упаковка: стеклянная, полиэтиленовая, пластмассовая, металлическая, деревянная и бумажная (чистые или с остатками содержимого).

3. Оборудование и инвентарь (черные и цветные металлы).

4. Остатки пищи.

5. Отходы от приготовления пищи.

Список 15

Пожаротушение

*1. Противогазы, огнетушители.

*2. Сорбенты, катализаторы и реагенты.

3. Подручные средства, лестницы, инструменты (черные металлы).

*4. Противопожарные пропиточные материалы и их остатки, в т.ч. спецодежда.

5. Пожарные рукава (ткань хлопчатобумажная, синтетическая и т.п.).

6. Остатки порошка от тушения огня.

Знак «*» перед позицией с наименованием указывает, что эти вещества, изделия и материалы могут образовывать отходы, обладающие опасными свойствами.

Приложение 2

Таблица 1

Агрегатное состояние отходов

Наименование агрегатного состояния отхода	Код
Твердый	1
Твердая фаза + жидкая фаза	2
Жидкий	3
Газообразный и/или пылевидный	4

Таблица 2

Внешний вид отходов

Характеристика внешнего вида отхода	Код
Конструкция, изделие (например: корпуса трансформаторов и т.п.)	01
Бой, лом	02
Куски, глыбы (например, для горной породы и т.п.)	03
Длинномер (например, для горбыля, обрезки, спилов, труб и т.п.)	04
Нить, волокно (например, для проволоки, асбестового волокна и т.п.)	05
Гранулы, зерно	06
Стружка	07
Опилки	08
Песок	09
Пыль	10
Лист жесткий (например, для металлических или картонных листов и т.д.)	11
Лист мягкий (например, для бумаги, ткани, пленки и пр.	12
Вязкий	21
Не вязкий	22
Студнеобразный	23
Смолообразный	24
Пастообразный	25
Шламообразный	26
эмульсия	27
суспензия	28
Прочее	99

Таблица 3

Классы опасности отходов

Наименование класса опасности отхода по ГОСТ 12.1.007-76	Характеристика классов опасности	Код
Высокоопасные – 1 класс опасности	Отходы, содержащие ртуть и ее соединения, в том числе сулему (HgCl_2), хромовокислый и цианистый калий, соединения сурьмы, в том числе SbCl_3 – треххлорную сурьму, бенз-а-пирен и др., ПАУ, диоксины и др.	1
Опасные – 2 класс опасности	Отходы, содержащие хлористую медь, содержащие сульфат меди, щавелевокислую медь, трехокисную сурьму, соединения свинца	2
Умеренно опасные – 3 класс опасности	Отходы, содержащие оксиды свинца (PbO , PbO_2 , Pb_3O_4), хлорид никеля, четыреххлористый углерод	3
Малоопасные – 4 класс опасности	Отходы, содержащие сульфат магния, фосфаты, соединения цинка, отходы обогащения полезных ископаемых флотационным способом с применением аминов	4
Практически не опасные – 5 класс опасности	Отходы, содержащие прочие вещества	5
Не установлено		98

Таблица 4

Опасные свойства отходов

Класс по ГОСТ 19433-88	Кодовый номер по Базельской конвенции	Наименование группы	Характеристика опасных свойств	Код
1	H I	Взрывчатые вещества (отходы)	Твердые или жидкие вещества или отходы, которые сами по себе способны к химической реакции с выделением газов такой температуры и давления, и с такой скоростью, что вызывают повреждение окружающих предметов	01
2	H 2	Трудногорючие жидкие вещества (отходы)	Жидкости, смеси жидкостей или жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления	02
3	H 3	Огнеопасные (легковоспламеняющиеся) жидкие вещества (отходы)	Жидкости, смеси жидкостей или жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии (например краски, лаки и т.п., кроме веществ или отходов, классифицированных иначе, в соответствии с их опасными свойствами), которые выделяют огнеопасные пары, при температуре не выше 60,5 град.С в открытом сосуде	04

		Горючие жидкие вещества (отходы)	Жидкости, смеси жидкостей или жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии (например, отработанные масла), способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления (за исключением легковоспламеняющихся жидкостей)	03
3	Н 3	Огнеопасные (легковоспламеняющиеся) жидкие вещества (отходы)	Жидкости, смеси жидкостей или жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии (например краски, лаки и т.п., кроме веществ или отходов, классифицированных иначе, в соответствии с их опасными свойствами), которые выделяют огнеопасные пары, при температуре не выше 60,5 град.С в открытом сосуде	04
4		Трудногорючие твердые вещества (отходы)	Твердые вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления	05
4.1	Н 4.1	Огнеопасные твердые вещества (отходы)	Твердые вещества или твердые отходы, кроме классифицированных как взрывчатые, которые в условиях, встречающихся в процессе транспортировки, использования, размещения способны легко загораться, либо могут взрываться или усиливать пожар при трении	06
4.2	Н 4.2	Вещества или отходы, способные самовозгораться	Отходы, способные самопроизвольно нагреваться при нормальных условиях перевозки, использования, размещения или нагреваться при соприкосновении с воздухом, а затем могут воспламеняться	07
4.3	Н 4.3	Вещества или отходы, выделяющие огнеопасные газы при взаимодействии с водой	Вещества или отходы, которые при взаимодействии с водой способны стать самовозгорающимися или выделять легко воспламеняющиеся газы в опасных количествах	08
5.1	Н 5.1	Окисляющие вещества (отходы)	Вещества, сами по себе не обязательно горючие, но которые обычно за счет выделения кислорода, могут вызывать или способствовать воспламенению других материалов	09
5.2	Н 5.2	Органические пероксиды	Органические вещества, содержащие бивалентную группу –O-O-, которые являются термически неустойчивыми веще-	10

			ствами и подвержены экзотермическому самоускоряющемуся разложению	
6.1	Н 6.1	Токсичные (ядовитые) вещества (отходы)	Вещества или отходы, которые при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или через кожу, способны вызвать смерть человека или оказать на него сильное отрицательное воздействие	11
6.2	Н 6.2	Инфицирующие вещества (отходы)	Вещества или отходы, содержащие живые микроорганизмы или их токсины, которые, как известно или предполагается, вызывают заболевания у животных или людей	12
6.8	Н 8	Коррозионные вещества (отходы)	Коррозионные вещества (отходы)	13
9	Н 10	Вещества (отходы), выделяющие токсичные газы при контакте с воздухом или водой	Вещества или отходы, которые при взаимодействии с воздухом или водой могут выделять токсичные газы в опасных объемах	14
9	Н 11	Токсичные вещества (отходы), вызывающие затяжные или хронические заболевания	Вещества или отходы, которые при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или через кожу, могут вызвать серьезные затяжные или хронические заболевания	15
9	Н 12	Экотоксичные вещества (отходы)	Вещества или отходы, которые в случае попадания в окружающую среду представляют или могут представлять немедленно или со временем угрозу для окружающей среды в результате биоаккумуляции и (или) оказывать токсичное воздействие на биотические	16
9	Н 13	Активные вещества (отходы)	Вещества, способные каким-либо образом после удаления образовывать другие материалы, например, путем выщелачивания, причем эти материалы обладают каким-либо из указанных выше свойств	17
10	-	Неопасные отходы	Отходы, не обладающие ни одним из перечисленных выше свойств	97
11	-	Не установлено Отход не проверялся на наличие вышеперечисленных свойств	Отход не проверялся на наличие вышеперечисленных свойств	98

Виды объектов размещения отходов

Наименование вида объекта размещения отходов	Код
Открытая площадка - земельный участок в пределах производственной территории, специально выделенный для временного хранения отходов.	
преимущественно плоская	01
в понижении рельефа	02
Крытая площадка – земельный участок в пределах производственной территории, имеющий защитное покрытие от воздействия атмосферных осадков, специально выделенный для временного хранения отходов	
преимущественно плоская	04
в понижении рельефа	05
Земельный участок прочий, в том числе свалка:	
преимущественно плоская	11
в понижении рельефа	12
на склоне	13
Помещение – здание или его часть, ангар, гараж, склад и т.п., используемый для временного хранения отходов	20
Емкость - стационарный резервуар, расположенный на производственной территории или в производственном помещении, предназначенный для временного хранения отходов	30
Отвал породный - искусственная насыпь из отвальных грунтов или некондиционных полезных ископаемых	
преимущественно плоская	41
в понижении рельефа	42
на склоне	43
Хвостохранилище - комплекс сооружений, предназначенных для размещения отходов обогащения полезных ископаемых	44
Иловая карта, илонакопитель	51
Шламоохранилище	52
Золошлакоотвал	53
Отвалы прочие	
на плоской поверхности	54
в понижении рельефа	55
на склоне	56
Навозохранилище, помехохранилище	57
Хранилища прочие - комплекс сооружений, предназначенных для размещения жидких, пастообразных или твердых отходов	59
Полигон ТБО - специальные сооружения, предназначенные для захоронения твердых бытовых отходов	61
Полигон по захоронению токсичных промышленных отходов - природоохранное сооружение, предназначенное для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов (за исключение объектов по кодам 71-72)	62
Системы подземного захоронения жидких отходов	72
Водный объект	80
Прочее	99

Таблица 2

Назначения объектов размещения и использования отхода

Назначение объекта	Код
Временное хранение отхода (накопление)	1
Длительное хранение отхода	2
Захоронение отхода	3
Использование отхода	5
Обезвреживание отхода (в т.ч. уничтожение)	6

Приложение 4**Классификация видов работ по рекультивации карьеров
с использованием промышленных и бытовых отходов**

Выполняемые работы		Требования к отходам	Рекомендуемые отходы	Предварительная обработка
Направление	Назначение			
1	2	3	4	5
Заполнение основного пространства	Комплексная рекультивация	Большой объем Однородность со- става Подобие природ- ным грунтам Близость источ- ника образования	Строительные отходы Песчано-шламовые смеси ТБО Осадки городских очистных канализационных сооружений	Сортировка для твердых Обезвоживание и обезвреживание для жидких
Наращивание дна карьера	Защита геоло- гической среды от загрязнения	Механическая ус- тойчивость Подобие природ- ным грунтам Химическая ин- дифференцирован- ность	Компост ТБО Техногенный грунт Строительные отходы и отходы доломита	Сепарация гру- бодисперсных включений Биотермическая обработка для органоминераль- ных
Выполажива- ние бортов карьера	Предотвраще- ние обрушения	Механическая ус- тойчивость Адгезионные свойства	Техногенный грунт Горелые земли Строительные отходы и отходы доломита Золошлаки ТЭЦ	Сепарация гру- бодисперсных включений Сортировка для строительных

Создание подложек под пленочные гидроизоляционные экраны в основании на откосах	Защита экранов	Однородность состава Технологическая пластичность Равномерность распределения	Техногенный грунт Горелые земли Строительные отходы и отходы доломита Золошлаки ТЭЦ	Измельчение Сепарация грубодисперсных включений
Послойная пересыпка	Предотвращение разноса отходов ветром Укрепление основания	Высокая плотность Однородность состава Равномерность распределения	Осадки городских очистных канализационных сооружений Строительные отходы Горелые земли Золошлаки ТЭЦ Шлаки металлургических производств	Сортировка с отсевом крупногабаритных фракций Биоконверсия замазученных грунтов Обезвоживание и обезвреживание для жидких
Создание подложек для закрепления экранов биологической рекультивации	Рекультивация закрытого полигона	Высокая плотность Однородность состава Равномерность распределения	Осадки городских очистных канализационных сооружений Строительные отходы Горелые земли Золошлаки ТЭЦ Шлаки металлургических производств	Сортировка с отсевом крупногабаритных фракций Биоконверсия замазученных грунтов Обезвоживание и обезвреживание для жидких
Создание экранов биологической рекультивации	Глубокая изоляция отходов от окружающей среды	Баланс биогенных элементов Агрохимическое подобие с почвой Равномерность распределения	Органоминеральные компосты	Биотермическая обработка

Окончание табл.

Получение ферментообразующей заправки	Интенсификация распада органики	Высокое содержание организмов-редуцентов	Дрожжевая барда Молочная сыворотка Активный ил	Предупреждение процессов загнивания
Использование в качестве разрыхлителя	Биотехнологии обработки органических отходов	Тонгодисперсность, сыпучесть Нетоксичность к микрофлоре Пористость, низкая влажность	Отходы деревообработки Торф Растительные отходы Золошлаки ТЭЦ	При необходимости измельчение Удаление дубильных веществ из отходов деревообработки

Учебное издание

Леонид Иванович Соколов

**ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА
И ПОТРЕБЛЕНИЯ. РАЗМЕЩЕНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА**

Учебное пособие

Редактор И.Т. Куликова

Подписано в печать 05.09.2013. Формат 60 × 90/16

Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.-п.л. 7,7. Тираж экз. Заказ №

Отпечатано: РИО, ВоГУ 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15